AR-GE PROJE SEÇİM SÜRECİNİN FAYDA TEMELLİ DEĞERLENDİRİLMESİ: UTA VE UTASTAR YÖNTEMLERİ İLE BİR UYGULAMA

Ela BİNİCİ

Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL
2019
Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AR-GE PROJE SEÇİM SÜRECİNİN FAYDA TEMELLİ DEĞERLENDİRİLMESİ: UTA VE UTASTAR YÖNTEMLERİ İLE BİR UYGULAMA

Ela BİNİCİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı

ERZURUM
2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAY FORMU

AR-GE PROJE SEÇİM SÜRECİNİN FAYDA TEMELLİ DEĞERLENDİRİLMESİ: UTA VE UTASTAR YÖNTEMLERİ İLE BİR UYGULAMA

Dr. Öğretim Üyesi Erdem AKSAKAL danışmanlığında, Ela BİNİCİ tarafından hazırlanan bu çalışma.12.../..06../2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı – Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **(.../...) oybirliği/~~oy~~ çokluğu** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN *İmza:*

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ *İmza:*

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL *İmza:*

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 20.../06.../2019..... tarih ve .25../..59..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AR-GE PROJE SEÇİM SÜRECİNİN FAYDA TEMELLİ DEĞERLENDİRİLMESİ: UTA VE UTASTAR YÖNTEMLERİ İLE BİR UYGULAMA

Ela BİNİCİ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL

Bilgi, küreselleşme ile hızla artan rekabet ortamının temelini oluşturmaktadır. Bilginin bilim ve teknolojiye dönüştürülmesi Araştırma – Geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları ile sistemli hale gelmektedir. Bilgi dağarcığının artması ve bu bilgiler ile yeni teknolojilerin geliştirilmesi ülkelerin kalkınması için katma değer üretme, iş imkânı sağlayabilme, üretimlerini devam ettirme ve yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesine büyük oranda katkı sağlamaktadır. Ülkelerin ürün ve hizmet çeşitliliğinin çok fazla olduğu bu rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri, gelişmiş ülkeler arasında yer alabilmeleri için Ar-Ge çalışmaları ile yenilikler ortaya koymaları gerekmektedir. Ar-Ge, bilimsel ve teknik bilgi dağarcığının artırılarak yeni ürünlerin, üretim yöntemlerinin ve ülkemizde kaynakların etkili bir şekilde kullanılarak yeni teknolojilerin geliştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ülkelerin hızla değişen teknoloji ortamında rekabet edebilmeleri, gelişmişlik düzeylerini artırabilmeleri için Ar-Ge yatırımlarına verdikleri teşvik ve destekler oldukça önemli bir konudur. Ülkemizde birçok kurum ve kuruluş Ar-Ge projelerini bilim ve teknoloji adına sağladığı fayda oranında desteklemektedir. Bu kapsamda desteklenecek olan Ar-Ge projelerinin değerlendirilirken dikkat edilecek olan unsurların başında sağladığı fayda gelmektedir. Bu kapsamda desteklerin maksimum faydayı sağlayacak Ar-Ge projelerine verilmesi dikkate alınarak, çalışmamızda Ar-Ge projelerinin seçiminin yapıldığı bir yarışmada projelerin değerlendirme süreci ele alınmıştır. UTA yöntemi marjinal faydayı dikkate alan yapısı ve doğrusal programlama yaklaşımını içermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Bu yönteme ek olarak çalışmada ayrıca UTA yönteminin geliştirilmiş versiyonu olan karar vericinin yaptığı sıralamayı dikkate alan ve çözümün sonunda tutarlılık analizi yapılan UTASTAR yöntemi de kullanılmıştır. Yöntemlerin çözüm aşamalarında elde edilen matematiksel modellerin çözümü için de GAMS Programından yararlanılmıştır. Elde edilen çözümler sonucunda kullanılan yöntemlerin projelerin etkin bir şekilde sıralanmasına katkı sağlayabileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

2019, 119 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge Projeleri, UTA Yöntemi, UTASTAR Yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, Proje Seçim Problemi

ABSTRACT

MS Thesis

UTILITY-BASED EVALUATION OF R & D PROJECT SELECTION PROCESS: AN APPLICATION WITH UTA AND UTASTAR METHODS

Ela BİNİCİ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering
Industrial Engineering Department

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erdem AKSAKAL

Nowadays with the rapid increase in globalization, information is the basis of competitiveness. The transformation of information into science and technology is systematized with research and development studies. The increase of knowledge and development of new technologies with this information contribute considerably to the production of added value for the development of countries, to provide employment, to continue production and to develop new production methods. In this competitive environment where product and service diversity are very high, countries should bring innovations with R & D studies to survive and take place among developed countries. R&D is defined as the development of new products by increasing scientific and technical knowledge and the development of new technologies by effective use of production methods and the sources in our country. The incentives and supports given to R & D investments are a considerably important issue for countries to compete in this rapidly changing technology environment and to increase their level of development. In Turkey, many institutions and organizations support R & D projects in terms of the utility that they provide. At this point, while evaluating the R & D projects to be supported, the utilities they provide are the main factors. In this regard, considering the factor that the support is given to the projects with maximum utility, our study dealt with the evaluation process of projects in a competition of R&D projects. UTA method was chosen because it includes the structure and linear programming approach and considers marginal utility. In addition to this method, UTASTAR method, an improved version of UTA method which takes into account the order of decision marker and makes consistency analysis at the end of process, was applied. GAMS program was also used for the solution of the mathematical models obtained during the solution of the methods. It was tried to show that the methods used as a result of obtained solutions may contribute to the effective alignment of the projects.

2019, 119 pages

Keywords: R&D Projects, UTA Method, UTASTAR Method, Multi Criteria Decision Method, Project Selection Problem

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında Ar-Ge projelerinin seçim problemi ele alınarak literatüre katkıda bulunulmuştur. Ar-Ge projelerinin seçiminde değerlendirme kriterleri göz önüne alınarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden UTA ve UTASTAR yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışma sürecinde sabrı, hoşgörüsü, yardımları ve katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL'a, başta Sayın Prof. Dr. Yaşar TOTİK, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ olmak üzere lisans ve yüksek lisans dönemimde kıymetli katkıları olan tüm Hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam için yardımlarını esirgemeyen, eğitimimle iş hayatımı birlikte devam ettirmeme destek veren değerli yöneticim, hocam Sayın Prof. Dr. Recep SADELER'e ve ATA Teknokent'te görev yapan iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Önce UTA yöntemini geliştirerek bu yöntemin temelini atan daha sonra UTASTAR yöntemi ile çalışmalarına devan eden, çalışma sürecimde takıldığım her noktada uzaktan her türlü desteği veren değerli Sayın Prof. Dr. Yannis SİSKOS'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her zaman yanımda olan aileme, arkadaşlarıma, teşekkürü bir borç bilirim.

Ela BİNİCİ
Mayıs, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 8
2.1. AR-GE projeleri seçimi, sıralanması ile yapılan çalışmalar 8
2.2. UTA Yöntemi İle Yapılan Çalışmalar 29
2.3. UTASTAR Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar 32
3. MATERYAL ve YÖNTEM 35
3.1. Materyal 35
3.1.1. AR-GE projeleri ve problemin tanımı 35
3.1.2. Problemin tanımı 40
3.1.3. Çok kriterli karar verme 41
3.1.3.a. Çok kriterli karar verme problemleri 44
3.1.3.b. Çok kriterli karar verme süreci 46
3.1.3.c. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması 46
3.1.3.d. Çok kriterli karar verme yöntemi seçimi 47
3.2. Yöntemler 49
3.2.1. UTA Yöntemi 49
3.2.1.a. UTA yönteminin uygulama aşamaları 50
3.2.1.b. UTA yöntemlerinin versiyonları ile yapılan çalışmalar 55
3.2.2. UTASTAR yöntemi 56
3.2.2.a. UTASTAR algoritması 59
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 62
4.1. UTA ve UTASTAR Yöntemleri ile Ar-Ge Projelerinin Seçimi 62
4.1.1. Kriterlerin belirlenmesi 62

4.1.2 Ar-Ge proje seçim problemin UTA yöntemi ile çözümü 66
4.1.3. Ar-Ge proje seçim problemin UTASTAR yöntemi ile çözümü 77
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 87
KAYNAKLAR 90
EKLER 101
EK 1 101
EK 2 111
ÖZGEÇMİŞ 120

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AAS	Analitik Ağ Süreci
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AR-GE	Araştırma Geliştirme
BAAS	Bulanık Analitik Ağ Süreci
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant Le Realite
FINEVA	Fınancial Evaluation
KOBİ	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler
KOSGEB	T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerin Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KUDAKA	T.C. Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı
MAUT	Multi Attribute Utility Theory
NBD	Net Bugünkü Değer
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Encrichment Evaluations
SMAA	Stokastik Çok Amaçlı Kabul Edilebilirlik Analizi
SWARA	Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UTA	UTilités Additives
VZA	Veri Zarflama Analizi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çok kriterli karar verme problemleri 45
Şekil 3.2. UTA yönteminin uygulama aşamaları 50
Şekil 3.3. Sıralı regresyon eğrisi 57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. UTA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar. 30
Çizelge 2.2. UTASTAR yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar 32
Çizelge 4.1. Alternatiflerin değerleri 67
Çizelge 4.2. Normalize edilmiş matris 68
Çizelge 4.3. En iyi ve en kötü değerler ile her bir kriterin aralık değerinin belirlenmesi 69
Çizelge 4.4. Alternatiflerin değerleri ve karar vericilerin sıralaması 78
Çizelge 4.5. Kriterlerin değer aralıkları 79
Çizelge 4.6. Eniyileme analizi ve final çözümleri 85

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, küreselleşmenin temelini oluşturmaktadır. Küreselleşme ile gelişen teknoloji de beraberinde sürekli artan rekabet ortamını getirmiştir. Rekabet ortamının gelişimi sağlayan, bilim ve teknolojinin ilerlemesine olanak sağlayacak yeni bilgiler elde etmek veya mevcut bilgiler ile yeni süreçler, sistemler ve hizmetler geliştirerek yeni ürünler ve araç-gereçler üretmek için gerçekleştirilen faaliyetlerin tamamı ise Ar-Ge olarak ifade edilmektedir (Zerenler 2007).

Geçmiş dönemlerde ülkeler arası rekabet edilebilirlik anlayışı kalite ve düşük maliyet seviyelerine bağlıyken, günümüzde Ar-Ge çalışmaları ile üretilmiş rekabet gücü yüksek yeni ürün ve hizmetlerin piyasaya sürülmesine bağlıdır. Ülkelerin sürekli değişen teknoloji ve buna bağlı olarak artan yoğun rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri, gelişmişlik düzeylerini artırmaları için Ar-Ge projelerine verdikleri teşvikler büyük önem arz etmektedir. Diğer ülkeler gibi ülkemizde de Ar-Ge projelerine yönelik birçok destek bulunmaktadır. Bu desteklerin doğru projelere verilmesi ile katma değer yaratacak ürünlerin geliştirilmesi sayesinde rekabet edilebilirliğin artması sağlanacaktır (Tolga 2009).

Ülkelerin rekabet edebilirliği, sürdürülebilir ekonomisinin büyüklüğü ve ülkenin teknolojiyi kullanma oranına bağlıdır. Ülkeler ekonomik seviyeleri ile gelişmiş ülkeler arasında yer almakta ve rekabet edebilmektedirler. Günümüzde ülkelerin ekonomisi eski düzende olduğu gibi emek ve sermaye odaklı değil de bilgi ve teknoloji odaklı üretim ile kalkınmaktadır. Rekabet edilebilirliğin sürekli olması, gelişmiş ülkeler arasına yer alabilmek için teknolojinin sürekli gelişmesi ve dolayısıyla ekonomik katkısı yüksek olan ürünlerin üretilmesi şarttır. Bu şartın sağlanması Ar-Ge çalışmaları sayesinde olmaktadır. Bu bağlamda Ülkelerin Ar-Ge çalışmalarını gerçekleştirebilmeleri için orta ve uzun vadeli plan ve programlar yapmaları gerekmektedir (Güryeli 2016).

Ar-Ge temel olarak bilimsel ve teknik bilgi dağarcığının artırılması amacı ile sistemli olarak yürütülen, yenilik için gayret gösteren ve bilgi dağarcığının yeni uygulamalarda kullanılması olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle yeni ürün ve yeni üretim yöntemlerinin ortaya çıkmasını sağlayan belirli bir sistem içerisinde olan ve yenilik içeren çalışmalardır. İşletmeler için Ar-Ge ise mevcut ürünlerin iyileştirilmesi, maliyetlerinin düşürülerek daha avantajlı hale getirilmesi ve yeni ürünlerin geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. İşletmelerin bu çalışmaları ekonomik ve toplumsal fayda sağlamaktadır. Ülkeler bazında Ar-Ge'nin ekonomik faydaları ise; bilgi dağarcığının artırılması ile teknolojik ve bilimsel ürünlerin, hizmetlerin, üretim yöntemlerinin, süreçlerin geliştirilmesidir. Geliştirilen yeni ürün ve teknolojiler ekonomik kalkınmayı sağlarken ülkeler arası gelişmişlik seviyesinin artmasına da katkıda bulunur (Ünal 2013).

Günümüzde ülkelerin hızla gelişen teknoloji ile gelişmişlik seviyelerini artırmaları oldukça zor bir hal almıştır. Gelişmişlik seviyesinin artırılması sadece bilgiye bağlı değil, aynı zamanda bilginin bilim ve teknolojiye dönüştürülmesine bağlıdır. Bilginin geliştirilmesi için sistemli bir Ar-Ge çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ar-Ge ile ham olan bilgi geliştirilerek yeni ürünlere, yöntemlere veya iyileştirilen süreçlere dönüştürülmektedir. Ülkeler gelişmişlik seviyelerini artımak için Ar-Ge çalışmalarına önem vermekte, yatırımlar yapmaktadırlar. Diğer ülkeler gibi Ülkemizde de Ar-Ge çalışmaları önemsenmekte ve yatırımlar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan bu yatırımların ülkemize katma değer sağlayacak Ar-Ge projelerine verilmesi de mühim bir karar verme problemi haline gelmiştir (Binici 2019 Basılmamış Makale).

İşletmelerin temel amacı düşük maliyetle az zamanda daha çok iş yaparak maksimum kar elde etmektir. Bunun yapılabilmesi ise teknolojik gelişmelerin takip edilmesine bağlıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte firmalar yüksek teknolojiyi kullanmaya başlamış, ürünlerini yurtdışı pazarına çıkarmışlardır. Dünya genelinde bu anlayış hızlıca yayılmakta, bilim ve teknolojiye dayalı gelişmeler yaşanmaktadır. Bu doğrultuda yeni ürünlerin üretilmesi, yeni sistemlerin geliştirilmesi ancak gerçekleştirilen Ar-Ge seviyesine bağlıdır. Gerçekleştirilen Ar-Ge ile rakipler arasında üstünlük sağlanmakta ve faaliyetlerin yürütülmesiyle kar artırılmaktadır. Ar-Ge faaliyetlerinin düzenli olarak yapılması işletme

açısından yeni ürün, yöntem ve malzeme üretimi gerçekleştirmeye katkı sağlamaktadır. Ayrıca yazılım üretimine de katkı sağlanırken yeni süreçlerin, hizmetlerin oluşturulmasına da olanak sağlamaktadır (Güryeli 2016).

Günümüzde üreticilerin başarısı ürünlerinde yenilik yapmaları, yeni teknolojileri geliştirmeleri ve bu gelişmeleri koruyabilmelerine bağlıdır. Yoğun rekabet ortamında başarılı olabilme ve pazarda yer edinme mücadelesinde başarılı olmak için inovasyon, Ar-Ge kavramları ve yaratıcılık önemli bir yere sahiptir. Ar-Ge ve inovasyon kavramları birçok alanda etkileşim halindedirler. Bu etkileşim nedeniyle ülkelerin ve bölgelerin rekabet edebilirlik seviyesi Ar-Ge ve inovasyona verdikleri önem doğrultusunda artmaktadır. Rekabet edebilecek seviyeye ulaşabilmek adına inovasyon sürecinin daha düzenli sistemli bir şekilde yürütülmesi, yönetilmesi ve kurumsal altyapıların tamamlanması gerekmektedir. Ar-Ge ve İnovasyon kültürünün ulusal çapta etkin bir hal alması için gerekli çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Özellikle kamu-sanayi-üniversite arasında yapılan işbirliklerinin ticari boyutlara ulaştırılarak ülkemiz adına katma değer sağlanması inovasyon sisteminin en önemli unsurlarından biridir. Sanayinin ihtiyaç duyduğu bilimsel bilgilerin üniversitelerin deneyimlerinden ve birikimlerinden faydalanmaları da kritik bir öneme sahiptir. Yukarıda bahsedilen üçlü sarmalın birbiri ile koordinasyon halinde olması, bilgi akışının sağlanması ülkelerin rekabet gücünün ve katma değerinin artmasına katkı sağlamaktadır.

İnovasyon kavramı, küreselleşen dünyada yoğun rekabet ortamında yöneticiler, araştırmacılar ve uygulamacılar arasında sık sık kullanılmaktadır. Kısaca tanımlayacak olursak inovasyon insanların ihtiyaçlarını karşılayacak yeni ürün ve süreçleri mevcut yöntemlerle ya da yeni yöntemlerle elde etmektir. Elde edilen ürün ya da sürecin inovasyon sayılabilmesi için ticari ve ekonomik açıdan bir değer yaratması gerekmektedir.

Bir ülkede teknolojik olarak üretilen yenilik o ülkenin sürdürebilir ekonomik büyümesinin en önemli göstergesidir. Sürdürülebilir ekonomiye sahip ülkeler gelişmiş ülkeler olarak sınıflandırılmakta ve diğer ekonomiler ile rekabet edebilmektedirler. Eski

ekonomik düzende süregelen emek ve sermaye odaklı üretim artık bilgi odaklı üretim olarak yer edinmiştir. Ülkelerin gelişmiş ülkeler arasında yer alabilmesi ve bunu sürekli hale getirebilmesi için devamlı olarak yeni teknolojiler geliştirmesi ve ekonomik değeri yüksek ürünler üreterek piyasaya sunması gerekmektedir. Bunların gerçekleştirilmesi ise Ar-Ge çalışmalarına yapılacak orta ve uzun vadeli programlar ile mümkün olmaktadır (Güryeli 2016) .

İşletmelerin rekabet gücünü kaybetmemek ve pazarda sürekliliğini sağlamak için yapacakları Ar-Ge faaliyetlerinde yeni ürün ya da özgün ürünler ortaya çıkarmaları zorunludur. Sanayinin yeni ürün geliştirmek, rekabet edilebilirlik, pazar da süreklilik ve uluslararası pazara açılabilme gibi talepleri mevcuttur. Bu nedenle özellikle yatırım üzerine faaliyet gösteren işletmelerin pazarın gereksinimlerine uygun ürünler geliştirmesi, rakipleriyle rekabet edebilecek ürünlerini pazara çıkarılabilmesi için Ar-Ge faaliyetlerini artırmaları önem arz etmektedir. Bu bağlamda hem gerekli maddi kaynaklarını hem de nitelikli insan gücünü Ar-Ge faaliyetlerinde kullanmaları gerekmektedir. Ürünlerin geliştirilmesi sırasında maliyet kriterine öncelik verilmelidir. Ürünlerin maliyetleri (malzeme, tasarım vb.) düşürülecek şekilde geliştirilerek, kalite ile entegrasyonu sağlanmalıdır. Geliştirilecek olan yeni ürün, pazarla bütünleşik bir yapıda maliyeti düşük kalitesi yüksek optimizasyonu sağlanmış bir yapıda olmalıdır (Bayülken 2017).

Ar-Ge faaliyetleri, yeni ürünlerin tasarım ve üretiminde olduğu kadar ürünlerin geliştirilmesi aşamasında da büyük öneme sahiptir. Ar-Ge sadece orijinal fikirlerin oluşum kaynağı olarak görülmemekte, aynı zamanda bu fikirlerin uygulamaya geçirilmesi aşamalarında karşılaşılan sorunlara çözüm olabilecek yolları oluşturmada etkili olmaktadır. İşletmelerin Ar-Ge yapıları olmadan rekabet etme ve rekabeti sürdürecek şekilde ürün yelpazelerini genişletmeleri mümkün olmamaktadır. Özellikle imalat sanayinde teknolojik gelişmelerin hayata geçirilmesi için Ar-Ge faaliyetleri olmazsa olmazlardandır. Ar-Ge ile geliştirilen yeni ürün, üretim teknolojileri veya süreçler kısa zaman alan faaliyetler değildir. Bu süreçler her daim önemli ölçüde belirsizlik ve başarılı olmama riski taşıyabilir. Üretim faaliyetlerinin kapsadığı birçok

alanda mutlak planlama ve ölçülendirme her seferinde başarılı olmayabilir (Zerenler 2007).

Ar-Ge, bilim ve teknolojinin ilerlemesine olanak sağlayacak yeni bilgiler elde etmek veya mevcut bilgiler ile yeni süreçler, sistemler ve hizmetler geliştirerek yeni ürünler ve araç-gereçler üretmek için gerçekleştirilen faaliyetlerin tamamıdır (Zerenler 2007).

Frascati Kılavuzunda Ar-Ge tanımı " insan, kültür ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcığının artırılması ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmalardır." şeklinde yapılmıştır(OECD 2002).

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'ne göre Ar-Ge tanımı ise; Sistematik temelli beşeri, toplumsal ve kültürel bilgi birikiminin artması için yaratıcı faaliyetlerin yürütülmesi ve bu bilgi birikiminin yeni uygulamalarda kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda Ar-Ge'nin üç ana faaliyeti mevcuttur:

•Temel araştırma; görünürde herhangi bir özel uygulaması veya kullanımı olmaksızın gerçekler ve gözlemlenebilir olgu ve gözlemlenebilir gerçeklerin temelinde yeni bilgiler elde etmek için yürütülen deneysel ya da teorik çalışmalardır. Teorik yeni bilgi ve anlayışın elde edilmesi amacıyla yürütülen Ar-Ge çalışmalarıdır.

Temel araştırma faaliyetleri sonunda sanayi için faydalı bilgiler ortaya çıkabilme ihtimali vardır fakat buna rağmen ticari amaç gütmez. Amaç konu ile ilgili tam bilginin elde edilmesi ve konunun anlaşılmasıdır. Araştırmacı için bilginin uygulanabilirliği ve değerinin bir önemi yoktur. Araştırmacılar için yeni varsayımlar ve kuramlar önemlidir. Araştırma sonuçları yasalar ile düzenlenmeye çalışılır ve tartışmaya açık olmayan gerçeklerdir.

•Uygulamalı araştırma yeni bilgi elde etme amacıyla üstlenilen özgün bir araştırmadır. Buna ek olarak, öncelikle belirli bir pratik amaç veya hedefe yöneliktir.

Temel araştırmadan farklı olarak uygulamalı araştırma ticarileşme yönünde ürün ve üretim yöntemleri ile ilgili yeni bilgilerin elde edilmesi için yapılan çalışmalardır. İşletmelerin hedeflerine ulaşabilmeleri için mevcut bilgiyi dikkate alarak var olan sorunların çözümünde kullanılması ya da yeni yol ve yöntemleri geliştirilmesini içermektedir.

•Deneysel geliştirme; araştırma ve/veya pratik tecrübelerden elde edilen bilgilerden faydalanarak mevcut durumların iyileştirilmesi ya da geliştirilmesi, yeni süreçlerin, sistemlerin ve hizmetlerin oluşturulması için yeni materyaller, ürünler, araçlar üretilmesine yönelik yapılan sistemli çalışmalardır (Bilen 2010).

Yukarıda çeşitli tanımları yapılan Ar-Ge'nin belirli bir amaç ve kapsam doğrultusunda, kısıtlı süre, bütçe ve insan kaynakları dahilinde gerçekleştirmek için planlanması, Ar- Ge projesini ifade eder. Bu çalışmalar, teknolojik gelişmelerin sürekli arttığı günümüz dünyasında işletmeler için bir zorunluluk haline gelmiştir. Ar-Ge hem teknolojik kapasitenin artırılması hem de gelişen teknolojinin işletmede kullanılmasının sağlanması amacıyla yapılmaktadır. Ar-Ge projeleri ulusal rekabet avantajı sağlayan önemli bir güç oluşturmaktadır. Bu kapsamda Ar-Ge çalışmalarını teşvik etmek amacıyla Bakanlıklar, Üniversiteler, TÜBİTAK, Teknoloji Transfer Ofisleri, Teknokentler, Kalkınma Ajansları gibi kurumlar aracılığıyla işletme sahiplerinin, girişimcilerin, akademisyenlerin yaptıkları çalışmalara destek verilmektedir (Binici 2019 Basılmamış Makale)

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi ve sıralanması, Ar-Ge adımlarını içermesi nedeni ile birçok etkeni bir arada bulundurduğu için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınmaktadır.

Ar-Ge'nin adımları ise şu şekildedir:
Kavram geliştirme,
Teknik ve ekonomik fizibilite,
Geliştirilen kavramdan tasarıma geçiş sürecinde yer alan çalışmalar,
Prototip üretimi,

Fikri-Sinai Mülkiyet Hakları ve Lisanslama,
Satış sonrası sorun giderme hizmetleri (Pesen 2012).

Karar verme süreci; problemin tanımlanması, amacın, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi ve en iyi alternatifin seçilmesi gibi adımlardan oluşur. Bu karışık sürecin yönetimini ve kontrolünü gerçekleştirmek için ÇKKV yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Karar vericiler, projeleri değerlendirirken dikkate aldıkları pek çok faktörü aynı anda göz önüne alıp değerlendirme yapabilirler. Ar-Ge projelerinin sıralaması ve seçimi finansal analizler, matematiksel yöntemler veya ÇKKV yöntemleri ile yapılabilmektedir (Peker 2014).

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, Ar-Ge'nin tanımı yapılmış, ikinci bölümde Ar-Ge projelerinin değerlendirmesi, önceliklendirilmesi ve seçimi ile ilgili yapılan literatür incelenmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan UTA ve UTASTAR yöntemleri ile ilgili yapılan literatür verilmiştir. Üçüncü bölümde Ar-Ge projelerinden, çalışmanın konusu olan problem tanımından, çok kriterli karar verme süreçlerinden ve önerilen yöntemlerden bahsedilmiştir. Problemin çözümünü içeren dördüncü bölümde ise problemin yapısından bahdesilmiş, yedi ana değerlendirme kriteri ile on adet proje önerisi temel alınarak bu tez çalışmasında önerilen yöntemler aracılığıyla hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Son bölüm de ise çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. AR-GE projeleri seçimi, sıralanması ile yapılan çalışmalar

Literatürde, Ar-Ge proje seçim problemi farklı yöntemler kullanılarak ele alınmıştır. Bu çalışmalara ilişkin bilgiler aşağıda özet olarak sunulmuştur.

Liu *et al.* (2019) çok sayıda değişik ağırlık ve güvenilirlik değerlerine sahip verileri birleştirerek elde ettikleri toplam güven dereceleri ve performanslarını kullanarak Ar-Ge projelerinin veriye dayalı kanıtlayıcı muhakeme yaklaşımı ile sıralanabileceğini ve seçilebileceğini göstermişlerdir. Önerilen modelin etkinliğini göstermek için Çin Ulusal Doğa Bilimleri Vakfında Ar-Ge projesi seçimine ilişkin bir vaka çalışması yapmışlardır. Çalışmada önerilen modelin hem yöneticiler hem de uzmanlar tarafından zaman alan panel inceleme çalışmalarını azalttığı, proje seçim sürecinin etkinliğini ve kalitesini önemli ölçüde artırdığı sonucuna varılmıştır.

Aydin vd (2018) Ar-Ge proje seçim sürecinde yatırımcı kararlarında etkili olacağını düşündükleri tüketici piyasası talebini ve yabancı yatırımı bir arada değerlendiren iki aşamalı bir tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada ilk olarak pazarın talep ettiği teknoloji seviyesini incelemişlerdir. Diğer aşamada ise tüketici pazarlarının talep ettiği yüksek teknolojinin en üst seviyesini tanımlayan bir teknoloji potansiyel ölçüsü geliştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda bu iki aşamanın rekabet eden iki tüketici piyasası grubunda uygulandığında nispi büyüklüklerine göre teknoloji seviyeleri ve her iki kümedeki faktörlerin toplam potansiyel büyüklüğü belirlenmiştir.

Salimi *et al.*(2018) firmaların Ar-Ge performanslarının önem düzeylerini en iyi en kötü yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada Hollanda'da faaliyet gösteren ileri teknolojiye sahip 50 adet KOBİ firmasına anket çalışması yapılmış ve firmaların Ar-Ge performansları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Ar-Ge önem düzeylerine göre farklı ağırlıkların atanması ile firma sıralamalarının değiştiği, Ar-Ge performansının etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Liang (2018) Ar-Ge proje seçim süreci için üç tercihli karar alma sürecini dikkate alan ve Pisagor bulanık bilgi sistemine dayanan yeni bir model önermişlerdir. Önermiş oldukları modeli TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile bir arada kullanan bir karar alma süreci geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem sadece verilen kararın riskini dikkatte almakla kalmamış, aynı zamanda her proje için nasıl karar verileceğini ve TOPSIS yönteminin ortaya koyduğu karar sonuçlarının anlamsal açıklamasını vermektedir. Çalışmanın sonunda AR-GE proje seçimine örnek olarak üç tercihli karar alma sürecinin uygulaması yapılmış ve karşılaştırma analizi kullanılarak önerilen yöntemin doğruluğu ispatlanmaya çalışılmıştır.

Karasakal vd (2017) Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıkları Aralıklı AHP ile elde edilmiştir. Projelerin değerlendirme kısmında VZA ve UTilites Additives DIScriminantes (UTADIS) yöntemleri kullanmış, ayrıca projelerin sınıflandırılması ve sıralanması da yapılmıştır. Çalışmanın uygulamasında ise Devlet tarafından yürütülen bir hibe programına başvuru yapan Ar-Ge projelerinin seçimini ele alınmıştır.

Cheng *et al.* (2017) Şirket içinde farklı departmanlardan sık sık gelen ve farklı paydaşların farklı görüşlerini dikkate alarak karmaşık kriterlerin göz önünde bulundurulması amacıyla Ar-Ge proje seçimi için tutarlı bir bulanık tercih ilişkisini içeren DEMATEL-ANP-COPRAS (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-Analytic Network Process- COmplex PRoportional ASsessment) yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir çalışma ortaya koymuşlardır. Geliştirilen yaklaşım daha sonra uluslararası bir şirketin projelerinee öncelik vermesine ve geri dönüşleri eniyileyecek edecek ve şirket için sürdürülebilirliği sağlayacak proje kararları verilmesinde yardımcı olmak için kullanılmıştır.

Marcondes *et al.(*2017) telekomünikasyon alanında sürekli geliştirilen Ar-Ge projelerinin seçimi için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada Mean-Gini yaklaşımı ile beraber bulanık bir çizelgeleme modeli geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım on adet gerçek proje örneği üzerinde uygulanmış, zaman planlaması sayesinde uygulanabilir kriterlerin sayısı

8'den 14'e çıkarılarak karar vericiye uygun bir risk planını kaynak kısıtlarının dışında tutulmasını sağlamıştır.

Liu *et al.* (2017) Ar-Ge projelerinin birden fazla uzman tarafından değerlendirilmesi, sıralanması ve seçimi için kriterlerin değerlendirme aşamasında fayda temelli bir bilgi dönüştürme tekniği uygulayarak bir kanıtlayıcı muhakeme yaklaşımı önermişlerdir. Önerilen yaklaşımda ağırlıklar ve yardımcı programlar için doğrusal olmayan bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemin Ar-Ge proje seçimini desteklemek için nasıl kullanılabileceğini göstermek için Çin Ulusal Bilim Vakfı ile bir vaka çalışması yapmışlardır. Doğrulama verileri, geçmiş verilerden elde edilmiş ağırlıklar ve yardımcı programlar kullanıldığında değerlendirme sonuçlarının daha güvenilir ve gerçeğe uygun hale geldiğini göstermiştir.

Collan *et al.* (2016) bulanık TOPSIS yöntemine yakınlık katsayısını içeren yeni bir düzenleme getirmişlerdir. Kullanılan yöntemde bulanık benzerlik değerlerinin toplamasını ağırlıklı ortalama yöntemi kullanarak elde etmişlerdir. Sunulan yöntem, bir araştırma ve geliştirme projesi seçim problemine sayısal olarak uygulanmıştır.

Wu *et al.* (2016) çalışmalarında Ar-Ge projelerinin seçimi için değerlendirme yapan tüm karar vericilerin değerlendirme sonuçlarından memnuniyet derecelerini belirlemek amacıyla yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşımda karar vericilerin memnuniyet derecelerine göre ortak bir ağırlık değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda önerilen yaklaşımdan elde edilen sonuçlar Tayvan'da bulunan 17 orman bölgesinin seçimi ve 17 adet Ar-Ge proje seçiminden oluşan iki uygulamada karşılaştırılmıştır.

Liu *et al.* (2016) Ar-Ge proje seçimi sürecinde değerlendirmeyi yapacak olan karar vericilerin ataması üzerine akıllı karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım tekliflerin farklı derecelerde dağılımını dengelemiş olup, karar vericiler ve başvuru sahipleri arasındaki çıkar çatışmalarını önlemiştir. Çalışma Çin Ulusal Doğal Bilimler Vakfı'nda uygulanmış, etkinlik ve verimlilik hesaplaması yapılmıştır.

Wu *et al.* (2016) çalışmalarında VZA çapraz verimlilik değerlendirmesinde karar vericilerin ağırlık seçimi için kullanabilecekleri genişletilmiş ikincil hedef modeli önermişlerdir. Önerilen ikincil hedef modeli ile geleneksel ikincil hedef modelleri ile karşılaştırıldığında, çapraz verimlilik hedefleri, tüm hedeflerin karar vericiler için her zaman ulaşılabilir olması bakımından avantaj sağladığı sonucuna varılmıştır. Çalışmanın uygulaması altı huzur evinin değerlendirilmesinde ve bir Ar-Ge projesi seçiminde yapılmıştır.

Latipova (2015) çalışmasında proje seçimi ve çizelgelemesi için farklı zaman dönemleri, mevcut bütçe kısıtları, teslim tarihi, aşamaların kesintiye uğraması ve ilk verilerin dinamik değişim durumlarını dikkate alacak şekilde bir eniyileme çalışması yapmıştır. Latipova bu özelliklere ve hesaplama karmaşıklığına bağlı olarak, problemi her periyot için bir takım alt problemlere bölerek çözmeyi önermiş ve bu alt problemleri Grafik İşlemci Birimi (GPU) programlama ile çözmüştür.

Collan *et al.* (2015) çalışmalarında bulanık entropi ve çoklu mesafe yaklaşımlarına dayanan yeni bir yakınlık katsayısı yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu yeni yaklaşımı bulanık TOPSIS yöntemi ile entegre ederek bir Ar-Ge projesi seçim problemine uygulamışlardır. Uygulamada çok aralıklı ve bulanık entropiye dayalı iki yeni yakınlık katsayısı kullanmanın sonuçları gösterilmiştir.

Wan *et al.* (2015) Atanassov'un aralık değerli sezgisel bulanık değerleri ve eksik ağırlık bilgisi ile grup karar verme problemlerini çözmek için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntemde objektif ağırlıkları, özniteliği üretmek için doğrusal bir programa dönüştürerek çok amaçlı bir aralıklı programlama modeli oluşturmuşlardır. Alternatiflerin sıralamaları, alternatiflerin kapsamlı aralık değerleri ile üretilmiştir. Son olarak, bu çalışmada geliştirilen yöntemin uygulama sürecini ve uygulanabilirliğini göstermek için bir Ar-Ge projesi seçim problemi örneği verilmiştir.

Bin *et al.* (2015) Tam Sayılı programlama ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemlerini Ar-Ge proje seçim

sürecinde melez olarak kullanmışlardır. Çalışmada Brezilya'da faaliyet gösteren bir elektrik şirketinden elde edilen gerçek veriler kullanılarak Ar-Ge ve inovasyon projesi seçimi için kapsamlı bir çözüm önerilmiştir. Uygulama şirketlerin Ar-Ge ve inovasyon harcamaları sorumluluklarını yerine getirmelerine göre diğer uygulamalara oranla en iyi performansı ortaya koymuştur.

Zolfani *et al.* (2015) Ar-Ge projelerinin seçiminde yer alan kavramlardan olan teknoloji öngörüsünü, SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi ile ele almışlardır. Bu çalışmanın en önemli kısmı, İran'daki Ar-Ge projeleri seçiminde oluşturulan modelin kriterlerinin ve alt kriterlerinin öneminin belirlenmesidir. Bu araştırma ile İran'daki araştırma faaliyetlerinde yeni bir başlangıç olması için genel bir çerçeve önermişlerdir.

Haddad *et al.* (2015) Ar-Ge projelerinin seçiminde teknolojik, çevresel ve sosyal kriterleri dikkate alarak AHP yöntemi ile bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada önerilen modeli doğrulayan bir uygulama yapılmış, PETROBRAS (Brezilya Petrol ve Gaz Şirketi) Tematik Ağı olarak adlandırılan yatırım programının belirlenmesi için bir proje portföyü oluşturulmuş ve doğru projelerin seçilmesi sağlanmıştır.

Eshlaghy *et al.* (2015) çalışmalarında Ar-Ge proje seçimi için K-Ortalama Yaklaşımı, Gri İlişkisel Analiz ve Genetik Algoritmayı melez olarak kullanmışlardır. Önerilen yaklaşımda ilk önce K-Ortalama Yaklaşımına dayalı farklı projeleri kümeledikten sonra GRA modeliyle Ar-Ge projelerini sıralamışlardır. Çalışmadaki proje dağıtımını ise GA ile yapmışlardır. Önerilen modelin pratikte kullanışlılığını ve uygulanabilirliğini göstermek için bir uygulamada test etmişlerdir.

Silva *et al.* (2014) Ar-Ge proje seçim süreci içinde karmaşık olan hakem atama sürecini sistematik hale getirmek için bir süreç analitiği yaklaşımı önermişlerdir. Önerilen yaklaşımı, Çin'deki en büyük fon ajansının proje seçim sürecine yardımcı olmak için uygulamış ve test etmişlerdir. Test sonuçları, önerilen yaklaşımın maliyet tasarrufu, verimlilik artışı gibi faydalar sağladığını göstermiştir.

Huang and Zhao (2014) Ar-Ge proje seçimi ve çizelgelemesi problemini belirsiz net gelir ve yatırım maliyeti altında GA yardımıyla çözümlemişlerdir. Çalışmada yeni bir maliyet aşımı riski kullanmış, Ar-Ge proje seçimi ve çizelgeleme problemi için yeni bir eniyileme modeli geliştirmişlerdir.

Collan *et al.* (2014) Ar-Ge proje seçim sürecini yatırım ve karlılığı dikkate alarak, bulanık TOPSIS yöntemi ile çözümlemişlerdir. Çalışmada dört yeni bulanık benzerlik değişkeni ve toplam 12 alt sıralama ile üç farklı uygun çözümü birleştiren genel bir proje sıralaması sunulmuştur. Oluşturulan yöntemlerin uygulanması sayısal bir örnekle gösterilmiştir.

Arunachalam *et al.* (2013) Ar-Ge projelerini faaliyet alanlarına, ortak yönlerine göre kümelemek için metin madenciliği tabanlı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmada, proje tekliflerini kümelemek, araştırma alanları temel alınan bağımsız değerlendiricileri ve karar vericileri ilgili proje tekliflerine atamak için metin madenciliği üzerine bir yöntem geliştirmişlerdir.

Gosenheimer (2012) çalışmasında Ar-Ge proje seçiminde önceliklendirme matrisi kullanarak çözüme ulaşmaya çalışmıştır. Bu çözüm Ar-Ge projelerinin yüksek öncelikli ya da düşük öncelikli proje olarak tanımlanması ile karar verme durumunu kolaylaştırmıştır. Çalışmada bu tür kararlar alınırken sistemli ve objektif bir yaklaşımın fikir birliğine varmayı kolaylaştırdığı, müşterilerin ve paydaşların ihtiyaçlarının dengelenmesinde yardımcı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Sonuç olarak Önceliklendirme matrisi Ar-Ge proje seçiminde zor kararların objektif bir şekilde alınması gereken durumlarda kullanılabilir bir teknik olduğu kanısına varılmıştır.

Graves *et al.* (2012) bir Ar-Ge proje seçim probleminin değerlendirilmesinde üstel ve hiperbolik modelleri kıyaslayarak, üstel fonksiyonun kısa vadeli seçimleri, hiperbolik fonksiyonun ise uzun vadeli seçimleri tercih ettiğini tespit etmişlerdir. Karar vericilerin tercihlerini her zaman temsil etmeyen geleneksel üstel model ile hiperbolik modeller karşılaştırıldığında kararların birbirinden farklı olduğu sonucuna varmışlardır.

Mohaghar *et al.* (2012) çalışmalarında Ar-Ge proje seçim süreci için bulanık ANP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada bulanık ANP'yi, kriterlerin ve alt kriterlerin bulanık ağırlıklarını belirlemek için kullanırken, Bulanık TOPSIS'i ise alt kriterlere göre projeleri sıralarken kullanmışlardır.

Ayan *et al.* (2012) Ar-Ge proje seçiminde grup kararına dayalı bulanık TOPSIS yaklaşımı ile çözüme ulaşmış, kriter ağırlıklarındaki farklılıklara olan duyarlılığı görmek için de duyarlılık analizi yapmışlardır. Çalışmada, önerilen modelin literatürde yer alan yaklaşımlara olan üstünlüğünü göstermek amacıyla örnek bir uygulama sunulmuştur. Uygulamada, dört karar verici tarafından altı kritere dayalı olarak beş alternatif Ar-Ge projesi değerlendirilerek en iyi proje seçilmiştir.

Eckhause *et al.* (2012) Ar-Ge yatırım fonu kararları verilirken bütçe paylaştırılmasının en uygun şekilde yapılması için Tam Sayılı Programlama Yaklaşımını ele almışlardır. Çalışmada Stokastik Dinamik Programlamaya bütçe ve diğer kısıtlar dahil edilerek bir Tam Sayılı Programlama formüle edilmiştir. Son olarak tam sayılı programlamanın performansını literatürde yapılan bir Sinir Dili Programlama (SDP) örneği ile karşılaştırılmışlardır.

Hung *et al.* (2012) çalışmalarında bir Ar-Ge projesi için en uygun teknoloji seçimini ele almışlardır. Çalışmada Tayvan'nın Entegre Devre (ED) ambalaj endüstrisindeki firmalarda yeni ED üretim teknolojilerinin stratejik etkisini değerlendirmek için Bulanık Analitik Ağ Süreci (BAAS) modelini uygulamışlardır. Ayrıca çalışmada BAAS kullanarak Ar-Ge projesi seçimini etkileyen önemli karar verme faktörleri belirlenmiş ve optimum üretim süreci geliştirilmiştir.

Murray *et al.* (2011) Ar-Ge proje seçiminde AHS ele almışlardır. Çalışmada Ar-Ge proje seçim sürecinde AHS bir versiyonu ve bir puanlama metodolojisi kullanılmış, daha sonra kamu projelerinin kabul edilebilirliğini belirlemek için Fayda Maliyet Oranı Yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulama proje bütçeleri üç yüz ile bir milyon ABD doları arasında değişen bir proje portföyünün geliştirilmesine dahil olan bir grup karar verici tarafından

başarıyla test edilmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

Feng *et al.* (2011) çalışmalarında Ar-Ge proje seçim sürecini ele almışlardır. Çözümlerinde AHP, puanlama yöntemi ve ağırlıklı geometrik ortalama yöntemini bütünleşik olarak kullanmışlardır. Geliştirilen uygulama Çin Ulusal Doğal Bilimler Vakfı'ndan elde edilen bazı örnek veriler ile test edilmiştir.

Huang *et al.* (2011) Ar-Ge proje seçiminde değerlendirme kriterleri arasındaki etkileşimi ele almak ve uzmanların farklı kararlarını karar vericilerin değerlendirme sürecine dâhil etmek için bulanık ANP yöntemini önermişlerdir. Çalışmada ele alınan uygulama sonucunda belirlenmiş değerlendirme kriterleri arasında "bilimsel ve teknolojik değer" ve "proje yürütme" kriterlerinin en önemli kriterler olduğu ve değerlendirme kriterlerinin öneminin farklı projelerde değiştiği sonucuna varılmıştır.

Wang *et al.* (2010) çalışmalarında risk ve belirsizlik durumlarını dikkate alan Ar-Ge projesi seçimini ele almışlardır. Uygulama olarak, dinamik bir MAUT(Multi attribute utility theory) karar modeli önermişlerdir. Bu modelin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek için gerçek bir Ar-Ge yatırım örneği kullanmışlardır. Deneysel sonuçlar, sadece karar vericilerin risk eğilimlerini ve risk toleranslarını dikkate almasının yanı sıra bir tutarlılık kontrolü için de göstergeler sunabileceğini ve sıralama sonuçlarının hassasiyetini yansıtabileceğini göstermiştir. Dinamik MAUT karar modeli karar vericilerin kapsamlı ve dinamik bir şekilde analiz etmelerine yardımcı olmuş, böylece bir kurum proje seçiminin kalitesini artırmak için kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Verbano *et al.* (2010) Ar-Ge proje seçim sürecinde belirleyici unsurları sınıflandırmak, karakterize etmek için çapraz analiz içeren bir çalışma geliştirmişler ve kullanılan yöntemleri ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Çalışmada literatür ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve Ar-Ge projelerini değerlendirmek için kullanılan mevcut yöntemler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda karar vericilere Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde en uygun projeleri seçmelerinde yardımcı olabilecek analizler sunulmuştur.

Thal *et al.* (2010) Çalışmalarında karar vericilerin Ar-Ge proje seçim süreçlerinde karşılaştıkları hangi ürün ve teknolojilere yatırım yapmaları gerektiği problemlerini ele almışlardır. Bu kapsamda çalışmada bu kararların verilmesini kolaylaştırmak için karar analizi kullanılmasını öngören objektif bir Ar-Ge proje seçim modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın uygulaması bir araştırma laboratuvarı için değerlendirilen Ar-Ge projelerinin seçiminde yapılmıştır.

Calof *et al.*(2010) çalışmalarında Ar-Ge proje seçiminde zekânın öngörü ve rekabet birleştirici alanının seçim sürecini nasıl etkilediğini ele alan literatür çalışmalarını incelemişlerdir. Buna ek olarak çalışmalarında Kanada'nın öngörü kapasitesine ilişkin yakın zamanda tamamlanmış bir çalışmayı incelemişlerdir.

Feng *et al.* (2009) VZA kullanarak Ar-Ge proje seçiminde çok nitelikli karar vermeyi ele almışlardır. Çalışmada VZA ‘nın Pareto etkinliği ile ilişkisi, ekonomik yorumu ve geometrik anlamı ile birlikte incelemiş, çok nitelikli karar verme ve analizi ile ilgili yeni bir model önermişlerdir. Bu modeli dikkate alarak, çok nitelikli karar verme ve analizi için yeni bir yöntem tasarlamışlardır.

Cheung *et al.* (2009) Ar-Ge projelerinin seçim sürecinde seçeneğin bol ve seçimin zor olduğu durumlar karşısında bilgi yönetiminin kullanımını incelemişlerdir. Literatürde, Ar-Ge proje seçiminde örnek olabilecek çok sayıda model, yöntem ve teknik bulunmaktadır. Bu çalışmada üç yaklaşım incelenmiştir. Bunlardan biri matematiksel programlamaya dayalı yaklaşımlar, diğeri proje seçiminin kurumsal, davranışsal, örgütsel ve bilgi niteliğindeki yapıya rasyonel olarak entegre bir süreç olarak alınan yaklaşımlar ve son olarak ise stratejik olarak tutarlı ve bütünleşik olan yaklaşımlardır. Çalışmada önerilen yaklaşımlar Ar-Ge proje seçiminde karşılaştırılmıştır.

Habib *et al.* (2009) Ar-Ge proje seçiminde ilk kez 'inovasyon' faktörünü ortaya koyarak AAS yöntemi ile çözüm yapmışlardır. Çalışmada, AAS’nin rekabet eden Ar-Ge projelerini değerlendirmek için bir model olarak kullanımını tartışmışlardır. Çalışma bu modelin küçük bir yüksek teknoloji firmasında uygulanması ile sona ermiştir.

Uygulamada AAS'nin etkili ve verimli bir karar verme aracı olduğu ve en iyi projeyi değerlendirmek için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Changsheng (2008) bulanık bir ortamda firmanın Net Bugünkü Değerini (NBD) en büyükleyen bir Ar-Ge proje seçim modelini ele almış ve bir sayısal örnek sunmuştur. Sunulan örnekte NBD ve bireysel projelerin harcamaları bulanık değişkenler olarak değerlendirilmiştir.Çalışma sonucunda bazı projelerin bulanık net bugünki değerlerinin diğer projelerin net bugünkü değerlerine bağlı olabileceği ve bazı proje çiftlerinin ortak olarak gerçekleştirilmesinin kaynak harcamalarında bir miktar tasarruf sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Fernandez *et al.* (2009) büyük kamu kuruluşlarında Ar-Ge Proje seçimi için proje seçim süreçlerini destekleyen bir bilgisayar sistemi ve en iyi çözümleri bulmak için karışık tam sayılı programlama içeren bütünleşik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde en iyi çözümü bulmak için doğrusal bir tamsayı model yaklaşımı ve kuruluşların büyüklüğüne bakılmaksızın proje seçim süreçlerini destekleyen bir bilgisayar sistemi ile niceliksel bir kalite modeli geliştirmişlerdir.

Yuen *et al.* (2009) çalışmalarında Ar-Ge proje seçim problemi üzerinde eksik bilgiyle karar analizi yapılabilmesi için bir dilsel Olasılık Toplama Modeli geliştirmişlerdir. Bu model veri toplama kalitesini artırmak için bir derecelendirme arabirimi olarak Bileşik Dilsel Sıralı Ölçekler modelini içermektedir. Çalışmada önerilen modeli doğrulamak için AAS ile karşılaştırılan bir Ar-Ge projesi seçim problemi verilmiştir.

Wu *et al.* (2009) Ar-Ge proje seçim sürecinde proje performanslarının değerlendirilmesi ve kıyaslanması için VZA'ı kullanmışlardır. Çalışmada ayrıca karar verme birimlerinin değerlendirilmesinde çapraz değerlendirme yöntemini ele almışlardır. Ele alınan yöntem bir oyun modelinde uygulanmış ve elde edilen ağırlıklar VZA ile kullanılarak bir Ar-Ge projesi seçim süreci değerlendirilmiştir.

Yi *et al.* (2008) Ar-Ge proje seçiminde yer alan her bir Ar-Ge alternatifinin güçlü ve zayıf

yönlerini ortaya koyan bulanık değişkenlerin değerlendirilmesini ele alan bulanık çok kriterli değerlendirme yaklaşımını geliştirmişlerdir. Çalışmada bu yöntemin etkinliğini göstermek ve rakip yazılım geliştirme projelerini değerlendirmek için bir örnek çalışma sunmuşlardır.

Li *et al.* (2008) Ar-Ge proje seçimine uyguladıkları çalışmalarında sıralamaya bağlı alternatifler için çapraz etki analizine dayanan AHS yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımı gerçek bir örneğe uygulamış ve yeni yaklaşımın uygulanabilir olduğunu doğrulamışlardır.

Huang *et al.* (2008) devlet desteklerinin verildiği bir programda başvuru yapan Ar-Ge projelerinin arasından en iyi projelerin desteklenmesi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada ayrıca Tayvan'daki Endüstriyel Teknoloji Geliştirme Programı kapsamında bağımsız değerlendiriciler tarafından verilen kararların değerlendirilmesi için ise net değerlendirme matrisi kullanılmıştır. Sonuçlar, bilimsel ve teknolojik değerin değerlendiriciler tarafından dikkate alınan en önemli değerlendirme kriteri olduğunu göstermiştir. Değerlendirme kriterlerinin öneminin farklı ortamlarda nasıl değiştiği simülasyon yoluyla gösterilmiştir.

Tolga vd (2008) Çalışmalarında stratejik Ar-Ge projesi seçim kararını iki önemli durum açısından incelemişlerdir. Bu önemli durumlar Ar-Ge projelerinin kurumsal getirilerinin çok boyutlu ve öngörülen sonuç açısından riskli olduğu ve Ar-Ge bütçesi büyük olan yatırım durumlarıdır. Bu amaçla çalışmada Ar-Ge projelerinin bulanık çok kriterli değerlendirilmesinde bulanık AHP ve bulanık üç terimli karar ağacı yaklaşımı entegre olarak uygulanmıştır.

Chen *et al.* (2008) çalışmalarında Ar-Ge projesi değerlendirme ve seçiminde bulanık dilsel değişken ve ELECTRE (Elemination and Choice Translating Reality English) yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca homojen olmayan dilsel bilgiyi standart bir dilsel terim dizisine dönüştürmek için bir dönüşüm yöntemi sunmuşlardır. Daha sonra sunulan yöntem Ar-Ge projelerinin sıralamasını belirlemek için ELECTRE yöntemi ile entegre

edilerek yeni bir karar yöntemi geliştirilmiştir.

Tolga (2008) Ar-Ge proje seçimini bulanık gerçek opsiyon değerleme modeli içeren hiyerarşik bulanık TOPSIS yöntemi ile çalışmıştır. Bu çalışma ile özellikle gelecekteki ürün talebi veya bir varlığın gelecekteki değeri gibi piyasa değişkenleriyle ilgili belirsizlik koşulları altında değerlendirmek için Gerçek Opsiyon Değerlemesinin kullanılmasının uygun bir finansal bir teknik olduğu sonucuna varmıştır.

Tolga vd (2008) Ar-Ge projelerinin bulanık çok özellikli olarak değerlendirilebilmesi için bulanık AHP yöntemi ve bulanık gerçek opsiyon değerleme modeli içeren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada Ar-Ge projesi seçim sürecinin çok boyutlu tarafını ele almışlardır. Önerilen yaklaşımın uygulanmasını göstermek için gerçek bir örnek çalışma vermişlerdir.

De Piante Henriksen *et al.* (2008) Ar-Ge projelerini puanlamak ve sıralamak için excel tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemi kullanarak, değerlendirme sürecinde hem projenin değerini hem de proje maliyetini göz önünde bulunduran pratik bir teknik sunmuşlardır. Ayrıca çözüm sırasında birden fazla karar kriteri arasındaki değişimleri de hesaba katmışlardır. Sonuç olarak bu sistemin yönetimsel inceleme ve karar verme durumlarını kolaylaştıran bir yapısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yao (2006) çalışmasında teknik belirsizlik ve pazar belirsizliği altında proje seçimi problemine odaklanmıştır. Ar-Ge projeleri seçiminde teknik ve pazar belirsizliğinin önemini gösterecek şekilde matematiksel model temelli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın uygulamasını Hidrojen Yakıt Hücreli Taşıtlara Karşı Hibrit Elektrikli Otomobilleri üzerinde yapmıştır.

Lawson *et al.* (2006) mühendislik alanında faaliyet gösteren KOBİ Ar-Ge proje seçim modellerinin uygulanmasına yönelik bir saha testi gerçekleştirmişlerdir. Saha testi sonuçları ile KOBİ'lerde böyle bir modelin uygulanmasının önündeki engellerin belirlenmesi sağlanmıştır. Bu engellerin çözümü için uygulanabilir bir Ar-Ge proje

portföyü izleme yöntemi önermişlerdir.

Sun *et al.* (2005) Ar-Ge proje seçimi ve çizelgelemesi için ÇKA ve 0-1 Tam Sayılı Programlamanın bir arada kullanıldığı bir model geliştirmişlerdir. Çoklu kutu ambalajlama, aday Ar-Ge projelerinin hem seçilmesi hem de zaman planının yapılmasında kullanılmıştır. Model, 20 büyük Ar-Ge projesi yürüten bir dava şirketinin talebi üzerine geliştirilmiş ve dava şirketinin beş yıllık döneminin planlaması yapıldığı bir örnek üzerinde uygulanmıştır.

Mohanty *et al.* (2005) Ar-Ge proje seçimi problemini bulanık ANP ile birlikte bulanık maliyet analizini kullanarak ele almışlardır. Çalışmada Bulanık Küme Teorisi, tercihlerdeki belirsizliğin üstesinden gelmek için dahil edilmiştir. Yöntemde, çift yönlü karşılaştırmanın yapılması için üçgen bulanık sayılar çeşitli özelliklerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Tian *et al.* (2005) etkili bir Ar-Ge proje seçim süreci için bir organizasyonel karar destek sistemi önermişlerdir. Çalışmada önerilen karar destek sistemini Çin Ulusal Doğa Bilimleri Vakfı'ndaki proje tekliflerinin seçiminde uygulamışlardır. Uygulamanın sonunda bu karar destek sisteminin Ar-Ge proje seçiminde uygulanabilir bir sistem olduğu sonucuna varılmıştır.

Coldrick *et al.* (2005) çalışmalarında çok çeşitli araştırma, teknoloji ve yatırım kararlarına uygulanabilecek Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirmesini ele alan bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Çalışmada ilk olarak, proje seçim modellerinin arka planı verilmiş, daha sonra modelin tanıtılması ve örnek bir proje grubuna uygulanması izlemiştir. Son kısımda ise bu tür modellerin uygulanabilirliği konusunda bazı sonuçlar tartışılmıştır.

Cho and Kwon .(2004) Ar-Ge projeleri arasında bulunan karşılıklı maliyet, teknoloji ve pozitif etkileşim gibi çapraz etkileri dikkate alan bağımlı projelerin değerlendirilmesini ele almışlardır. Çalışmada, çok sayıda teknolojik alternatiflerin sıralanmasına yardımcı

olmak için çapraz etkili bir hiyerarşi süreci olarak adlandırılan çapraz etki analiziyle bağlantılı genişletilmiş bir AHP modeli geliştirilmiş ve sayısal bir örnek ile sunulmuştur.

Hsu *et al.* (2003) devlet tarafından desteklenen Ar-Ge projelerinin seçiminde bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada farklı gruplardan alınan değerlendirme kriterlerini analitik hiyerarşi süreci yöntemine entegre ederek yeni bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli Tayvan'daki bir ulusal araştırma enstitüsünde uygulamışlar ve bu modelin Ar-Ge proje seçimine uygulanabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Tian *et al.* (2002) Ar-Ge proje seçimi için matematiksel model ile bilgi kurallarını birleştiren bir karma bilgi ve model sistemi önermişlerdir. Sunulan sistem, Ar-Ge proje seçiminin tüm karar sürecini desteklemek için tasarlanmış ve Çin Ulusal Doğal Bilimler Vakfındaki Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanılmıştır.

Tian *et al.* (2002) çalışmalarında Ar-Ge proje seçimi için organizasyonel bir karar destek sistemi önermişlerdir. Önerilen sistemi nesne yönelimli yöntem kullanarak tasarlamışlar ve Çin Ulusal Doğa Bilimler Vakfı'na yapılan proje tekliflerinin seçimini kolaylaştırmak için uygulamışlardır.

Coldrick *et al.* (2002) farklı Ar-Ge proje türlerini nicel puanlama, risk analizi ve finansal içerikler temelinde inceleyen entegre bir proje seçim modeli önermişlerdir. Önerilen modeli, her büyüklükteki firmalar için uygulanabilecek şekilde tasarlamışlardır. Karar verme sürecinde mühendislere ve yönetime yardımcı olmak için resmi, yapılandırılmış bir model olmasını amaçlamışlardır. Bu model, özellikle temel araştırmalarla ilgili olarak "değerlendirilemeyen" faktörlerin öneminin vurgulanmasına da avantaj sağlamıştır.

Meade and Presley (2002) Ar-Ge proje seçimi probleminde AAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada ilk olarak Ar-Ge seçim probleminin gerekliliklerinden bahsedilmiş, daha sonra önerilen yöntem rakip Ar-Ge proje tekliflerinin farklarını değerlendirmek için küçük bir yüksek teknoloji firmasının gerçek verileri ile uygulama

yapmışlardır.

Kuchta (2001) Ar-Ge proje seçiminde fayda, sonuç ve kaynak etkileşimleriyle ilgili Bulanık 0-1 Karesel Programlama Modeli geliştirmiştir. Bireysel projelerin NBD ve kaynak kullanımını bulanık bir sayı şeklinde vermiştir. Bazı projelerin bulanık NBD'lerinin diğer projelerin NBD'lerine bağlı olabileceği ve bazı proje çiftlerinin ortak olarak gerçekleştirilmesinin kaynak kullanımında bazı tasarruflar sağlayabileceği sonucuna varmıştır.

Loch *et al.* (2001) BMW firmasında Ar-Ge projelerinin seçilmesinde Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modelinin kullanılması üzerine bir uygulama çalışması yapmışlardır. Geliştirilecek teknoloji, hedeflenen performans ile gerçekleşen performans arasındaki boşluğu en aza indirecek şekilde yapılandırılmıştır. Çalışmada Teknoloji Transferi literatürüne dayanan alternatif bir yöntem sunulmuştur.

Abo-Sinna *et al.* (2000) belirsizlik altında çok amaçlı Ar-Ge proje seçim problemini ele almışlardır. Çalışmada problemin en uygun çözümünü belirlemek için Hedef Programlama, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama, Bulanık Hedef Programlama ve Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama kullanmışlardır. Kullanılan modeller ile geliştirilen ana sonuçları karşılaştırmak için sayısal örnekler vermişlerdir.

Vislosky and Fischbeck (2000) Ar-Ge proje seçim sürecinde karar vericilerin bilişsel düşüncelerini sistematik olarak eşleştirmek için zihinsel bir model yaklaşımı geliştirilmişlerdir. Geliştirilen model büyük bir üretim şirketinin endüstriyel Ar-Ge organizasyonunda uygulanmıştır. Uygulanan yöntem ile Ar-Ge proje seçim süreci hakkında derinlemesine bilgi edinilmesinin yöneticilere yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Henriksen and Traynor (1999) Ar-Ge proje değerlendirme ve seçimi için bir puanlama sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemde risk, uygunluk ve geri dönüş kriterlerine göre proje alternatiflerini sıralamışlardır. Çalışmada Ar-Ge proje seçimi literatürü

kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve seçim yönteminin bir araştırma laboratuvarında uygulanması ele alınmıştır.

Heidenberger and Stummer (1999) çalışmalarında Ar-Ge projelerinin kurumsal yenilemenin temel bir unsuru olması, bir firmanın pazar başarısını büyük ölçüde etkilemesi ve uygun bir şekilde seçilmemesi durumunda büyük miktarlarda kaynak israfına yol açmasını dikkate alarak yaklaşık 40 yıldır çalışılan kaynak tahsisi ve Ar-Ge proje seçimi için modelleme literatürünü incelemişlerdir. Çalışmada yapılan anket ile çeşitli modelleme yaklaşımlarını sınıflandırmış ve karakterize etmişlerdir.

Vonortas and Hertzfeld (1998) kamu sektöründe Ar-Ge projesi seçim sürecinde uzun vadeli stratejik yatırımların değerlendirilmesini fayda maliyet analizi temelli yenilikçi bir yöntem geliştirerek incelemişlerdir. Böyle bir yöntem ile geleneksel yöntemlerin değişmez oranlarından başka daha uygun düşük oranlarının kullanımına doğru bir geçişi kolaylaştırılabilir sonucuna varmışlardır.

Bordley (1998) çalışmasında Ar-Ge projesi seçimindeki deneyimini anlatmıştır. Bu deneyimde, kurumsal önceliklerin etkili bir şekilde iletilmesi ile yüksek kaliteli Ar-Ge projelerinin üretilebileceğini ortaya koymuştur. Çalışmasında ayrıca Ar-Ge proje seçimi ve Ar-Ge proje üretimini karşılaştırmıştır.

Lee and Om (1997) Ar-Ge proje seçiminde etkinlik kavramını incelemişlerdir. Çalışmada etkinlik kavramını, üç grupta dikkate almışlardır. İlk olarak Ar-Ge projesinin savunucularının önemli gördüğü kısımlar, karar vericilerin değerlendirirken dikkate aldığı kısımlar ve son grupta ise üst düzey yöneticilerin esas aldıkları kısımlar olarak ele almışlardır. Çalışma sonucunda kamu ve özel Ar-Ge kurumları arasındaki etkinlik farklılıklarına ilişkin anlamlı bir analiz yapılabileceğini göstermişlerdir.

Al-Mazidi and Ghosn (1997) Kuveyt Bilimsel Araştırma Enstitüsü'nün stratejik planlarına ve hedeflerine uyum sağlamak için önerilen Ar-Ge projelerini değerlendiren çok yönlü karar destek analizine dayalı bir seçim modeli geliştirmişlerdir. Modeli

bilgisayar kullanıcıları için uygun olarak dizayn etmişler ve bu modeli kullanarak bir örnek olay incelemesi ile mevcut verilerin analizini yapmışlardır.

Cabral-Cardoso and Payne (1996) Ar-Ge projelerinin seçim sürecinde Resmi Seçim Tekniklerinin etkili ve destekleyici kullanımını birey, proje ve organizasyon bağlamında incelemişlerdir. Çalışmada 149 farklı şirkette tanımlanan 258 Ar-Ge seçim projesine ayrıntılı bir analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda düzeyler arasında büyük ölçüde tutarlılık görülmüş ve Resmi Seçim Tekniklerinin destekleyici / politik kullanımının önemi vurgulanmıştır.

Santhanam and Kyparisis (1996) Ar-Ge proje seçiminde doğrusal olmayan 0-1 programlama kullanarak aday projeler arasındaki fayda, kaynak ve teknik bağımlılıkları tanımlayan bir bilgi sistemi modeli geliştirilmişlerdir. Geliştirilen model, doğrusallaştırma teknikleri kullanılarak dönüştürülmüş ve gerçek dünyadaki bilişim sistemleri proje seçim verilerine uygulanmış ve test edilerek doğrulanmıştır. Bu modelin performansı mevcut proje seçim modelleriyle karşılaştırılarak, katkısı vurgulanmıştır.

Coffin and Taylor (1996) Ar-Ge proje seçim probleminin çoklu hedeflerini yansıtan tek bir amaç fonksiyonunu değerlendirmek için sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada problem büyüklüğü, hedefleri, amaçları ve kısıtları gerçek verilerden oluşan bir Ar-Ge problemi örnek olarak ele alınmıştır. Ayrıca önerilen yaklaşımın uygunluğunu göstermek için de bir kıyaslama çalışması yapılmıştır.

Coffin and Taylor (1996) Ar-Ge proje çizelgeleme ve seçim sürecini sezgisel filtreli ışın arama yaklaşımı ile incelenmiştir. Sezgisel arama prosedürü ayrıntılı bir örnek ve hesaplamalı deneylerle gösterilmiştir. Çalışma sonucunda seçilen projelerin çeşitli araştırma olanakları ve/veya mevcut kaynaklarla sürecin tamamlanması sağlanmış, fakat bazı durumlarda proje kaynaklarının daha az zaman gerektiren kaynaklarla değiştirilerek projenin tamamlanmasının sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Henig and Katz (1996) Ar-Ge proje seçim sürecinde karar vericinin ana kriterler, alt

kriterler ve alternatiflerin hiyerarşisini kendisinin belirleyerek çözüme ulaştığı bir karar süreci tasarlamışlardır. Çalışmada karar verici karar alma süreçlerin tümüne dahil olduğu için problem ve kriterler iyi anlaşılabilir olmuştur. Tasarlanan çok kriterli karar verme süreci Ecogen İsrail Ortaklığı'ndaki Ar-Ge projelerinin seçiminde başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Venkatraman and Venkatraman (1995) çalışmalarında Ar-Ge proje çizelgeleme ve kaynak planlamasının, kuruluş tarafından hedeflenen büyüme hızına bağlı olması için bir çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli gerçek hayattan bir örnek uygulama ile göstermişler ve modelin Ar-Ge faaliyetlerinin hedeflerine uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Chun (1994) çalışmasında belirli bir süre içinde yapılacak olan Ar-Ge projelerinin teknoloji veya bütçe kısıtı altında en optimal şekilde sıralanması için sıralı karar problemini ele almıştır. Çalışmada iki özel durum dikkata alınarak optimal sıralama stratejisi geliştirilmiştir: ilk olarak sıralamanın yapılmasından sonra bir projenin başarısız olması ile bütün sıralamanın sona erdirilmesi, ikinci olarak ise sıralanan alternatiflerden birinin başarıyla tamamlanmasına kadar sıralamanın devam etmesidir. Ayrıca belirli bir süre içinde bir alternatif seçilmez ise başka bir alternatifin kullanılabilirlik durumu araştırılmıştır.

Silvennoinen (1994) enerji kullanımının verimliliğini arttırmaya yönelik Ar-Ge projelerinin seçim sürecini ele almıştır. Bu çalışma kapsamında belirlenen değerlendirme kriterleri ile teknoloji ve piyasa ile ilgili diğer kriterler arasında bir denge kurmaya çalışmıştır. Çalışma sonucunda projelerin yapılması aşamasında pazar algısı ve en iyi ticarileşme sürecini sağlamak için her bir proje için bir endüstriyel ortağın olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Schmidt (1993) Ar-Ge Proje seçimi için fayda, sonuç ve kaynak kriterlerini bir arada değerlendiren bir model sunmuştur. Sunulan modelde ortaya çıkan Doğrusal Olmayan Tamsayı Programı, Dal ve Sınır Algoritması ile çözülerek sonuç elde edilmiştir.

Graves and Ringuest (1992) Ar-Ge proje seçim probleminde en iyi çözümü bulmak için Çok Amaçlı Doğrusal Programlama yöntemini önermişlerdir. Çalışmada Ar-Ge proje seçim süreçleri için nicel modellerin geliştirilmesinde kaydedilen ilerleme gözden geçirilmiştir. Ayrıca bu alanda gelecekteki araştırma ihtiyaçları da değerlendirilmiştir.

Ringuest and Graves (1990) Ar-Ge projesi seçim probleminde Net Bugünkü Değer yöntemine alternatif olacak şekilde Çok Hedefli Doğrusal Programlama yönteminin kullanılmasını önermişlerdir. Önerilen yönteme uygulayıcı yöneticinin karar vermedeki riskleri dahil etmesi sağlanmış ve çözüme daha hızlı ulaşılması sağlanmıştır.

Fahrni and Spätig (1990) Ar-Ge proje seçim problemine rehber olacak şekilde uygulama odaklı yaptıkları çalışmalarında öncelikle literatür incelemesi yapmışlar, daha sonra farklı gruplar altında değerlendirilecek yöntemleri güçlü ve zayıf yönleri, kısıtlamaları ve uygulanabilirliği temelinde ikili karar ağacı yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirilen farklı gruplar da her gruba düşen yöntemlerin güçlü yönlerini, zayıf yönlerini, kısıtlamalarını ve uygulanabilirliğini tartışmışlardır. Çalışma uygulanan yöntemlerin nasıl genişletilebileceği ve geliştirilebileceği konusundaki öneriler ile sona ermiştir.

Ringuest and Graves (1989) Proje seçim probleminin çok amaçlı bir modelini tanımlanmışlardır. Çalışmada çok amaçlı hedef programlamanın çoklu çözümler ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır. Çok amaçlı programlama modelinin Ar-Ge proje seçim problemine bir yaklaşım olarak önerilebileceğini belirtmişlerdir.

Júnior (1988) sıfır-bir karar değişkenleri ile doğrusal kısıtlara sahip olan çok kriterli proje seçim problemini bulanık katsayılar kullanarak ele almıştır. Çalışmada sayısal değerler yerine dilsel, her bir kriter için proje değerlendirmeleri bulanık kümeler ile temsil edilerek kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda bir uygulama ve gelecekteki araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

Liberatore (1988) endüstriyel Ar-Ge proje seçimi için AHP yöntemi ile uzman bir destek

sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemi, iş biriminin misyon, amaç ve stratejilerini Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanılan kriterler ile ilişkilendirmiştir. Çalışmanın sonucunda Liberatore bu yaklaşımın bir uzman destek sistemi olarak uygunluğunun değerlendirmesini yapmış ve gelecekteki araştırmalar için önerilerde bulunmuştur.

Bard *et al.* (1988) Ar-Ge proje portföyünü etkin bir şekilde güncellemek için kullanılabilecek bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Ar-Ge projesi seçim ve sonlandırma durumunu inceledikleri çalışmalarını iki kısımda ilerletmişlerdir. İlk kısımda kabul edilebilir bir seviyede olan projeler belirlendikten sonra değerlendirmeyi geçemeyen diğer projelere son verilmiştir. Diğer kısımda ise doğrusal olmayan tam sayılı programlama ile seçim sürecini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma bir çevre ekipmanı üreticisinde uygulanmıştır.

Mehrez (1988) çalışmasında bir üniversitenin Ar-Ge laboratuvarı tarafından yürütülen Ar-Ge proje sürecini değerlendirmek ve seçmek için Von Neumann-Morgenstern'in beklenen fayda yaklaşımını uygulamıştır. Çalışmada özellikle, proje verilerinin toplanmasındaki zorluklar tartışılmış ve projenin karlılığına ilişkin belirsizlikleri dikkate alan bir metodoloji tanımlanmıştır. Tanımlanan metodoloji ile mühendislik ekonomik yaklaşım ve Ar-Ge proje seçim problemi arasında bir bağlantı sağlamıştır.

Liberatore (1987) çalışmasında endüstriyel Ar-Ge proje seçiminde öncelik belirleme ve kaynakların tahsisi için AHP yöntemini kullanmıştır. Ayrıca çalışmada kaynak tahsisi kararında yardımcı olması için fayda maliyet analizi ve tamsayılı programlama kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda yaklaşımın uzman bir destek sistemi olarak uygunluğu değerlendirilmiş, gelecekteki araştırma ve testler için öneriler sunulmuştur.

Lee *et al.* (1986) çalışmalarında öncelikle Ar-Ge proje seçim ile ilgili literatür taraması gerçekleştirmiş, sonrasında Kore'de Ar-Ge projelerinin seçiminde ana karar vericilerin laboratuvar direktörleri ve en önemli karar kriterinin teknik faktör olduğu durumu göz önüne alarak Ar-Ge proje seçim problemi ile ilgili bir çalışma sunmuşlardır.

Liberatore (1986) çalışmasında endüstriyel Ar-Ge proje seçiminde öncelik belirleme ve kaynakların tahsisi için puanlama modeli, hedef programlama, MAUT ve AHP yöntemlerinin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Ayrıca çalışmada Ar-Ge proje seçimi için bu modellerin uzman destek sistemlerine dahil edilmesi tartışılmıştır.

Czajkowski and Jones (1986) uzay teknolojisi alanında birbiri ile ilgili Ar-Ge projelerinin seçim süreci için 0-1 tam sayılı programlama modeli önermişlerdir. Modelin ve çözüm tekniklerinin kullanımını, uzay programlarına ilişkin bir NASA örneği ile göstermişlerdir. Model ile sunulan problemin uygulanabilirliği ve verilerin etkinliği örnek problemde gösterilmiştir.

Costello (1983) Bir devlet laboratuvarında bulunan mevcut kaynakları Ar-Ge projelerine daha sistematik bir şekilde tahsis etmek için bir teknik önermiştir. Ayrıca çalışmada Ar-Ge proje seçim modelleriyle ilgili literatürü incelemiştir. İncelemeler sonucunda literatürde bulunan Ar-Ge proje seçim sürecinin sırasına ilişkin detaylar sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda yaklaşımın geniş bir Ar-Ge laboratuvarında uygulanmasından edinilen deneyimler tartışılmıştır.

Fiksel *et al.* (1983) bu çalışmalarında, nükleer reaktör güvenliği alanındaki Ar-Ge projelerinin seçiminde değer-etki anlayışının uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme kapsamında kalıntı ısı giderme sistemleri ile ilgili dört örnek proje uygulamaya alınmıştır. Uygulama sonucunda geleneksel değer etki analizi yaklaşımının Ar-Ge proje seçimi için yetersiz olduğu tespit edilmiş ve çeşitli iyileştirmeler önerilmiştir.

Cook and Seiford (1982) Ar-Ge proje seçim süreçlerini sıra kesişme yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmanın uygulaması Milli Savunma Bakanlığında yapılmış ve ele alınan sorunun çözümü için sıra kesişme yönteminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Taylor III *et al.* (1982) çalışmalarındaAr-Ge proje seçim sürecinin çok kriterli bir karar verme sorunu olarak görülmesinin gerekliliğini ele almışlardır. Geçmişte yapılan bazı

çalışmalarda Doğrusal 0-1 Hedef Programlaması, birden çok hedefi kapsadığından dolayı proje seçim modeli olarak kullanılmıştır. Kullanılan modellerde, kaynak kullanımı ile proje sonuçları arasındaki ilişkiler, gerçekte çoğu zaman doğrusal olmadıkları halde doğrusal olarak ifade edilmiştir. Bu nedele çalışmada doğrusal olmayan tam sayılı hedef programlama ile Ar-Ge proje seçimi ve işgücü tahsisini incelemişlerdir.

Aaker ve Tyebjee (1978) bağımsız Ar-Ge projelerinin seçimi için bir model önermişlerdir. Modelde proje kaynak kullanımı, teknik proje bağımlılığı ve toplamsal fayda olmak üzere üç proje ilişkisini dikkate almışlardır. Ayrıca, organizasyondaki çeşitli kişilerin bilgi ve düşüncelerini Ar-Ge planlama sürecine aktarmalarına yardımcı olacak bir girdi yapısı sağlamışlardır.

Baker (1974) Ar-Ge proje seçimi ile ilgili literatür incelemiş ve değerlendirmelerde bulunmuştur. Bu kapsamda çalışmada literatürde mevcut çalışmalarda var olan kriterler belirlenmiştir.

Moore and Baaker (1974) Ar-Ge proje seçiminde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere çok kriterli puanlama modeli önermişlerdir. Çalışmada bugüne kadar, Ar-Ge literatüründe mevcut olan proje puanlama modelleri, proje seçiminde kullanılan matematiksel programlama modelleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda standart puanlama model formülasyonlarında mevcut olan bazı eksiklikler tanımlanmış ve bu eksiklikleri gidermek için hem nitel hem de nicel faktörleri birleştiren yeni bir puanlama modeli oluşturmuşlardır.

2.2. UTA Yöntemi İle Yapılan Çalışmalar

Bu kısımda literatürde UTA yönteminin kullanıldığı çalışmalar ele alınmıştır. Bu çalışmalara ilişkin bilgiler aşağıda Çizelge 2.1'de özet olarak sunulmuştur.

Çizelge 2.1. UTA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar.

Chhipi-Shrestha *et al.*	2018	Su-enerji-karbon bağlantısına dayalı yerleşim yeri yoğunluğunun en iyilenmesi ele alınmıştır.
Stavrou *et al.*	2018	Gemiden-Gemiye Transfer Operasyonlarında Risklerin Değerlendirmesi Stokastik UTA yöntemi ile çözülmüştür.
Inuiguchi *et al.*	2018	Sıralı regresyon için UTA yönteminin bir uzantısı olacak şekilde bulanık bölümlenmiş aralıklı fonksiyon modeli önerilmiştir. Önerilen modelin, verilen tercih bilgileri altında doğrusal bir programlama modeli ile çözülebileceği gösterilmiştir.
Matsatsinis *et al.*	2018	UTA yöntemi ile ilgili yeni bir bakış açısı getirilen çalışmada, hem karar modelinin hem de ortaya çıkan sonuçların sağlamlık kontrolü ile ilgili en son teorik gelişmeler bir araya getirilmiştir.
Kaynar *et al.*	2018	Karar vericilere elde edilecek faydanın adil ve verimli bir şekilde paylaştırılması için rehber olabilecek şekilde UTA ve dışbükey koni yöntemleri temel alınarak geliştirilen bir karar destek sistemi önermişlerdir.
Morano *et al.*	2018	İtalyan emlak piyasasında meskûn mahalde bulunan konut özelliklerinin toplu olarak değerlendirilmesinin yapılabilmesi için genetik algoritma tabanlı evrimsel çok terimli regresyon ve UTA yöntemi kullanılmıştır.
Minnetti *et al.*	2017	Model seçim problemini küresel fayda değerlerinin karşılaştırması ile modellerin en iyiden en kötüye doğru sıralamasını ele almışlardır.
Işık *et al.*	2016	Danışman firma seçimi problemi örnek olay incelemesi olarak ele alınmıştır.
Siskos *et al.*	2005, 2016	UTA Yönteminin örnek çözümler ile beraber ayrıntılı şekilde anlatıldığı kitap bölümlerini içermektedir.
Karande P. *et al.*	2015	Tedarikçi seçim problemi çözümü için ağırlıklı UTA yönteminin uygulanması ele alınmıştır.
Luo *et al.*	2014	Tutarsızlık koşulu altında UTA yöntemine dayalı stok sıralama ve seçim stratejisi üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada yöntemin performansını iyileştirmek için Rastgele Seçim ve Kademeli Seçim algoritmaları kullanılmıştır.
Gruca *et al.*	2013	Genler için RuleGo kural değerlendirme yöntemi ile standart sıralamada elde edilen sonuçlar ile UTA yöntemi kullanılarak uzman derecelendirmesiyle ilişkilendirilerek elde edilen kural sıralamasının karşılaştırılması yapılmıştır.
Van *et al.*	2013	Doğrusal/dışbükey çoklu amaç programlama probleminde UTA fonksiyonlarını küresel olarak en iyilemek için dal sınır yöntemi içeren bir algoritma önermişlerdir.
Narayan *et al.*	2013	Çalışmada, düşük rakımda çalışan insansız hava araçları için bağımsız yörünge planlamasına insan- uzman algısının dâhil edilmesi için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. UTA yöntemi toplanan uzman karar verilerinin değer fonksiyonlarına ve buna karşılık gelen kriter ağırlıklarına dönüştürülmesi için kullanılmıştır.
Demesouka *et al.*	2013	Atık su arıtımında doğal sistemlerin uygulanması için uygun konumların belirlenmesinde metodolojik çerçevenin dikkate alındığı çalışmada, toplamsal faydayı kullanarak alternatifleri sıralamayı amaçlayan UTA yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olan UTAII' yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 2.1. (devam)

Spyridakos *et al.*	2012	RACES sistemi kullanılarak ayrıştırma-toplama yaklaşımı ile ortak karar verme modelleri için bireysel tercih modellerinin birleştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle sıralamanın olası tahmininin yapılması ve bu sıralamanın UTA yöntemi ile değerlendirmelerinin bir araya getirilmesiyle toplu tercih katma değer modelinin değerlendirilmesi sağlanmıştır.
Grigoroudis *et al.*	2012	Çalışmada temel amaç bir sağlık kuruluşunda görev yapanlar için değerlendirme sistemi geliştirmektir. Çalışma UTA yöntemi ile organizasyonun stratejisini ve yönetimin tercihlerini göz önünde bulunduran çok kriterli analizlere dayanmakta ve farklı iş profillerinin karmaşıklığını dikkate almaktadır.
Gruca *et al.*	2012	Çalışmada UTA yöntemi ile elde edilen kural sıralaması, RuleGo algoritması ile birleştirilerek genlerin kural tabanlı fonksiyonel tanımlamaları yapılmıştır.
Athawale *et al.*	2011	Çalışmalarında faydalı temelli UTA yöntemini kullanarak iki tip malzeme seçimi problemini ele almışlardır. UTA yönteminin sıralama performansını, daha önce kullanılan diğer ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırmışlar ve UTA yönteminin performansının daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.
Bous *et al.*	2010	Bu çalışmada çok yüzlü bir şeklin analitik merkezinin hesaplanmasına dayanan, tercihlerin bütünsel değerlendirmeleri ile uyumlu ilave değer fonksiyonlarının seçimi için yeni bir yaklaşım olarak ACUTA adı verilen yeni meta-UTA yöntemi geliştirilmiştir.
Gomes *et al.*	2009	Gayrimenkul değerlemesinde kullanılan kriterlerin fayda fonksiyonlarını belirlemek için UTA yöntemini kullanmışlardır.
Farah *et al.*	2009	Kişiselleştirilmiş Bilgi Erişimi için Sıralı Regresyon Tabanlı Modelin oluşturulmasında UTA yöntemi ele alınmıştır.
Wang *et al.*	2006	Referans seti ile çözülecek bir çok kriterli karar verme problemi için, kriterlerin ağırlıklarıyla ilgili bilgilerin ve kriter değerlerinin belirsiz olduğu durum için UTA yöntemini önermişlerdir.
Walter *et al.*	2005	Programcıların en zorlu kokuları sıralamasını sağlayan, incelenen kokunun yoğunluğunu yansıtan UTA yöntemine dayalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir.
Angilella *et al.*	2004	UTA yönteminin temelini oluşturan toplamsal fayda yerine bulanık integral (Choquet Integral) çerçevesinde toplamsal olmayan fayda fonksiyonu için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir.
Beuthe *et al.*	2001	UTA yönteminin değişik versiyonlarının gözden geçirildiği ve iki veri setindeki tahmin performanslarının sistematik olarak karşılaştırıldığı bir çalışma yapmışlardır.
González-Araya *et al.*	2001	Çalışmada, Rio de Janeiro Federal Üniversitesi Personel Değerlendirme Komisyonu tercih yapısının oluşturulmasında kullanılacak değerlendirme kriterleri ele alınmış ve bu kriterlerden faydalı fonksiyonlar oluşturmak için UTA yöntemi uygulanmıştır.
Duckstein *et al.*	1994	Yeraltı suyu yönetimi alternatiflerinin değerlendirilmesi aşamasında UTA yöntemini kullanmışlardır.
Stewart *et al.*	1987	Çok kriterli karar vermede alternatif sayının azaltılması ve elde edilen faydayı tahmin etmek için UTA yöntemi iki sayısal örnek ile ele alınmıştır.
Jacquet-Lagreze *et al.*	1982	Çok sayıdaki kriterin karma şeklinde bir araya getirilerek yardımcı fayda işlevlerinin değerlendirilmesi yapılmış, açıklayıcı bir örnek ile de gösterimi yapılmıştır.

2.3. UTASTAR Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Bu kısımda literatürde UTASTAR yönteminin kullanıldığı çalışmalar ele alınmıştır. Bu çalışmalara ilişkin bilgiler aşağıda ki Çizelge 2.2'de özet olarak sunulmuştur.

Çizelge 2.2. UTASTAR yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar

Demesouka *et al.*	2019	Çalışmada arazi kullanımının uygunluk analizini yapmak için tarama tabanlı bir karar destek sistemi olan mekansal UTASTAR yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem, Kuzeydoğu Yunanistan'daki belediye katı atık depolama alanlarında arazi kullanımının uygunluk analizinde uygulanmıştır. Ayrıca çalışmada, alternatiflerin en iyi sıralamaya ulaşma sıklığını belirtmek için de Stokastik Çok Amaçlı Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA) kullanılmıştır.
Makui et al	2019	Yatırımcılar için uygun hisse senedi seçimini ele almışlardır. Çalışmada UTASTAR yöntemi uygulanmış marijinal değer fonksiyonu risk, getiri ve likidite kriterleri dikkate alınarak belirlenmiş ve toplam fayda fonksiyonu hesaplanmıştır. Kullanılan UTASTAR yöntemi yatırımcının fikrine uygun rasyonel bir karar alma, sıralama, önceliklendirme, seçim veya sınıflandırma yapma imkânı sağlamıştır. Çalışma İran Menkul Kıymetler Borsası'ndan bir örneğe uygulanmıştır.
Thesari *et al.*	2019	Yerel yönetimler için kamu bütçe dağılımının optimal hale getirilmesini sağlayan bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada her bir yerel yönetimin önemine ilişkin ağırlıklar UTASTAR yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda doğrusal programlama ve kanun şartnameleri dikkate alınarak kamu bütçesi dağılımı için optimize edilmiş bir formulasyon elde edilmiştir.
Grigoroudis	2017	Çalışmada başarılı bir çevre yönetim sisteminin değerlendirilmesi ve belgelenmesi için önemli bir araç olan çevresel performans değerlendirme metodolojisini bulanık UTASTAR yöntemi ile ele alınmıştır.
Papapostolou *et al.*	2017	Çalışmada, AB ve Batı Balkan bölgesi arasında bir İşbirliği Mekanizması tarafından teşvik edilen Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretimi kapsamında elektrik projelerinin uygulanmasındaki potansiyel fırsat ve risklerin çok kriterli değerlendirilmesi için metodolojik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Değerlendirmede temeli üç kısım olan yatırım çerçevesi, sosyal çerçeve ve enerji güvenliğini kapsayan dokuz değerlendirme kriteri belirlemişlerdir. Çalışmanın sonunda, yedi Batı Balkan ülkesi, sıralı regresyon ve tercih ayrıştırmasına dayanan çok kriterli bir fayda değer modeli olan UTASTAR yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş, sıralanmış ve sunulan sonuçlar tartışılmıştır.

Çizelge 2.2. (devam)

Mastorakis *et al.*	2016	Çalışmada uluslarası bir ilaç firmasının yeni ilaçlara yatırım yapıp yapmama konusunda karar vermesi için UTASTAR yöntemi kullanarak çok kriterli bir değerlendirme sistemi önermişlerdir. Önerilen sistemde mevcut piyasa durumu, sektörün son yıllardaki gelişimi, diğer Avrupa ülkeleriyle karşılaştırılması olmak üzere üç adet değerlendirme kriteri belirlenmiştir. Çalışmanın uygulamasında UTASTAR yöntemi kullanılarak Yunanistan ilaç pazarında yatırım amaçlı 192 adet ilaç kategorisinin değerlendirilmesi ve sıralaması yapılmıştır.
Papapostolou *et al.*	2016	Yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında elektrik üretim projeleri için ikili işbirliğini desteklemek ve ülkeler bazında riskleri değerlendirmek için yatırım çerçevesi, sosyal koşullar, enerji ve teknolojik durum gibi değerlendirme kriterleri göz önünde bulundurularak çok kriterli bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Daha sonra toplamsal fayda değer modeli oluşturmuşlar ve kriter ağırlıklarını belirlemek için UTA ve UTASTAR yöntemlerini kullanmışlardır. Elde edilen alternatiflerin sıralaması için ise tutarlılık analizi yapmış ve önerilen sistemi beş Kuzey Afrika ülkesine uygulamışlardır.
Ghaderi *et al.*	2015	Çalışmada renklerin markalarda nasıl bir rol oynadığını araştırmışlardır. Önerilen yöntem UTASTAR algoritmasından esinlenerek oluşturulmuştur. Ancak orijinal formülasyonun aksine, monoton olmayan değer fonksiyonları aracılığı ile alternatifler temsil edilmiştir. Yöntem, her bir markanın özelliğine göre sıralanmış markaların olduğu veri tabanına uygulanmıştır. Uygulama sonucunda her bir renk bileşeni ile her marka imajı niteliği arasındaki ilişki belirlenmiştir.
Ghaderi *et al.*	2014	Bu çalışmada renk trendleri ve bir rengin popülaritesinin ardındaki mantığı anlama olasılığı araştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, bir rengin global tercihini oluşturan kriter toplama modelini belirlemektir. Bu amaçla monoton olmayan fayda fonksiyonlar aracılığıyla alternatifleri temsil etmesi ile iyi bilinen UTASTAR algoritmasına dayanan yeni bir ayrıştırma yöntemi sunmuşlardır. Sunulan yöntemi uluslararası bir reklam ajansının web sayfasında yayınlanan derecelendirilmiş renklerden oluşan geniş bir veri tabanına uygulamışlardır.
Makui *et al.*	2012	Çalışmada karar vericinin UTASTAR yöntemindeki tercihlerini VZA ortak ağırlık kümesini kullanarak farklı bir şekilde yorumlamışlardır.
Grigoroudis *et al.*	2012	Çalışmada kamu sağlık kuruluşları için kurumsal performans ölçüm sistemi geliştirilmştir. Önerilen yaklaşımda rekabet eksikliği, organizasyonların sosyal karakteri gibi kriterler dikkate alınmıştır. Performans Göstergelerinin marjinal performansını toplamak için UTASTAR yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulamasında kurumsal performans ölçüm sisteminde bulunan finansal, müşteri, iş süreci ve inovasyon-öğrenme gibi temel boyutların her biri için genel puanlar değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar kuruluşun stratejilerini değerlendirmesine ve gözden geçirmesine yardımcı olmuştur.

Çizelge 2.2. (devam)

Patiniotakis *et al.*	2011	Çalışmada Bulanık UTASTAR yöntemi ele alınmıştır. Önerilen yöntemin bulanık fayda fonksiyonları her bir alternatifin bulanık faydasını tahmin etmek için kullanılabilir ve alternatiflerin sıralamalarına, önceliklerine, seçimlerine veya sınıflandırmalarına izin verebilir olduğu sonucu çıkarılmıştır. Yöntem bir karar destek sistemine ve ulaşım alanından bir örneğe uygulanmıştır. Sonuçlar yöntemin ilk adımında yapılan orijinal sıralama ile tutarlı bulunmuştur.
Jacquet-Lagreze *et al.*	2001	Çok kriterli karar verme yöntemlerinde tercih ayrıştırma felsefesi ile global tercih modellerini ele almışlardır. Çalışmada, tercih ayrıştırma yöntemlerinin genel bir görünüşünü sunmuşlar ve son 20 yıldaki uygulamaları özetlemişlerdir.
Doumpos *et al.*	1997	Çalışmalarında Yunanistan'daki ulaştırma firmalarının finansal performansı ve uygulanabilirliği hakkında bir değerlendirme sunmuşlardır. Değerlendirmede, çok kriterli bilgi temelli karar destek sistemi olan FINEVA (FINANcial EVAluation) uygulanmasını kapsayan çok kriterli bir karar destek sistemi kullanmışlardır. FİNEVA karar destek sistemi ile UTASTAR yönteminin entegrasyonu ile firmaların performans ve uygulanabilirliği ile ilgili tahminler sunmuşlardır. Çalışmayı beş yıllık bir dönemde mevcut finansal verileri dikkate alarak değerlendirmiş ve 29 Yunan nakliye firmasından oluşan bir örnekte uygulamışlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. AR-GE projeleri ve problemin tanımı

Ar-Ge projesi temel olarak, bilimsel bilgi dağarcığının artırılması, teknoloji alanında kullanılmasına yönelik yapılan projeler olarak ifade edilmektedir. Ayrıca Ar-Ge projesi mevcut ürün, süreç ya da hizmetin iyileştirilmesi, yeni ürün ve üretim yöntemlerinin geliştirmesi yönünde yapılan faaliyetleri de kapsamaktadır (Tolga 2009).

Belirli bir amaç, kapsam, süre, bütçe dahilinde gerçekleştirmek üzere planlanan Ar-Ge çalışmaları, Ar-Ge projesini ifade eder. Devlet; Kamu destekleri, üniversiteler, Kalkınma ajansları, KOSGEB, Teknokentler gibi Ar-Ge ekosistemi içerisinde bulunan kurum ve kuruluşlar vasıtası ile Ar-Ge projelerinin yapılması konusunda her türlü desteği vermektedir. Bu kurum ve kuruluşlar Ar-Ge projelerine hem tanıtım, hem de proje çalışmalarını sürdürme amacıyla finansal destek vermektedir. Bu nedenle projelerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi ve en iyi faydayı sağlayacak projelerin seçimi önemli bir karar verme problemidir (Macit 2010).

Ar-Ge projelerine destek veren kurumlar için proje seçimi kendini tekrarlayan, karmaşık ve bilgi yoğun bir karar verme sürecidir. Bu süreç, kuruluşların, kısıtlı kaynakları dikkate alarak bilimsel ve teknolojik hedeflere katkı yapacak Ar-Ge projelerini seçmesini gerektirmektedir (Ghasemzadeh 2000).

Ar-Ge projeleri tıp, fen, mühendislik, üretim gibi birçok alanda faaliyet göstermektedir. Bu nedenle kısıtlı kaynakların projelerde en iyi şekilde kullanılması gerekmektedir. Değerlendirmeler yapılırken karar vericilerin hemfikir olması önem arz eder (Yakıcı 2012).

Ar-Ge projesinin performansı, projelerin ait olduğu Ar-Ge programlarının belirlediği özellikler göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, bir projenin çeşitli girdi / çıktı değişkenlerini birleştirmek ve performans karşılaştırması için değişkenlerin nispi önemi belirlenmeli ve sabitleştirilmelidir (Peker 2014).

Ar-Ge projeleri ile geliştirilen yeni ürünler, var olan ürünlerin kalitesini artırmak ve maliyet düşürücü yenilikler yapmak işletmeler açısından rekabet avantajı sağlamak ile birlikte toplumsal açıdan kaynakların etkin ve verimli şekilde kullanılması, yerli teknolojilerin geliştirilmesi, deneyimlerin artırılması gibi amaçlara fayda sağlamaktadır (Peker 2014).

Ar-Ge projeleri bilimsel bilginin teknolojiye dönüştürülmesinde, bilgi dağarcığının artırılmasında ve mevcut bilginin iyileştirilmesinde büyük önem arz eder. Burada amaç katma değer sağlayacak yeni değişikliklerin yapılarak, bilimsel ve teknolojik ilerlemeler elde edebilmektir (Tolga 2011).

Temel olarak Ar-Ge projeleri belirli aşamalardan geçerler. Bu sayede projelerin yönetilmesinde kolaylık sağlanır. Bu aşamaların isimleri kurumlara, sektörlere ve projelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu aşamalar aşağıda gösterilmiştir:

- Aşama Sıfır: Ham Fikirlerin Değerlendirilerek Elenmesi
- Aşama Bir: Kavramsal Araştırma Yapılması
- Aşama İki: Yapılabilirlik
- Aşama Üç: Geliştirme
- Aşama Dört: Erken Ticarileştirme (Tolga 2011).

Aşamaları ayrıntılı olarak açıklarsak:

Aşama Sıfır: Ham fikirlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

İlk aşamada ileriye dönük kullanılabilecek fikirlerin belirlenmesidir. Belirlenen fikirler seçilerek yapılabilecek proje geliştirilir. Fikirler sektör ayırt etmeksizin üniversitelerden, danışmanlardan, akademisyenlerden, vasıfsız işçilerden vb. herkesten gelebilir.

Bu aşamada fikirlerin ticarileşebilir olmasına özen gösterilir. Ticarileşebilecek fikirler ayırt edilir ve projeye dönüştürülür. Her türlü fikri yöneticilere ulaşması/ulaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda yöneticilerin yeni fikirlere açık olduklarını çalışanlarına hissettirmeleri de önemlidir. Yöneticiler her türlü fikri değerlendirmeli ve önemsemelidirler. Çoğu fikir ihtiyaçtan ya da bir bilimsel gelişmeden meydana gelmektedir. Ham fikirler değerlendirilmeli ve ticari potansiyeli araştırılmalıdır. Fikirlerin orijinal olması durumunda patent alınma süreci başlatılmalıdır. Bu süreçler için bir bütçe ayrılmalı ve strateji planlaması yapılmalıdır.

Aşama Bir: Kavramsal araştırma

Ham olarak gelen fikirlerin değerlendirildiği ve kapsadığı alanların belirlendiği aşamadır. Laboratuar koşullarından eldeki fikirlerin nasıl üretileceği, nelerin ortaya koyulacağı bu aşamada yapılır. İlerleyen zamanlarda zarar etmemek adına fikirde eksiklik var mı yok mu bu aşamada incelenir. Bu aşamanın başlangıçtaki hedef piyasası nedir? Fikrin ticarileşmesi kim tarafından gerçekleştirilecek? Projemizde bizi rakiplerimizden ayıran özellikler nelerdir? Projemizin teknik olarak üstünlükleri nelerdir? Bundan sonra geliştirilecek olan teknolojilere nasıl bir katkısı olacak? Gibi sorulara yanıt vermesi gerekir.

Bu aşamada kurum açısından fayda sağlayacak projeler ile risk oluşturabilecek projeler arasında denge kurmaya çalışılmalıdır. Kurumların Ar-Ge birimleri her zaman fayda sağlayan projeleri seçerler. Fakat araştırmacılarda bu durum farklı bir şekilde devam eder. Araştırmacılar önceki zamanlarda denenmiş ama birçok nedenden başarı elde edilememiş benzer özellikli projeler ile ilgili literatürü gözden geçirirler ve uzmanlardan konu ile alakalı fikir alışverişinde bulunurlar. Bu faaliyetlerin devam etmesinde zamana ihtiyaç vardır. Ayrıca projenin gerçekleştirilmesi için gerekli olan malzeme, teçhizat ve

olanakların temin edilmesi için de zamana ihtiyaç vardır. Önceden iyi bir deneysel tasarımın yapılması hem laboratuvar masraflarını azaltır hem de sonuçların hızlı elde edilmesini sağlar.

Projenin güveninin ve değerinin artmasındaki en önemli adım süreçlerin planlandığı gibi gitmesidir. Projenin sorunsuz ilerlemesi durumunda daha çok kaynak aktarımı yapılır. Aşamaların her birinin başarısı projenin değerini artırır. Bu aşamalarda araştırmacılar birçok sorun ile karşılaşabilirler. Bu sorunların çözümlere kavuşması için zaman ve emeğe ihtiyaç vardır. Proje için sarf edilen emekler projenin rakiplerine karşı değerini ve üstünlüğünü artırır. Bundan sonraki aşama için planlamalar ve temel süreçler bu aşamada belirtilir.

Aşama İki: Yapılabilirlik

Bu aşamanın temelini ise ortaya çıkan sorunların çözümü, maliyet ve performans verileri oluşturmaktadır.

Bu verilerin oluşturulması için deneme amaçlı bir hedef piyasası oluşturulması gerekir. Birçok proje çıktısına sahip olan projelerde ilk önemli adım piyasa için önder konumda olan çıktıyı pazara çıkarmak, diğerlerini ise yavaş yavaş pazar ile tanıştırmaktır.

Öngörülen çalışma planı içinde yapılması gereken işler ve bu işlerin bitiş sürelerinin çalışanlar tarafından biliniyor olması gerekmektedir. Bu durum oluşabilecek önemli sorunların önceden belirlenerek bunlara uygun çözümler üretilmesine imkan sağlar. Bu sayede oluşacak riskten önemli ölçüde kurtulmuş olunur. Bu süreçlere ek olarak dahil olabilecek durumlar arasında pazarlama da vardır.

Proje bu aşamayı geçtikten sonra diğer bir aşama olan geliştirme aşamasına alınır ve yönetim projeye tümüyle destek vermeye başlar. Ancak bu aşamaya geçmeden önce dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Bunlar fikri sinai mülkiyet hakları (patent) ve

proje ile ilgili mevzuat engelleridir. Geliştirme aşamasına geçilmeden önce bu engeller ortadan kaldırılmalıdır.

Teknik sorunların ortaya konulduğu yapılabilirlik aşamasında, öncülük edecek ürünün tespiti için piyasa ihtiyaçlarının, ürün fiyatının ve özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Belirlenmeyen özellikler için krtirk testler geliştirilerek, üretim açısından yeni kavramsal süreçler önerilmelidir.

Aşama Üç: Geliştirme

Bu aşamada ürünün üretilebilmesi için gerekli olan süreçler belirlenir. Bunların arasında teknik özellikler, şartnameler ve üretim aşamaları vardır. Ürünün üretilebilmesi için gerekli olan şartnameler diğer teknik, bilimsel şartnamelerden daha kapsamlıdır. Bu aşama paketleme, hukuksal süreçler, lojistik, çevre duyarlılığı gibi birçok alanı kapsamaktadır. Yakın tarihlerde pazara teşhir olarak çıkacak teknolojinin önemli iki belirleyicisi vardır. İlk belirleyici ürün teknolojisinin tamamlanarak firma içerisinde teşhir olarak çıkmasıdır. Bu zaman zarfında firma tarafından gelecek eleştiri ve öneriler dikkate alınır. İkincisi ise örnek olabilecek bir üretim tesisi kurularak üründe ne gibi aksaklıklar var ise ortaya çıkarılmasıdır. Daha sonra ise pahalı test programları uygulanarak test sürecinden geçirilir. Bu aşama pahalı bir aşamadır.

Aşama Dört: Erken ticarileştirme

Bu aşamada iki önemli görev mevcuttur:

- Piyasada öncü olmak.
- Uzun süreli meydana gelen tasarım, kalite ve üretim sorunlarını çözmek.

Ancak bazı durumlarda bu iki görev yapılmayabilir. Ürünün sunulmasının kritik ve acele edilmesi gerekli olduğu durumlarda bu aşama geçilebilir. Bu aşamada müşteriler

endüstriyel ürünleri alabilirler ancak teslim tarihi, ürünün son özellikleri ve kalitesi hakkında herhangi bir bilgiye sahip olamayabilirler. Bu durum tüketim ürünlerinde olduğunda ise yerel veya bölgesel pazara test amaçlı girildiyse bu aşamada olduğu anlaşılır. Kısa zaman alan bu sürecin hemen ardından ürün pazara çıkar. Ancak üretim kapasitesinin yeterli olmadığı bazı özel durumlarda yeni ürünün pazara çıkması bir süre ertelenebilir. Genel olarak finansal destekçiler için projede erken ticarileşme tehlikeli ve risk arz eden bir aşamadır. Bu aşamada karşılaşılan sıkıntılar çoğunlukla tahmin edilebilir. Sıkıntıların tahmin edilememe durumunda ürün tanıtımı bir süre ertelenmelidir. Ürünün pazara erken girmesi veya ticarileşme sürecinden ayrılması Ar-Ge ekibinin başarısı konusunda turnusol kağıdı görevi görür. Son aşamayı Ar-Ge aşaması olarak görmemelerinin aksine Ar-Ge kaynak kullanımına bakıldığında bu aşamada kullanılması gerektiği açıkça gösterilmektedir (Tolga 2009).

3.1.2. Problemin tanımı

Ar-Ge projeleri seçim problemi; çoklu karar verici gruplardan, aşamalardan, çok sayıda ve çoğunlukla birbiriyle çelişen amaçlardan oluşan, projenin ileride elde edeceği başarı ve katkısını tahmin etmenin yüksek risk ve belirsizliğinden oluşan kritik bir sorundur (Ghasemzadeh 2000). Buna ek olarak, kararlar her zaman farklı geçmişleri ve görüşleri olan bir grup karar verici tarafından yapılır. Karar vericilerin proje seçimlerini kolaylaştırmak adına değerlendirme kriterleri belirlenmektedir. Belirlenen seçim kriterleri arasında dengeyi göz önüne alarak karar vermek karar verici açısından oldukça zordur ve uzun zaman almaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge projelerinin seçimini destekleyen bir yöntem hem karar vermenin öznelliğini azaltarak adil bir değerlendirme yapmalı, hem de değerlendirme için zaman gereksinimini de azaltmalıdır (Karasakal 2017).

Roy (1996), karar problemlerinde ÇKKV yöntem seçiminin çözüm aşamasında önemli bir unsur olduğunu belirtmiştir. Operasyonel yaklaşımı tanımlarken, karar verme sürecindeki dört aşamada da yöntem seçim problemine dikkat edilir. Ayrıca seçilen yöntemin ilgili probleme iyi bir çözüm elde etmesi için karar vericinin uygun bir şekilde uygulaması gerekir (Wątróbski 2019).

ÇKKV‘de kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri bulunmaktadır. Çalışmada problemin tanımlanması ile karar vericinin en önemli kararlarından bir tanesi çözüm yapacağı zaman hangi yöntemin uygun yöntem olduğunu belirlemesidir. Karar verici probleme uygun yöntem belirlerken problem yapısına ve özelliklerine göre yöntem belirlemelidir (Ersöz 2010).

Bu kapsamda çalışmada, Ar-Ge projelerinin değerlendirilerek en iyiden en kötüye doğru sıralandığı ve en iyi projelerin ödüllendirildiği bir proje yarışmasına farklı sektörlerden gelen proje başvurularının değerlendirilmesi ele alınmıştır. Başvurusu yapılan projelerin karar vericiler tarafından değerlendirilerek projelerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmasında ÇKKV yöntemlerinden UTA ve UTASTAR yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada karar vericilerin Ar-Ge Projelerini değerlendirilebilmesi için nitel ve nicel olmak üzere 7 adet değerlendirme kriteri ATA Teknokent Teknoloji Transfer Ofisinde çalışan ve 5 kişiden oluşan uzman grup tarafından belirlenmiştir.

3.1.3. Çok kriterli karar verme

Karar verme, belirlenmiş seçenekler arasından hedef ve amaçları gerçekleştirmek adına en uygun olan alternatifi seçmektir. Başka bir ifadeyle karar vericinin alternatifler arasından değerlendirme, sıralama ve seçim yaparak karşısına çıkan soruna çözüm bulma sürecidir. Bu süreçte kısıtlı rasyonellikten bahsedilir. Burada kısıtlılık ile anlatılmak istenen karar vericinin ulaşabileceği maksimum bilgi ile karar vermesidir. Çünkü bilindiği üzere gelecek ile ilgili hiçbir zaman tam bilgi elde etmemiz mümkün değildir. Bu süreç karar verilecek olan problemin belirlenmesinden, çözülmesine kadar geçen süreçtir (Cengiz 2012).

Karar verme sürecinde birçok teknik verilere ve bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar arasında karar verilecek olan problem hakkında bilgiler, karar verirken etkilenecek olan kişiler, amaçlar, sonuçların etkilenmesine neden olan faktörler, karar verilirken seçilecek olan alternatifler ve kısıtlamalardır (Saaty 1994).

Karar verme, karşılaşılan bir problem veya durumun çözümü için karar vericinin farklı alternatifler arasından çözüm olabilecek alternatifi seçme sürecidir. Bu süreç göz önüne alındığında karar vermenin belirli özellikleri ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki karar vermenin geleceğe yönelik olmasıdır. Karar verilirken sorumluluk karar vericinindir. Diğer bir özellik ise bu sürecin maliyetli oluşudur (Erdin 2018).

Karar verme en sade şekilde tanımlanacak olur ise bir yönetici birey ya da topluluk tarafından alternatifler arasından bir tanesinin seçilmesidir. Yönetimsel bir karar olduğu için karar verme süreci yönetsel bir işlevdir. Başka bir tanıma göre karar verme bir hizmetin tanımının yapılması, nasıl yapılacağının ve kimler tarafından kullanılacağının belirlenmesi faaliyetleridir. Karar verme kavramı kamu yönetimi sözlüğünde ise şöyle tanımlanmaktadır; belirlenen amaçların gerçekleştirilmesi için birçok davranış veya eylem biçimi içinden birinin bilinçli olarak seçilmesidir (Altunok 2003).

Karar verme kavramı yönetsel özelliklerdeki bir sorunun giderilmesi ya da bir amacın gerçekleştirilmesi için belirlenen ilgili kriterler doğrultusunda alternatifler arasından bilinçli olarak seçilmesi süreci ya da işlemi olarak tanımlanmaktadır. Karar verme kavramı birtakım unsurlardan oluşmaktadır. Bu unsurlardan ilki çözülmesi gereken yönetsel bir sorunun olması ya da gerçekleştirilmesi istenen bir amacın olmasıdır. Diğer bir unsur ise alternatifler arasından karar verecek olan bir kişi ya da birimin olmasıdır. Burada karar verecek olanlar bir kurul, yetkili bir görevli ya da bir komisyon olabilir. Yukarıda bahsedilen tanımdan da anlaşılacağı üzere üçüncü unsur ise tercihdir. Karar vericilerin amaçlarına ulaşırken veya sorunların giderilmesinde en uygun olabilecek seçeneğin tercih edilmesidir (Altunok 2003).

Günlük yaşamımızda karşılaşılan karar verme problemleri genellikle birbiriyle çelişen birçok karmaşık kriterden oluşmaktadır. Kriter sayısının artması karar verme işlemlerini artırmakta ve karar vermeyi güçleştirmektedir. Bu durumun kolaylaştırılması için 1960'lı yıllarda ÇKKV yöntemlerinin geliştirilmesi gerekli görülmüştür. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, ilk başlar da Yöneylem Araştırması ve Karar Teorisinde kullanılmış, ayrıca ilerleyen dönemlerde ise mali ve iktisat alanlarında da bu yöntemlerden

faydalanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinde karar verici nitel ve nicel alternatifler arasından en az iki kriter belirleyerek seçim yapar. Çok kriterli karar verme belirlenen kriterlere göre model oluşturur ve analiz eder. Oluşturulan model belirlenen çoklu ve çoğu zaman çakışan kriterlerin belirlenen alternatifleri değerlendirilmesi ve karar vermesi temeline dayanır. (Cengiz 2012).

Çok kriterli karar verme süreci aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Açık bir şekilde çok kriterli problemin ve amaçların tanımlanması.
2. Alternatiflerin tanımlanması.
3. Alternatiflerin değerlendirilebilmesi için kriterlerin belirlenmesi.
4. Belirlenen kriterler doğrultusunda alternatiflerin değerlendirilmesi.
5. Değerlendirilen alternatiflerin arasından karar verilmesi.
6. Nitel ve Nicel kriter ağırlıklarının belirlenmesi.
7. Alternatiflerin sıralanarak, sonuçların tartışılması.
8. ÇKKV sonuçlarının karar verici ve çıkar grupları girdileriyle elde edilmesi (Öztel 2016).

Kararların birçoğunda birden çok kantitatif ve kalitatif kriter ve amaçlar olabilmektedir. Bu durumlarda birbirleri ile çelişkili olan kriterler göz önüne alındığında karar verme işlemi ÇKKV yöntemi olarak ifade edilmektedir. Karar vericinin kriterlerin çelişkili olduğu zaman en iyi alternatifi seçmesi oldukça zordur. Çelişkili kriterler arasında uzlaşma sağlamak ve böylece doğru sonuçlara varabilmek için çelişkili kriterlerin ele alınmasını sağlayan yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Karmaşık olan karar verme problemlerinde seçeneklerin aralarında ölçülemeyen ve karşılaştırılamayan durumlar olabilmektedir. Böyle durumlarda ÇKKVY karar vericiye en iyi alternatifi seçmesi için yardımcı olmaktadır. Bu yöntemler yukarıda bahsedilen alternatiflerin ölçülemeyen ve karşılaştırılamayan durumları ortadan kaldırmak amacıyla ek yaklaşımlar sunmaktadır. Alternatiflerin kriterler bazında birbirlerine göre üstünlük sağlamaları gülük yaşantımızda genelde karşılaşılan bir problemdir (Akıllı 2018).

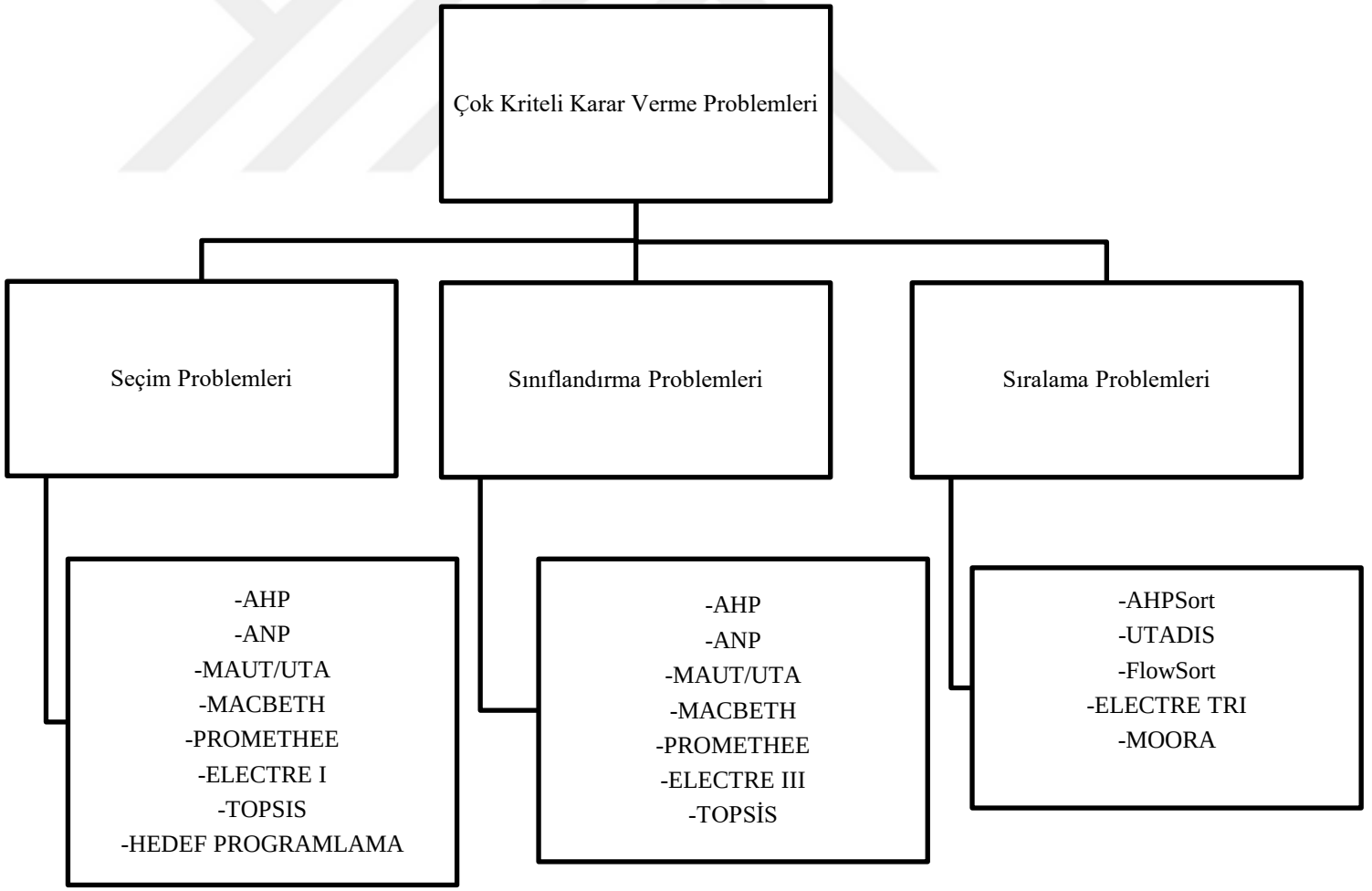
Bu problemin çözümü için ÇKKVY karar vericiye birçok yöntem sunmaktadır. Bu yöntemler birçok ve birlikte uygulamaya alınan kriterler dikkate alınarak alternatifler arasından en iyi seçimin yapılmasını sağlayan bir araç olmaktadır. ÇKKV yöntemlerinin asıl amaçları arasında karar vericilerin karar verirken kendilerini güvende hissetmeleri ve doğru karar alabilmeleri için bilgilerin düzenlenmesi ve analiz edilmesi bulunmaktadır. Karar vericinin tüm faktör ve kriterleri dikkate alarak karar vermesini sağlayarak, verdiği karardan memnun olması ve pişmanlığının azaltılması sağlanmaktadır (Akıllı 2018).

3.1.3.a. Çok kriterli karar verme problemleri

Çok yaygın kullanıma sahip olan ÇKKV problemleri disiplin olarak yakın bir geçmişe sahiptir. Bu disiplinin gelişmesi, bilgisayar teknolojisiyle de ilişkilidir. Bunun nedeni günümüz teknolojisinin gelişmesi ile birlikte karmaşık ÇKKV problemlerinin çözümünü yaparken sistematik analizlerinin yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bilgisayar teknolojisinin yaygın kullanımı ÇKKV problemlerinin sistematik analizlerinin yapılmasını sağlamakla birlikte işletmeler açısından karar vermeyi desteklemede ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasını da daha önemli hale getiren bilginin üretilmesini sağlamıştır.

ÇKKV yöntemlerinin bazılarında çok az bilgiye ihtiyaç duyan matematiksel programlamalardan faydalanılırken bazılarında ise karar vericilerin kararını verebilmesi için her bir özellik hakkında detaylı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇKKV problemlerinin ortak özellikleri arasında alternatiflerin değerlendirilebilir, seçilebilir ya da sıralanabilir olması vardır. Şekil 3.1 çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan yöntemler gösterilmiştir. Bir diğer ortak özellik ise problemin özelliğine göre kriterlerinin olması ve bu kriterlerin ölçülebilmesi için birim setlerinin oluşturulmasıdır. Diğer bir ortak özellikleri ise kriterlerin her birinin öneminin analiz edilmesi için matris formatının oluşturulması ve karşılaştırılmasıdır.



Şekil 3.1. Çok kriterli karar verme problemleri (Soba 2016)

3.1.3.b. Çok kriterli karar verme süreci

ÇKKVY amaçların karmaşık olarak nitelendirildiği karar verme problemlerini çözüme ulaştırması için geliştirilmiştir. Bu doğrultuda belirsizlikleri, riskleri ve karmaşık olan değer problemlerini, uzun vadeli zaman dilimlerini de dikkate alabilir. Bilindiği üzere ÇKKV süreçleri ilk olarak problemin çözümüne yönelik hedefleri tanımlanması ile başlar, sonrasında amaçları/nitelikleri dikkate alan kriterlerin belirlenmesi ile devam eder. Daha sonra ise alternatifler belirlenir, nitel olan kriter ölçekleri ölçülebilir bir duruma getirilir. Son olarak kriterlerin ağırlıkları belirlenir ve alternatiflerin en iyiden kötüye sıralanmasını sağlamak için matematiksel bir algoritma seçilerek uygulamaya geçilir. Süreç alternatifler arasından birinin seçilmesi ile sonlandırılır.

ÇKKV sürecinin temel adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Problem çözümüne yönelik hedeflerle bağlantılı olan sisteme özgü değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi,
2. Seçim yapılabilmesi için alternatiflerin belirlenmesi.
3. Alternatiflerin kriterler dikkate alınarak değerlendirilmesi
4. Normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması
5. Alternatiflerden birinin uygun olarak seçilmesi
6. Bu çözümün kabul edilmemesi halinde yeni verilerin toplanması ve çok kriterli çözümün tekrarlanması

3.1.3.c. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması

ÇKKV yöntemlerinin karakteristik özelliklerine aşağıda değinilmiştir:

Alternatifler: Birçok alternatif arasından sınırlı sayıdaki alternatif seçilir, öncelikli olanlar alınır, seçilir ya da sıralanır.

Çok kriterlilik: Problemlerin kendilerine ait birçok kriteri vardır. Problemlere uygun kriterler belirlenir. Problemde belirlenecek kriter sayısı problemin yapısına göre değişir. Belirlenen birçok kriter arasından karar verici önemli olan kriter setini belirler.

Aynı birimlerin ölçülmesi: Her kriter farklı ölçüm birimlerine sahiptir.

Kriter ağırlıkları: Hemen hemen tüm ÇKKV yöntemleri her bir kriterin gözle görünür önemini bulabilmek amacıyla bu bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Kriter ağırlıkları dolaysız olarak karar verici tarafından belirlenebilir ya da farklı yöntemler aracılığıyla da belirlenebilir.

Karar matrisi: ÇKKV karar matrisi problemleri kolay bir matris şeklinde tanımlanabilir.

3.1.3.d. Çok kriterli karar verme yöntemi seçimi

Günümüzde geliştirilen birçok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Birbirilerine göre üstün özellikleri bulunan bu yöntemlerin hangi problemlerde kullanılmasının uygun olacağı kararı karar verici için zor bir süreçtir. Bu süreçte karar verirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. ÇKKV yöntemlerinde problemlerin çözülmesi için istenilen hedefler ve amaçların tanımlanması gerekmektedir.
2. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi sırasında hedefler doğrultusunda yöntemin sağladığı faydaların amaçlar ile alakalı olmasına dikkat edilmelidir.
3. Problemin modellenmesi için mevcut ÇKKV yöntemlerinin belirlenerek listelenmesi gerekmektedir.
4. Belirlenen değerlendirme kriterlerine göre çok kriterli bir problem modelinin kurulması ve çözülmesi için herhangi bir ÇKKV yönteminin performans seviyeleri ve yöntemin sağladığı faydalar belirlenmelidir.
5. İçinde alternatif yöntemlerin olanaklarının listelendiği değerlendirme matrisi yapılmalıdır.

6. Oluşturulan matriste bulunan yöntemlerin özellikleri incelenerek en uygun yöntemin uygulanmasına karar verilir.
7. Karar verilen ÇKKV yöntemi uygulamaya alınır
8. Uygulamaya alınan yöntem sonucu karar verilen seçimin genel hedef doğrultusunda olduğu ve gerekliliklerini gerçekleştirdiği doğrulanır.
9. Karar tüm karar vericiler tarafından kabul edilir (Akıllı 2018).

Karar verici için çok kriterli karar verme problemlerinde amaç ölçülü ve optimal karar vermektir. ÇKKV yöntemlerin amacı belirlenen kriterler arasında ayrıca kriterler içinde karşılaştırmalar yaparak son kararın verilmesidir. Kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmasındaki amaç kriterlerin önem sırasını oluşturmaktır. Diğer bir kıyaslama ise kriter için uygun alternatifin bulunmasını sağlamaktır. Karşılaştırmaların sonunda en uygun alternatif seçilerek karar verilmektedir (Yurttakalan 2018).

Karar problemlerinde çözüm için oluşturulan model ne kadar gerçekçi olursa çıkan sonuçlar o kadar güvenilir olur. Model kurulurken nicel etkenlerin yanında nitel etkenlerinde dikkate alınması sonuçların daha çok gerçeği yansıtmasını sağlayacaktır. Karar vericiler için alternatifler arasından en iyi alternatifi seçmek zor bir süreçtir. Alternatifler arasından seçim yapılırken bazen değişik amaçları gerçekleştiren alternatiflerin bazen de birbiri ile çelişen alternatiflerin bir arada olması durumları ile karşılaşılmaktadır. Bu gibi durumlarda karar verici en iyi alternatifi bulmak zorundadır. Bu problemler ile karşılaşan karar vericiler ÇKKV yöntemlerini uygulamaktadırlar. ÇKKV yöntemi birçok alternatifin olduğu bir durumda en iyi olanın seçilmesidir. ÇKKV kısaca alternatiflerin değerlendirilmesi, sıralanması ve seçimidir. Genel hatlarıyla karar verme problemi alternatiflerin olduğu bir kümeden belirli bir amaç ve kritere göre en uygun alternatifin seçimi olarak tanımlanmaktadır.

3.2. Yöntemler

3.2.1. UTA yöntemi

UTA yöntemi ÇKKV yöntemlerinden biri olan MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) yönteminin genişletilmiş bir halidir. MAUT yöntemi, her karar vericinin bilinçli ya da dolaylı olarak bir fonksiyonun bütün açılarını bir araya getirerek optimize etmeye çalışmasını temel alan bir ana varsayıma dayanmaktadır. Bu durum karar vericinin tercihlerinin U fayda fonksiyonu olarak ifade edilmesi olarak değerlendirilmektedir. Bu işlev, karar sürecinin başında mutlak olarak bilinmemektedir ve bu nedenle karar vericinin öncelikle bu durumu yapılandırması gerekmektedir (Ishizaka 2013).

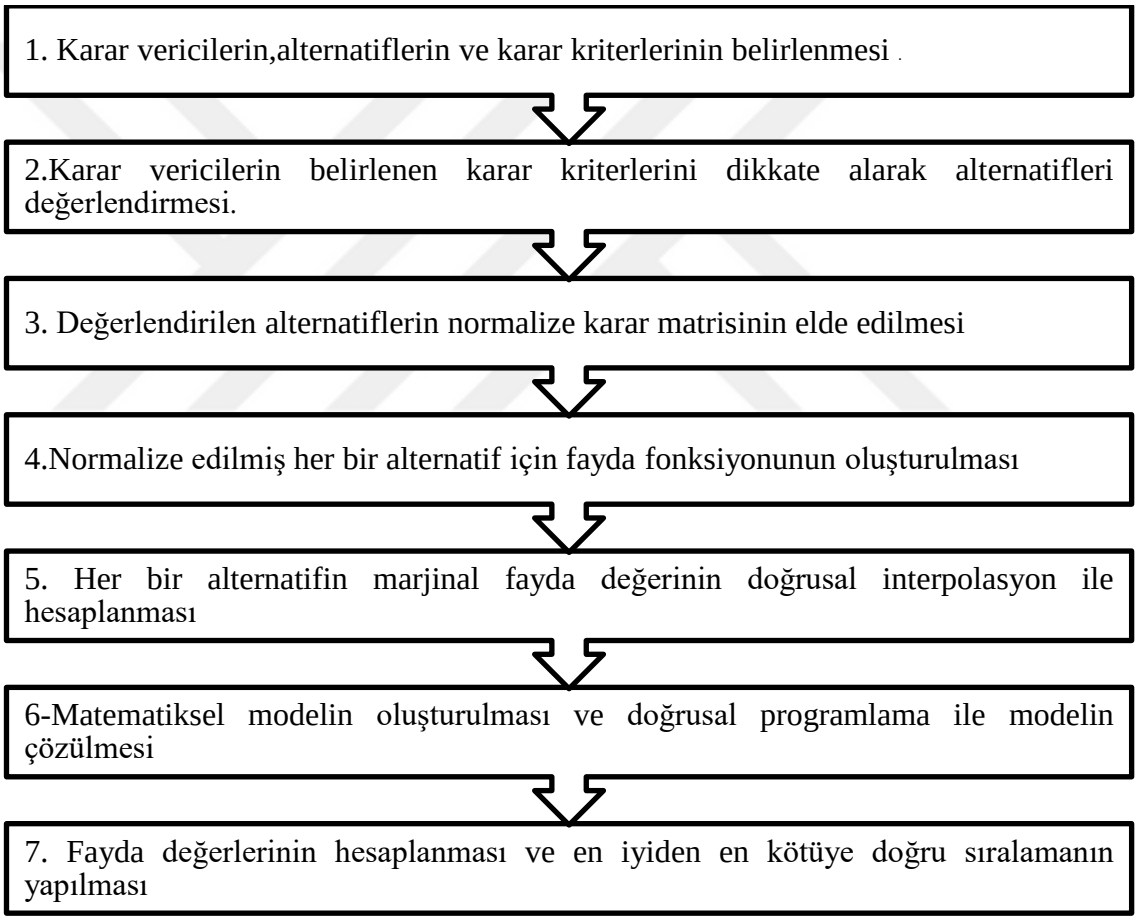
UTA yöntemi ise ÇKKV literatüründe tercih ayrıştırması olarak nitelendirilir. Bu yöntemde küresel ve bazı kısmi ek fayda fonksiyonlarının çıkarımı, karar vericilerin doğrusal programlama tekniğini kullanarak alternatiflerin sıralamasını yapması ile sağlanır (Chhipi-Shrestha 2018). UTA yöntemi, ilk olarak 1982 yılında Jacquet-Lagreze ve Siskos tarafından önerilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. UTA yönteminin amacı, U'nun marjinal fayda fonksiyonlarını, karar vericinin A referans setine (alternatifler) vermiş olduğu sıralamaya göre elde etmektir. Karar vericinin, her bir alternatife bir derece vererek A'da bulunan alternatifleri en iyiden en kötüye doğru sıralaması gerekmektedir. Süreç esnasında marjinal faydalara verilen sıralamaya (mümkün olduğunca) uymak açısından kısıtlamaya gidilebilir (Jacquet-Lagreze 1982). Literatürde bulunan diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi, UTA yönteminin de amacı alternatiflerin farklı kriterler göz önünde bulundurularak karşılaştırılması, sıralanması ve en iyi alternatifin seçilmesidir. Bu yöntemde önceden bilinen bir karardan ya da alternatiflerin sıralandığı tercih verilerinden karar modelleri oluşturulmaktadır (Işık 2016).

Problemin çözümünde UTA yönteminin kullanılması ile karar vericinin küresel karar politikası ve problemin çözümünü veren bileşenlerden sağlanan bir değer sistemi oluşturulmaktadır. Bu sistemin oluşturulmasında fayda fonksiyonu ya da toplamsal değer fonksiyonundan yararlanılmaktadır (Sarul 2015).

UTA yöntemi, analist ve karar verici arasındaki etkileşimin temelini oluşturan toplama-ayrıştırma yaklaşımını benimsemiştir. Değerlendirilmiş tercih modeli, karar vericinin öncelikli tercihleri arasındaki tutarlılığı ve potansiyel eylemlerin genel değerlendirmesini içerir (Roszkowska 2016).

3.2.1.a. UTA yönteminin uygulama aşamaları

UTA yönteminin uygulama aşamalarını gösteren akış şeması Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. UTA yönteminin uygulama aşamaları (Roszkowska2016)

Adımlar aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır;

ADIM 1:Karar vericilerin, alternatiflerin ve karar kriterinin belirlenmesi

Karar vericiler alternatifleri teknik ve mali açıdan değerlendirebilecek akademisyenler, çeşitli kurumlarda görev yapan çalışanlar veya sanayi sektör çalışanları arasından gerekli niteliğe sahip kişilerden seçilmelidir. Alternatifler, seçim alanının sadeleştirilmiş bir tanımıdır ve her bir alternatif için seçim seviyesini ve uygulanabilir kriterleri belirler. Kriterlerin belirlenmesinde UTA Yönteminde mevcut olan üç farklı kriter tipi dikkate alınır. Maliyet (daha az olmalıdır), kazanç (daha fazla olmalıdır) ve nitel kriterler (alternatiflerde sınıflandırılan sayısal olmayan kriterdir). Özellikle nicelik sorunları söz konusu olduğunda ilk iki kriter türü, nitel konulardaki sıralı ölçeklerde ise diğer kriter türü kullanılır.

ADIM 2: Karar vericilerin belirlenen karar kriterlerini dikkate alarak alternatifleri değerlendirmesi

Karar vericilerin alternatifleri belirlenen değerlendirme kriterlerine göre değerlendirmesinde hiçbir etki altında kalmadan, adil ve maksimum faydayı göz önünde bulunduracak şekilde değerlendirme yapmaları gerekmektedir.

ADIM 3: Değerlendirmeye alınan alternatiflerin oluşturduğu karar matrisi normalize edilir.

ADIM 4: Normalize edilmiş her bir alternatif için fayda fonksiyonun oluşturulması

Bu adımda, her bir alternatifin değerlendirme kriterleri için aldığı değerler doğrultusunda fayda fonksiyonu oluşturulur.

ADIM 5: Her bir alternatifin fayda değerinin doğrusal interpolasyon ile hesaplanması

ADIM 6: Matematiksel modelin oluşturulması ve Doğrusal Programlama ile modelin çözülmesi

Doğrusal interpolasyon ile bulunan fayda fonksiyonu aracılığı ile alternatiflerin matematiksel modeli oluşturulur. Oluşturulan model doğrusal programlama kullanılarak çözüme ulaştırılır.

ADIM 7: Fayda değerlerinin hesaplanması ve en iyiden en kötüye doğru sıralamanın yapılması

Oluşturulan model çözülerek her bir alternatifin kriter değeri belirlenir. Bu değerler ile alternatifler için fayda fonksiyonları hesaplanarak alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralaması yapılır.

UTA yöntemi uygulanırken ilk olarak karar verici, verilen alternatiflerin tercih setinin sıralamasını dikkate alır. Kriter seti tarafından değerlendirilen alternatifler $A_{R=}\{a_1,a_2,a_3,a_4,a,\ldots a_n\}$şeklinde sıralanır. Kriterlerin değerleri ise $g=\{g_1,g_2,\ldots..g_n.\}$şeklinde değerlendirmeye alınır. Eğer g (a) [g_1 (a), g_2 (a),…, g $_n$(a)] a alternatifinin çok kriterli değerlendirmesi ise, aşağıdaki formül (1) ve (2)'deki özellikler genel olarak fayda fonksiyonu U (g)'yi vermektedir.

$$U[g(a)] > U[g(b) \Leftrightarrow aPb \tag{3.1}$$

$$U[g(a)] = U[g(b)] \Leftrightarrow aIb \tag{3.2}$$

Bu durumlarda P ve I sırasıyla mutlak tercih edilebilir ve tarafsız ilişkileri göstermektedir. R = PUI ilişkisi zayıf bir ilişkidir. UTA yöntemi, ağırlığı dikkate almadan fayda değer fonksiyonunu formül (3) ile elde eder:

$$u(g) = \sum_{i=1}^{n} ui(gi) \tag{3.3}$$

u $_i$(g_i) (i = 1,2,…, n) verilen alternatif için kriterin marjinal değeri veya fayda fonksiyonudur. Bu fonksiyonlar, azalan gerçek değerli fonksiyonlardır ve 0 ile 1 arasında

normalleştirilir. Bu formül, aşağıdaki formül (4)'de verilen normalleştirme kısıtlamalarına bağlıdır:

$$\sum_{i=1}^{n} u_i\ (g_i^*) = 1 \text{ her i=1,2,3…..n} \quad (3.4)$$

$$u_i(g_{i*}) = 0$$

Burada g_i^* ve g_{i*} i. kriterin değerlendirme değerinin en iyi ve en kötü değerlerini ifade etmektedir. Fayda modelinin temeline dayanarak ve her bir alternatifin tercih durumu göz önüne alınarak alternatiflerin faydası aşağıdaki formül (5) gibi hesaplanır:

$$U'[g(a)] = \sum_{i=1}^{n} ui[gi(a)] + \sigma(a) \text{ her } \in A_R \quad (3.5)$$

Burada $\sigma(a) \geq 0$ her a alternatifinin potansiyel hatasını ifade etmektedir. Marjinal değer fonksiyonlarının parçalı doğrusal bir forma sahip olduğu varsayılmaktadır. Her bir kriter için en iyi ve en kötü $[g_i^*, g_{i*}]$ değer aralığı a_i-1 eşit parçaya ayrılır. Değer aralığı belirlenirken aralık sayısı uzmanlar tarafından belirlenir. Burada son nokta olan g_i^j aşağıdaki formül (6) yardımıyla hesaplanır:

$$gi = gi* + \frac{j-1}{ai-1}(gi^* - gi*) \; her \; j = 1,2,3,4 \ldots\ldots ai - 1 \quad (3.6)$$

Alternatifin marjinal faydası formül (7)'de verilen doğrusal interpolasyon yöntemi ile bulunur:

$$U_i[g_i(a)] = u_i(g_i^j) + \frac{gi(a) - gi^j}{gi^{j+1} - gi^j}[u_i(g_i^{j+1}) + u_i(g_i^j)] \text{ her } g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+!}] \quad (3.7)$$

Alternatif referans seti $A_R = \{a_1, a_2, a_3, \ldots\ldots a_m,\}$ karar vericinin tercihleri doğrultusunda oluşturulmaktadır. Bu set alternatifler arasından en iyiden en kötüye doğru sıralanmıştır. A_R referans setinde zayıf bir sıralama ilişkisi ile bağlantılı olarak, tercih edilebilir olma

ve tarafsız olma özellikleri vardır. R için alternatiflerin her biri (a_k, a_{k+1}),ya $a_k > a_{k+1}$ ya da $a_k \approx a_{k+1}$'dır.

Eğer öyleyse;

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = U'[g(a_k)] - U'[g(a_{k+1})] \quad (3.8)$$

Sonra, aşağıdaki ilişkilerden biri dikkate alınır;

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \text{ eğer } a_k \geq a_{k+1} \text{ (Tercih edilebilir)} \quad (3.9)$$

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \text{ eğer } a_k \approx a_{k+1} (Tarafsız)$$

Burada δ , R'nin birbirini izleyen iki eşdeğer sınıfı ayırt etmek için kullanılan çok küçük pozitif bir sayıdır. Marjinal değer fonksiyonları, son olarak σ (a)'ya bağlı olan ve toplam sapma miktarını gösteren, aşağıdaki formül (10),(11),(12),(13),(14),(15)'deki doğrusal program kullanılarak tahmin edilir.

$$[min]F = \sum_{a \in AR} \sigma(a) \quad (3.10)$$

Kısıtlar

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \text{ eğer } a_{k \geq}, a_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.11)$$

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \text{ eğer }, a_k \approx, a_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.12)$$

$$u_i(g_{ij} *) - u_i(g_{ij}) - \geq 0 \text{ her i ve j için} \quad (3.13)$$

$$\sum_{i=1}^{n} ui(g_i *) = 1 \quad (3.14)$$

$$u_i(g_{i*}) = 0 \; u_i(g_i^j) \geq 0, \; \sigma(a) \geq 0, \; \forall a \in A_R \; \forall i \text{ ve } j \quad (3.15)$$

Bu Doğrusal Programlama modeli marjinal fayda değerlerini elde etmek için oluşturulmaktadır. Çözüm sonrasında, fayda değerleri U[g(a)] her bir alternatif için hesaplanmaktadır. Hesaplanan U [g(a)] değerinin yüksek olması o alternatifin üstünlüğünü göstermektedir. Bu şekilde elde edilen alternatiflerin sıralamasında kriter ağırlıkları veya herhangi öncelik göz önüne alınmamış, tüm özellikler eşit ağırlıkta (tercih) kabul edilmektedir (Athawale 2011).

UTA Yöntemi, tercihleri ortaya çıkarmak ve temsil etmek için alternatif bir yol sağlar. Ancak, bu yöntem aynı zamanda kriterlerin öncelikli olarak bağımsız değişkenler olduğunu da varsayar (Sen 2012).

3.2.1.b. UTA yöntemlerinin versiyonları ile yapılan çalışmalar

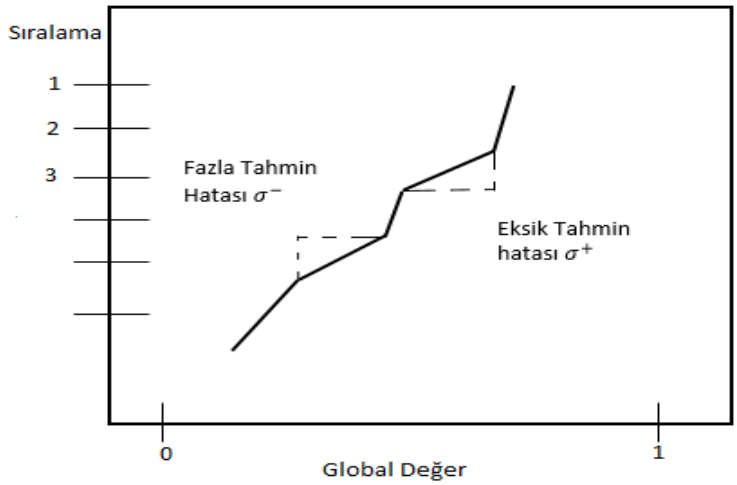
UTA yönteminin literatürde kendisinden türemiş çeşitli versiyonları mevcuttur. Siskos ve Yannacopoulos (Siskos 1985) tarafından önerilen UTASTAR yöntemi, UTA yönteminin geliştirilmiş bir şeklidir. UTASTAR yönteminde UTA yönteminden farklı olarak tek hata işlevi yerine, çift pozitif hata işlevi dikkate alınmaktadır. İlk kez Devaud *et al.*(Devaud 1980)tarafından ortaya atılan, Jacquet – Lagreze ve Siskos (Jacquet-Lagreze 1982) tarafından geliştirilen UTADIS yöntemi, UTA yönteminden farklı olarak kriterlerin belirlenmesi aşamasında yapılan alternatiflerin sıralamasını gruplandırma şeklinde gerçekleştirmektedir. Gruplandırma esnasında bir grubun diğerine tercih edilme durumu göz önünde bulundurularak en iyi alternatifler birinci grupta en kötü alternatifler ise sonuncu grupta yer alacak şekilde gruplama yapmaktadır. Greco *et al.* (Greco 2008) tarafından geliştirilen UTA^{GMS} yöntemi, UTA yönteminin genelleştirilmiş bir halidir. UTA^{GMS}, UTA yöntemindeki bir veya daha fazla kriterin maksimum veya minimum ağırlık aldığı durumların araştırılmasından oluşan iyimserlik analizi yerine, gerekli ve olası tercih ilişkilerini hesaplamak için tüm kriterler üzerindeki alternatiflerin puanlarının ağırlıklı toplamını dikkate almaktadır. Figueira *et al.*(Figueira 2009) tarafından UTA ve UTA^{GMS} yöntemlerinin genelleştirilmiş hali olarak geliştirilen GRIP yöntemi ise UTA^{GMS}'ın tüm özelliklerine sahiptir, ancak referans eylem çiftleri arasındaki tercih yoğunluğunun karşılaştırılması şeklinde ek tercih bilgisini dikkate alır. Siskos

(1983)belirsizlik altındaki çok kriterli karar verme çerçevesinde, Stochastic UTA versiyonunu geliştirmiştir. Burada amaç karar vericinin belirsiz tercihlerini modelleme imkânı sağlamaktır. Meta-UTA olarak geçen yöntemlerden UTAMP, Beuthe ve Scannella (2001) tarafından UTA yönteminde keyfi olarak verilen δ ve s_i'nin en uygun değerlerini bulmak için önerilmiştir. δ'nin en büyüklendiği durum UTAMP1 δ ve s değerleri toplamının en büyüklendiği durum ise UTAMP2 yöntemi ile çözümlenir. Despotis *et al.*(1990) UTA yönteminden farklı olarak, ilk çözümün sıfırdan farklı bir değer alması durumunda, maksimum ve minimum hata terimleri arasındaki farkı en aza indirmek için diğer bir Meta-UTA yöntemi olarak UTAMIME yöntemini önermişlerdir.

3.2.2. UTASTAR yöntemi

UTA yöntemi (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982), karar modellerinin muhtemel bilinen bir karardan veya karar verilerinin sıralı olduğu tercih listesinden değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu uygulama literatürde tercih ayrıştırması olarak da isimlendirilmektedir. Süreç ayrıntılı ve azalmayan fayda fonksiyonu ile karar problemi içindeki kriter setinin tanımlanması ve modellenmesi ile başlamaktadır. Özel tam sayılı program teknikleri kullanılarak, sıralanmış olan referans seti verilerinden global ve birkaç kısmi toplam fayda fonksiyonu çıkarılmaktadır. Süreç son olarak özel tamsayılı programlama ile yapılan optimizasyon ile son bulmaktadır. Ayrıca bu kısımda tutarlılık analizi de yapılmaktadır.

UTASTAR yöntemi,1982 yılında Siskos ve Yannacopoulos tarafından tek bir $\sigma(a)$ hatasını minimize etmek için önerilen UTA yönteminin geliştirilmiş halidir. Bu hata fonksiyonu Şekil 3.3'te gösterilen monoton eğrinin etrafına dağılan noktaların tamamını minimize etmek için yeterli değildir. Problem eğrinin sağ tarafında kalan fayda/değer miktarını doğru konuma getirirken, diğer fayda/değerlerinin miktarını artırmamaktadır. Bu nedenle UTASTAR yönteminde UTA yönteminden farklı olarak $\sigma^+ \; ve \; \sigma^-$ olmak üzere iki farklı hata tanımlanmaktadır. Burada $\sigma^+ \; ve \; \sigma^-$ sırasıyla fazla tahmin ve eksik tahmini ifade etmektedir.



Şekil 3.3. Sıralı regresyon eğrisi

UTASTAR yöntemi, Çok Kriterli Karar Analizinde olarak kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknikte, karar vericinin alternatifler üzerindeki tercihleri göz önünde bulundurulur ve UTASTAR, tercihlerden minimum sapmaya sahip olan bir yardımcı fonksiyon elde etmek için kriterler ve alternatifler için en uygun ağırlıkları hesaplamaya çalışır.

- UTASTAR'da α seçeneğinin global faydası formül (16) yardımı ile yaklaşık olarak hesaplanmaktadır:

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(a)] - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) \qquad (3.16)$$

Burada $\sigma^+(a)$ ve $\sigma^-(a)$ sırasıyla fazla ve eksik tahmini göstermektedir.

Referans setleri seçeneklerini en iyiden en kötüye doğru sıralanır, örneğin α_1 en iyi seçenek , α_m ise en kötü tercih ise, ikisinin arasındaki fayda farkları aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = u'[g(\alpha_k)] - u'[g(\alpha_{k+1})] \text{ her k} = 1,2, \ldots . \text{m} \qquad (3.17)$$

Ayrıca buna ek olarak UTA yönteminde kullanılan formül (9) fayda farklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

UTASTAR yönteminde kriterin monotonluk kısıtında önemli değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklik aşağıdaki formül(18),(19),(20) ile tanımlanmıştır:

$$w_{ij}=u[g_i^{j+1}]-u[g_i^{j}] \geq 0 \text{ her i} = 1,2, \ldots . N \quad (3.18)$$

Tanım olarak,

$$u_i(g_i^1)=0 \text{ her i} = 1,2, \ldots . N \quad (3.19)$$

$$u_i(g_i^j)=\sum_{i=1}^{j-1} wij \text{ her i} = 1,2, \ldots . N \; ve \; j = 2,3,4 \ldots a_i - 1 \quad (3.20)$$

Alternatiflerin tercih sıralamasını ele alan problemde fayda fonksiyonlarını (katsayıları), tahmin edilen fayda fonksiyonları ile özel programlama modeli aracılığıyla hesaplandıktan sonra ortaya çıkan alternatif sıralamaları, başlangıçta yapılan sıralama ile aynı olacak şekilde olmalıdır.

Marjinal değer fonksiyonları, son olarak fazla ve eksin tahmin miktarları $\sigma^+ \; ve \; \sigma^-$ 'ye bağlı olan aşağıdaki formül (21),(22),(23),(24),(25),(26) kullanılarak tahmin edilir.

$$[min]z \; = \sum_{k=1}^{m} \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) \quad (3.21)$$

Kısıtlar

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) \geq \delta \text{ eğer } \alpha_k \geq \alpha_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.22)$$

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = 0 \text{ eğer } \alpha_k \approx \alpha_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.23)$$

$u_i(g_i^{j+1})-u_i(g_i^j) \geq 0$ her i ve j için (3.24)

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{a_{i-1}} w_{ij} = 1 \quad (3.25)$$

$w_{ij} \geq 0, \sigma^+(a_k) \geq 0, \sigma^-(a_k) \geq 0$ her i, k ve j için (3.26)

3.2.2.a. UTASTAR algoritması

UTASTAR algoritması (Siskos and Yannacopoulos 1985) orijinal UTA yönteminden geliştirilmiştir. Algoritmanın adımları aşağıda verilmiştir:

Adım1: Alternatiflerin referansları en iyiden en kötüye doğru sıralanır, örneğin $a_1 > a_2 >....> a_m$. Bazı seçeneklerin birbirine $a_k \sim a_{k+1}$ (tarafsızlık) eş değer olduğu durumlar ile karşılaşılmaktadır.

Adım 2:Alternatiflerin global faydası ilk olarak marjinal fayda ve w_{ij} fonksiyonu yardımı ile formül (27)'deki gibi tanımlanır.

$$u_i[g_i(\alpha)] = \sum_{k=1}^{q-1} w_{ik} + \frac{gi(\alpha) - gi^j}{gi^{j+1} - gi^j} w_{iq} \text{ her i} = 1,2,\ldots.N \quad (3.27)$$

Adım 3: Ardışık alternatiflerin her birinin fayda farkları $\Delta(a_k, a_{k+1})$ ve eksik ve fazla tahmin hataları $\sigma^+(a_k)$ ve $\sigma^-(a_k)$ aşağıdaki formül (28)'deki gibi formüle edilmektedir:

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = u'[g(\alpha_k)] - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) - u'[g(\alpha_{k+1})] + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \quad (3.28)$$

Adım 4: Problem, formül (29),(30),(30),(32),(33),(34)'deki gibi Doğrusal Programlama ile çözülmektedir:

$$[min]z = \sum_{k=1}^{m} \sigma^{+}(a_k) + \sigma^{-}(a_k) \quad (3.29)$$

Kısıtlar

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) \geq \delta \text{ eğer } a_k \geq a_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.30)$$

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = 0 \text{ eğer } a_k \approx a_{k+1} \text{ her k için} \quad (3.31)$$

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^{j}) \geq 0 \text{ her i ve j için} \quad (3.32)$$

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{a_{i-1}} w_{ij} = 1 \quad (3.33)$$

$$w_{ij} \geq 0, \sigma^{+}(a_k) \geq 0, \sigma^{-}(a_k) \geq 0 \text{ her i, k ve j için} \quad (3.34)$$

Bu doğrusal programlama modeli marjinal fayda değerlerini elde etmek için oluşturulmaktadır. Çözüm sonrasında, fayda değerleri U[g(a)] her bir alternatif için hesaplanmaktadır. Hesaplanan U [g(a)] değerinin yüksek olması o alternatifin üstünlüğünü göstermektedir.

Adım 5:Oluşturulan matematiksel model çözümlerden elde edilen sonuçlara göre amaç fonksiyonu F= 0 çıkması problemi optimal yapan çok sayıda çözümlerin olduğunu göstermektedir. Burada eniyileme çözüm adımı ile her bir kriterin ağırlığını maksimum yapabilecek değerler hesaplanmakta ve ortalamaları alınmaktadır. Hesaplamalar sırasında ağırlık değerlerinin her bir kritere göre alabileceği maksimum değeri hesaplayacak şekilde matematiksel model kurularak çözüme gidilmektedir. Modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki formül (35)'deki gibidir:

$$u_i[g_i^{*}] = \sum_{k=1}^{a_{i-1}} w_{ij} \text{ her i} = 1,2,\ldots.N \quad (3.35)$$

ayrıca ekstra bir kısıt formül (36)'da gösterilmiştir;

$$\sum_{k=1}^{m}[\sigma^{+}(a_k) + \sigma^{-}(a_k)] \leq z* + \varepsilon \quad (3.36)$$

Burada $z*$, adım 4'te gösterilen doğrusal programlama probleminin optimal değerini temsil etmektedir ve ε ise küçük pozitif bir sayıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. UTA ve UTASTAR Yöntemleri ile Ar-Ge Projelerinin Seçimi

Çalışmada Ar-Ge proje seçim problemi için önerilen yöntemlerin uygulaması, ATA Teknokent tarafından düzenlenen Ar-Ge projelerinin seçilerek destek verildiği proje yarışmasında yapılmıştır. Projelerin seçim süreci, ÇKKV yöntemlerinden olan faydayı temel alan UTA ve UTASTAR yöntemleri ile ele alınmıştır. Proje seçim süreci, değerlendirmeyi yapacak olan karar vericilerin belirlenmesi, değerlendirmede göz önüne alınacak kriterlerin belirlenmesi, karar vericilerin gelen projeleri değerlendirmesinin ardından ilk 10 projenin seçilmesiyle devam etmiştir. Değerlendirilen 10 projenin seçimi için ÇKKV yöntemlerinden UTA ve UTASTAR yöntemleri aracılığıyla matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model GAMS Programı ile çözülerek projelerin sıralaması yapılmış ve süreç tamamlanmıştır.

4.1.1. Kriterlerin belirlenmesi

Projelerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler karar vericilerin farklı disiplinlerdeki projelerin seçiminde dikkate alabilecekleri özellikler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Projeler değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken, uzman grup tarafından belirlenen en önemli 7 kriter aşağıda açıklanmıştır:

1. Uygulanabilirlik: Ar-Ge projeleri sadece Ar-Ge faaliyetlerinden oluşmamakta, aynı zamanda yeni bilim ve teknolojilerin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu süreçlerin geliştirilmesinde finansal, mühendislik, üretim, teknik, risk yönetimi gibi birçok alana ihtiyaç duyulmaktadır. Başarılı bir şekilde tamamlanan Ar-Ge projelerinde geliştirilen ürün veya sistemlerin topluma kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Bu sürecin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için projenin detaylı bir şekilde anlatılması, proje planının yapılmış olması, proje ekibinin tanımlanması, proje zaman planlanmasının iyi bir şekilde yapılmış olması gerekmektedir (Altaş 2012).

Bu değerlendirme kriteri yapılacak Ar-Ge projesi sonucunda elde edilen çıktının başarlı olup olmadığını kapsar. Bu kapsamda projeler değerlendirilirken geliştirilen ürün veya hizmetin toplumsal bir soruna ne düzeyde çözüm olabileceğine ve piyasada mevcut ürünlerin bu ürüne benzer faydalar sağlayıp sağlamadığına dikkat edilmelidir.

2. Ticari Yön: Bir Ar-Ge çalışmasında proje çıktısının rekabet edebilirliğinden söz edebilmek için yeni bir ticari başarının olması pazar açısından yeni bir ürün, sanayi açısından ise yeni bir süreç olması gerekmektedir. Bu süreçlerden elde edilen ticari başarılar o ülkedeki refahı ve rekabet edebilirliliği artırmaktadır.

Bu değerlendirme kriteri proje çıktısının ticarileştirme potansiyelini, pazar payını, rekabet edebilirliğini kapsar. Değerlendirme yapılırken geliştirilecek ürünün hangi oranlarda katma değer sağladığı, piyasaya çıkması ile birlikte dışa bağımlılığı ne kadar azaltacağı gibi unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir(Aker 2010). Bu unsurlar aynı zamanda yapılan Ar-Ge çalışmaları ile elde edilen başarının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Fakat Ar-Ge projeleri riskli projeler oldukları için bu durumu önceden tahmin etmek zordur. Ar-Ge projeleri tamamlanmış olsa dahi sürekli pazar araştırması yapılması önemlidir (Kiper 2004).

3. Teknolojik ve inovatif yeterlilik: Bilginin teknoloji ve bilim aracılığıyla geliştirilmesi ile ortaya çıkan yeni bilgi, temel olarak teknolojik açıdan yeni/iyileştirilmiş ürünlerin veya süreçlerin ortaya çıkmasını sağlayan bilimsel, teknolojik, örgütsel, finansal ve ticari adımlardır (Aker 2010).

Bu kriter, projenin teknolojik yönünün güncel olup olmadığını, proje çıktısının teknolojik yeniliğini, inovatif yönünü ve teknolojik seviyesini kapsar. Bu çalışmada Ar-Ge projeleri değerlendirildiği için önemli bir kriterdir. Teknolojik ve inovatif yeterlilik kriteri dikkate alınarak değerlendirme yapılırken proje önerisinin hangi teknolojik eksiklikleri ortaya koyduğuna, bu eksiklikleri gidermek için önerdiği çözümlerin yenilikçi yönünün yeterli olup olmadığına dikkat edilmelidir.

4. Pazar Analizi: Pazar analizinin sonucunda yapılacak olan proje için uygun bir Pazar olup olmadığına bakılmalı ve olumsuz bir durum söz konusu ise proje ya tekrar ele alınmalı veya vazgeçilmelidir (Gedik 2005).

Mevcut durum ve rekabet koşulları, müşteri ve satış kanallarının analizi, pazara giriş yöntemini ve koşullarını kapsar. Pazar analizi, hedef pazarlar veya müşteriler hakkında bilgi toplamaya yönelik organize bir çabadır. Proje önerileri değerlendirilirken geliştirilecek olan ürünün pazarın gereksinimlerine, pazarın büyüklüğüne, rekabet koşullarının belirlenmesine yardımcı olan önemli bilgilerin girişimci tarafından araştırılıp araştırılmadığına dikkat edilmelidir.

5. Bütçe: Projenin başlangıç aşamasından proje sonuçlarının uygulanmasına kadar gerekli olan toplam bütçe miktarının planlandığı kısımdır. Bununla birlikte, planlanan maliyetle ön görülen miktarın üretilememe ihtimali de ekonomik risk olarak bu kritere dahil edilmelidir. Bu durumda hem projenin ekonomik fizibilitesini ölçülmekte hem de proje sonuçlarının pazar başarı seviyesi artmaktadır (Aker 2010).

Bütçe kriteri projenin gerçekleşmesinde bütçe planlamasının uygun yapılıp yapılmadığını ayrıca proje faaliyetlerine uygun giderlerin planlanıp planlanmadığını kapsar. Değerlendiriciler proje önerisini değerlendirirken projenin toplam maliyetinin uygunluğuna, proje kapsamında alınması planlanan personel, makine-teçhizat, yurt içi-yurtdışı fuar, konferans, danışmanlık gibi giderlerin proje ile ilgili olup olmadığına dikkat etmelidirler.

6. Risk: Ar-Ge projelerinde var olan belirsizlikler nedeniyle projelerin başarılı veya başarısız olacağını tahmin etmek oldukça zordur. Ayrıca bu projelere büyük miktarlarda kaynaklar aktarılmakta ve bu nedenle bu projeler önemli ölçüde risk taşımaktadır. Risk oranı büyük olan projelerin seçilme olasığıda zayıf olmaktadır. Projelerde genel olarak finansal, zaman, endüstri, Pazar vb gibi riskler meydana gelmektedir. Örneğin proje devam ederken kullanılan makine- teçhizatlarda meydana gelen arızalar, projenin ilerlemesini etkileyebilecek arızalar projenin planlanan zamanda bitirilmesini engelleyen

riskler arasındadır. Pazarda karşılaşılabilecek riskler arasında ise, şirket dışındaki pazar, enflasyon, faiz oranları gibi kaynaklardan meydana gelen kontrol edilemeyen riskler vardır (Arslan 2010). Proje süreçlerinde tanımlanmış bilinen riskler diye adlandırılan riskler de mevcuttur ve bu riskler önceden planlandıkları için müdahale edilebilir risklerdir. Bununla birlikte proje sürecinde önceden ön görülemeyen risklerle de karşılaşılabilinmektedir. Bu riskler için önlem almak diğerlerine göre oldukça zordur ancak geçmişte sonuçlanmış benzer projelerden elde edilen deneyim ile genel bir varsayım uygulanarak önlem alınmaktadır (Fırat 2009).Projeler değerlendirilirken risk planmalamasının uygun bir şekilde yapılıp yapılmadığına, bu süreçte riskler mevcut ise önlemlerin alınıp alınmadığına bakılmalıdır.

7. Sosyo-Ekonomik Fayda: Bu çalışmada değerlendirme kriterlerinden biri de projenin sağladığı sosyo–ekonomik faydadır. Projede planlanan çıktıların toplumsal sorunları çözümüne sağladığı katkı, proje çıktısının ticarileştirilmesi, projenin yerli üretime hangi oranlarda katkı sağladığı, rekabet edebilirlik seviyesini hangi düzeyde artırdığı göz önüne alınmaktadır. Ayrıca projenin bilimsel, ekonomik, sosyal, ticari alanlarda sağladığı katkı, yeni geliştirilebilir projelerin ortaya çıkabileceği sonuçların elde edilme düzeyine de bakılmaktadır. Ayrıca proje boyunca elde edilecek çıktıların ilgili kurum, kuruluşlar ve potansiyel kullanıcılara ulaştırılmasına yönelik planlanan faaliyetlerin uygunluğu değerlendirilmelidir.

Ayrıca değerlendirme yapılırken projenin Sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel kazanımları, kalkınma, iş yaratma fırsatı, çevreye ve yaşama sağladığı fayda, yaşlılar veya özürlü insanlar gibi sosyal gruplara faydası, bölgeler arası farklılıkların azalmasına kadar birçok durum göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmalıdır.

Değerlendirme kriterlerinin altı tanesi fayda kriteri olarak, beşinci kriter ise bütçe kriteri olarak belirlenmiştir.

4.1.2 Ar-Ge proje seçim problemin UTA yöntemi ile çözümü

Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ile karar vericiler tarafından 10 adet alternatif değerlendirilmeye alınmıştır. Değerlendirme yapılırken karar vericiler Uygulanabilirlik, Ticari Yön, Teknolojik İnovatif Yeterlilik, Pazar Analizi, Risk, Sosyo-Ekonomik Fayda değerlendirme kriterlerine çeşitli puanlar vererek değerlendirme yapmış, Bütçe kriterinde ise proje sürecinde gerekli olan toplam maliyet Türk Lirası olarak değerlendirmeye alınmıştır. Karar vericiler tarafından değerlendirilecek olan alternatifler ve bu alternatiflerin değerlendirme değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Uygulanabilirlik, Ticari Yön, Teknolojik ve İnovatif Yön ve Pazar Analizi kriterleri için Çizelge 4.1.'de verilen değerlendirme değerleri uzmanların değerlendirme puanlarının geometrik ortalaması olarak alınmış olup, Bütçe kriterinde ise projenin toplam bütçesi dikkate alınmıştır.

UTA yönteminin uygulama adımına geçmeden önce, yedi kriter altında değerlendirilen alternatiflerin değerleri doğrusal normalizasyon ile hesaplanmıştır. Değerlendirilmesi yapılan alternatifler için normalize karar matrisi formül (4.1) ve (4.2) kullanılarak oluşturulmuştur;

Faydalı olan kriterler için : R_{ij}=x_{ij}max(x_{ij}) her i=1,2,,….,m ve j=1,2,,….,n (4.1)

Faydalı olmayan kriterler için: R_{ij} =min(x_{ij})/ x_{ij} (4.2)

Burada x_{ij} j. Kriterinin i. alternatifin performansını, R_{ij} normalize edilmiş karar matrisinin olduğu tablodaki değerleri temsil etmektedir.

Fayda kriterleri ve bütçe kriteri ayrı ayrı hesaplanarak normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Alternatiflerin değerleri

	Uygulanabilirlik (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Ticari Yön (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Teknolojik ve inovatif yeterlilik (1-100) 1-en kötü 100- en iyi	Pazar analizi (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Sosyo-Ekonomik Fayda (1-10) 1-en kötü 10- en iyi	Risk (1-3) 1-yüksek 2- orta 3-düşük	Bütçe (Türk Lirası)
ALTERNATİF1	3,3563	23,6471	46,6298	1,6437	2,4494	1,3195	45000
ALTERNATİF2	2,9611	17,826	28,8898	2,0476	4,0378	1,7617	90000
ALTERNATİF3	3,1036	36,222	41,2891	3,8729	4,1289	2,4494	80000
ALTERNATİF4	7,2447	14,3096	23,5215	2,8284	6,5947	1,5157	30000
ALTERNATİF5	4,4721	24,4948	39,7488	5,281	4,2494	1,6245	55000
ALTERNATİF6	7,3688	41,6081	38,9231	4,2273	5,4772	1,2311	70000
ALTERNATİF7	7,0503	26,8453	43,7888	6,9229	6,1357	2,2586	25000
ALTERNATİF8	3,2321	24,1807	17,9864	3,1942	2,5508	1,4727	35000
ALTERNATİF9	3,6784	49,3914	63,2041	4,1289	3,3442	2	200000
ALTERNATİF10	2,9803	26,084	42,0488	4,6933	3,9232	1,9105	20000

Çizelge 4.2. Normalize edilmiş matris

	Uygulanabilirlik (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Ticari Yön (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Teknolojik ve inovatif yeterlilik (1-100) 1-en kötü 100- en iyi	Pazar analizi (1-10) 1-en kötü 10-en iyi	Sosyo-Ekonomik Fayda (1-10) 1-en kötü 10- en iyi	Risk (1-3) 1- yüksek 2- orta 3-düşük	Bütçe (Türk Lirası)
ALTERNATİF1	0,4554	0,4787	0,7377	0,2374	0,3714	0,5387	0,4444
ALTERNATİF2	0,4018	0,3609	0,4570	0,2957	0,6122	0,7192	0,2222
ALTERNATİF3	0,4211	0,7333	0,6532	0,5594	0,6260	1	0,25
ALTERNATİF4	0,9831	0,2897	0,3721	0,4085	1	0,6188	0,6666
ALTERNATİF5	0,6068	0,4959	0,6288	0,7628	0,6443	0,6632	0,3636
ALTERNATİF6	1	0,8424	0,6158	0,6106	0,8305	0,5026	0,2857
ALTERNATİF7	0,9567	0,5435	0,6928	1	0,9303	0,9221	0,8
ALTERNATİF8	0,4386	0,4895	0,2845	0,4613	0,3867	0,6012	0,5714
ALTERNATİF9	0,4991	1	1	0,5964	0,5071	0,8165	0,1
ALTERNATİF10	0,4044	0,5281	0,6652	0,6779	0,5949	0,7799	1

Çizelge 4.3. En iyi ve en kötü değerler ile her bir kriterin aralık değerinin belirlenmesi

	Uygulanabilirlik (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Ticari Yön (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Teknolojik ve inovatif yeterlilik (1-100) 1-en kötü 100- en iyi	Pazar analizi (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Sosyo-Ekonomik Fayda (1-10) 1-en kötü 10- en iyi	Risk (1-3) 1-yüksek 2- orta 3-düşük	Bütçe (Türk Lirası)
g*	1	1	1	1	1	1	1
g.	0,4018	0,2897	0,2845	0,2374	0,3714	0,5026	0,1
Aralık sayısı	2	3	2	3	2	2	3
(g*-g.)/Aralık sayısı	0,2991	0,2367	0,3577	0,2542	0,3143	0,2487	0,3

Daha sonra her bir kriterin maksimum (gi *) ve minimum (gi*) değerleri ve kriter aralıkları belirlenmiştir. Belirlenen değerler ile aralık değerleri Çizelge 4.3'teki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3'te elde edilen değerler dikkate alınarak her kriter için marjinal değerler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Nitelik 1 için:

$u_1(0{,}4018) = u_{11} = 0$

$u_1\,(0{,}4018 + 0{,}2991) = u_1(0{,}7009) = u_{12}$

$u_1\,(0{,}7009 + 0{,}2991) = u_1(1) = u_{13}$

Nitelik 2 için:

$u_2(0{,}2897) = u_{21} = 0$

$u_2\,(0{,}2897 + 0{,}2367) = u_2(0{,}5264) = u_{22}$

$u_2(0{,}5264 + 0{,}2367) = u_2(0{,}7631) = u_{23}$

$u_2\ (0{,}7631 + 0{,}2367) = u_2(1) = u_{24}$

Nitelik 3 için:

$u_3(0{,}2845) = u_{31} = 0$

$u_3\ (0{,}2845 + 0{,}3577) = u_3(0{,}6422) = u_{32}$

$u_3(0{,}6422 + 0{,}3577) = u_3(1) = u_{33}$

Nitelik 4 için:

$u_4(0{,}2374) = u_{41} = 0$

$u_4(0{,}2374 + 0{,}2542) = u_4(0{,}4919) = u_{42}$

$u_4(0{,}4919 + 0{,}2542) = u_4(0{,}7458) = u_{43}$

$u_4(0{,}7458 + 0{,}2542) = u_4(1) = u_{44}$

Nitelik 5 için:

$u_5(0{,}3714) = u_{51} = 0$

$u_5(0{,}3714 + 0{,}3143) = u_5(0.6857) = u_{52}$

$u_5(0{,}6857 + 0{,}3143) = u_5(1) = u_{53}$

Nitelik 6 için*:*

$u_6(0{,}5026) = u_{61} = 0$

$u_6(0{,}5026 + 0{,}2487) = u_6(0{,}7513) = u_{62}$

$u_6(0{,}7513 + 0{,}2487) = u_6(1) = u_{63}$

Nitelik 7 için*:*

$u_7(0{,}1) = u_{71} = 0$

$u_7(0{,}1 + 0{,}3) = u_7(0{,}4) = u_{72}$

$u_7(0{,}4 + 0{,}3) = u_7(0{,}7) = u_{73}$

$u_7(0{,}7 + 0{,}3) = u_7(1) = u_{74}$

Aşağıda her bir alternatifin fayda değeri Çizelge 4.2'te verilmiş olan normalize edilmiş karar matrisinde bulunan değerlerden faydalanılarak hesaplanmış ve toplam fayda değeri çok olan alternatiften az olan alternatife doğru sıralanmıştır:

$$A_1 = 0{,}4554 + 0{,}4787 + 0{,}7377 + 0{,}2374 + 0{,}3714 + 0{,}5387 + 0{,}4444 = 3{,}2640$$
$$A_2 = 0{,}4018 + 0{,}3609 + 0{,}4570 + 0{,}2957 + 0{,}6122 + 0{,}7192 + 0{,}2222 = 3{,}0693$$
$$A_3 = 0{,}4211 + 0{,}7333 + 0{,}6532 + 0{,}5594 + 0{,}6260 + 1 + 0{,}25 = 4{,}2433$$
$$A_4 = 0{,}9831 + 0{,}2897 + 0{,}3721 + 0{,}4085 + 1 + 0{,}6188 + 0{,}6666 = 4{,}3390$$
$$A_5 = 0{,}6068 + 0{,}4959 + 0{,}6288 + 0{,}7628 + 0{,}6443 + 0{,}6632 + 0{,}3636 = 4{,}1657$$
$$A_6 = 1 + 0{,}8424 + 0{,}6158 + 0{,}6106 + 0{,}8305 + 0{,}5026 + 0{,}2857 = 4{,}6877$$
$$A_7 = 0{,}9567 + 0{,}5435 + 0{,}6928 + 1 + 0{,}9303 + 0{,}9221 + 0{,}8 = 5{,}8456$$
$$A_8 = 0{,}4386 + 0{,}4895 + 0{,}2845 + 0{,}4613 + 0{,}3867 + 0{,}6012 + 0{,}5714 = 3{,}2336$$
$$A_9 = 0{,}4991 + 1 + 1 + 0{,}5964 + 0{,}5071 + 0{,}8165 + 0{,}1 = 4{,}5192$$
$$A_{10} = 0{,}4044 + 0{,}5281 + 0{,}6652 + 0{,}6779 + 0{,}5949 + 0{,}7799 + 1 = 4{,}6506$$

$$A_7 - A_6 - A_{10} - A_9 - A_4 - A_3 - A_5 - A_1 - A_8 - A_2$$

Proje alternatiflerinin fayda değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\mathrm{U}[g(A_1)] = u_1(0{,}4554) + u_2(0{,}4787) + u_3(0{,}7377) + u_4(0{,}2374) + u_5(0{,}3714) + u_6(0{,}5387) + u_7(0{,}4444)$$
$$\mathrm{U}[g(A_2)] = u_1(0{,}4018) + u_2(0{,}3609) + u_3(0{,}4570) + u_4(0{,}2957) + u_5(0{,}6122) + u_6(0{,}7192) + u_7(0{,}2222)$$
$$\mathrm{U}[g(A_3)] = u_1(0{,}4211) + u_2(0{,}7333) + u_3(0{,}6532) + u_4(0{,}5594) + u_5(0{,}6260) + u_6(1) + u_7(0{,}25)$$
$$\mathrm{U}[g(A_4)] = u_1(0{,}9831) + u_2(0{,}2897) + u_3(0{,}3721) + u_4(0{,}4085) + u_5\,(1) + u_6(0{,}6188) + u_7(0{,}6666)$$
$$\mathrm{U}[g(A_5)] = u_1(0{,}6068) + u_2(0{,}4959) + u_3(0{,}6288) + u_4(0{,}7628) + u_5(0{,}6443) + u_6(0{,}6632) + u_7(0{,}3636)$$
$$\mathrm{U}[g(A_6)] = u_1(1) + u_2(0{,}8424) + u_3(0{,}6158) + u_4(0{,}6106) + u_5(0{,}8305) + u_6(0{,}5026) + u_7(0{,}2857)$$

$$\mathrm{U}[g(A_7)] = u_1(0{,}9567) + u_2(0{,}5435) + u_3(0{,}6928) + u_4(1) + u_5(0{,}9303) + u_6(0{,}9221) + u_7(0{,}8)$$

$$\mathrm{U}[g(A_8)] = u_1(0{,}4386) + u_2(0{,}4895) + u_3(0{,}2845) + u_4(0{,}4613) + u_5(0{,}3867) + u_6(0{,}6012) + u_7(0{,}5714)$$

$$\mathrm{U}[g(A_9)] = u_1(0{,}4991) + u_2(1) + u_3(1) + u_4(0{,}5964) + u_5(0{,}5070) + u_6(0{,}8165) + u_7(0{,}1)$$

$$\mathrm{U}[g(A_{10})] = u_1(0{,}4044) + u_2(0{,}5281) + u_3(0{,}6652) + u_4(0{,}6779) + u_5(0{,}5949) + u_6(0{,}7799) + u_7(1)$$

Son olarak her bir alternatifin fayda değeri formül 7' de doğrusal interpolasyon kullanılarak hesaplanmaktadır. Aşağıda Alternatifin 1'in hesaplamaları gösterilmiş olup diğer alternatiflerin ayrıntılı hesaplamaları EK 1'de verilmiştir.

Alternatif 1

$$u_1(g_1^1) + \frac{g_1(a) - g_1^1}{g_1^2 - g_1^1}\left[u_1(g_1^2) - u_1(g_1^1)\right] \; u_{11} \Rightarrow + \frac{0{,}4554 - 0{,}4018}{0{,}7009 - 0{,}4018}(u_{12} - u_{11})$$

$$= 0{,}1792 u_{12}$$

$$u_2(g_2^1) + \frac{g_2(a) - g_2^1}{g_2^2 - g_2^1}\left[u_2(g_2^2) - u_2(g_2^1)\right] \Rightarrow u_{21} + \frac{0{,}4787 - 0{,}2897}{0{,}5264 - 0{,}2897}(u_{22} - u_{21})$$

$$= 0{,}7984 u_{22}$$

$$u_3(g_3^2) + \frac{g_3(a) - g_3^2}{g_3^3 - g_3^2}\left[u_3(g_3^3) - u_3(g_3^2)\right] \Rightarrow u_{32} + \frac{0{,}7377 - 0{,}6422}{1 - 0{,}6422}(u_{33} - u_{32})$$

$$= 0{,}2669 u_{33} + 0{,}733 u_{32}$$

$$u_4(g_4^1) = 0$$

$$u_5(g_5^1) = 0$$

$$u_6(g_6^1) + \frac{g_6(a) - g_6^1}{g_6^2 - g_6^1}\left[u_6(g_6^2) - u_6(g_6^1)\right] \Rightarrow u_{61} + \frac{0{,}5387 - 0{,}5026}{0{,}7513 - 0{,}5026}(u_{62} - u_{61})$$

$$= 0{,}1451\, u_{62}$$

$$u_7(g_7^2) + \frac{g_7(a) - g_7^2}{g_7^3 - g_7^2}\left[u_7(g_7^3) - u_7(g_7^2)\right] \Rightarrow u_{72} + \frac{0{,}4444 - 0{,}4}{0{,}7 - 0{,}4}(u_{73} - u_{72})$$

$=0{,}148\,u_{73} + 0{,}852u_{72}$

$$A_1 = 0{,}1792u_{12} + 0{,}7984u_{22} + 0{,}2669u_{33} + 0{,}733u_{32} + 0{,}1451\,u_{62} + 0{,}148\,u_{73} + 0{,}852u_{72}$$

Yukarıda belirlenen fayda değerleri aşağıda gösterildiği şekilde matematiksel model haline getirilmiştir. Modelde $\Delta(7,6), \Delta(6,9)$ şeklinde gösterilen kısıtlar alternatiflerin fayda değeri hesaplandıktan sonra yapılan sıralama göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur.

$$\text{Min(F)}=\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6 + \sigma_7 + \sigma_8 + \sigma_9 + \sigma_{10}$$

Kısıtlar

$0{,}1447 * u_{12} + 0{,}8552 * u_{13} + 0{,}9277 * u_{22} + 0{,}0722 * u_{23} + 0{,}8585 * u_{32} + 0{,}1414 * u_{33} + u_{44} + 0{,}2217 * u_{52} + 0{,}7782 * u_{53} + 0{,}6867 * u_{63} + 0{,}3132 * u_{62} + 0{,}3333 * u_{74} + 0{,}6666 * u_{73} + \sigma_7 - u_{13} - 0{,}6649 * u_{23} - 0{,}3350 * u_{24} - 0{,}9261 * u_{32} - 0{,}4669 * u_{43} - 0{,}5392 * u_{52} - 0{,}4607 * u_{53} - 0{,}6236 * u_{72} - 0{,}5330 * u_{42} - \sigma_6 \geq 0.0001;$

u_{13}+0,6649*u_{23}+0,3350*u_{24}+0,9261*u_{32}+0,4669*u_{43}+0,5392*u_{52}+0,4607*u_{53}+0,6236*u_{72}+05330*u_{42}+σ_6 -0,0086*u_{12}-0,007184*u_{23}-0,9928*u_{22}-0,0642*u_{33}-0,9357*u_{32}-0,7317*u_{43}-0,2682*u_{42}-0,7111*u_{52}-0,1149*u_{63}-0,8850*u_{62}-u_{74}-σ_{10}≥ 0,0001;

$0{,}0086 * u_{12} + 0{,}007184 * u_{23} + 0{,}9928 * u_{22} + 0{,}0642 * u_{33} + 0{,}9357 * u_{32} + 0{,}7317 * u_{43} + 0{,}2682 * u_{42} + 0{,}7111 * u_{52} + 0{,}1149 * u_{63} + 0{,}8850 * u_{62} + u_{74} + \sigma_{10} - 0{,}3253 * u_{12} - u_{24} - u_{33} - 0{,}5889 * u_{42} - 0{,}4110 * u_{43} - 0{,}4317 * u_{52} - 0{,}2621 * u_{63} - 0{,}7378 * u_{62} - \sigma_9 \geq 0{,}0001;$

$0{,}3253 * u_{12} + u_{24} + u_{33} + 0{,}5889 * u_{42} + 0{,}4110 * u_{43} + 0{,}4317 * u_{52} + 0{,}2621 * u_{63} + 0{,}7378 * u_{62} + \sigma_9 - 0{,}056 * u_{12} - 0{,}9434 * u_{13} - 0{,}2448 * u_{32} - 0{,}6730 * u_{42} - u_{53} - 0{,}4672 * u_{62} - 0{,}1113 * u_{72} - 0{,}8886 * u_{73} - \sigma_4 \geq 0{,}0001;$

$0{,}056 * u_{12} + 0{,}9434 * u_{13} + 0{,}2448 * u_{32} + 0{,}6730 * u_{42} + u_{53} + 0{,}4672 * u_{62} + 0{,}1113 * u_{72} + 0{,}8886 * u_{73} + \sigma_4 - 0{,}0645 * u_{12} - 0{,}8741 * u_{23} - 0{,}9692 * u_{32} - 0{,}0307 * u_{33} - 0{,}7344 * u_{42} - 0{,}2655 * u_{43} - 0{,}81 * u_{52} - u_{63} - 0{,}5 * u_{72} - 0{,}1258 * u_{22} - \sigma_3 \geq 0{,}0001;$

$0{,}0645 * u_{12} + 0{,}8741 * u_{23} + 0{,}9692 * u_{32} + 0{,}0307 * u_{33} + 0{,}7344 * u_{42} + 0{,}2655 * u_{43} + 0{,}81 * u_{52} + u_{63} + 0{,}5 * u_{72} + 0{,}1258 * u_{22} + \sigma_3 - 0{,}6853 * u_{12} - 0{,}8711 * u_{22} - 0{,}9625 * u_{32} - 0{,}0668 * u_{43} - 0{,}9331 * u_{42} - 0{,}8682 * u_{52} - 0{,}6457 * u_{62} - 0{,}8786 * u_{72} - \sigma_5 \geq 0{,}0001;$

$0{,}6853 * u_{12} + 0{,}8711 * u_{22} + 0{,}9625 * u_{32} + 0{,}0668 * u_{43} + 0{,}9331 * u_{42} + 0{,}8682 * u_{52} + 0{,}6457 * u_{62} + 0{,}8786 * u_{72} + \sigma_5 - 0{,}1792 * u_{12} - 0{,}7984 * u_{22} - 0{,}733 * u_{32} - 0{,}2669 * u_{33} - 0{,}1451 * u_{62} - 0{,}148 * u_{73} - 0{,}852 * u_{72} - \sigma_1 \geq 0{,}0001;$

$0{,}1792 * u_{12} + 0{,}7984 * u_{22} + 0{,}733 * u_{32} + 0{,}2669 * u_{33} + 0{,}1451 * u_{62} + 0{,}148 * u_{73} + 0{,}852 * u_{72} + \sigma_1 - 0{,}1230 * u_{12} - 0{,}8441 * u_{22} - 0{,}8808 * u_{42} - 0{,}0486 * u_{52} - 0{,}3964 * u_{62} - 0{,}4286 * u_{72} - 0{,}5713 * u_{73} - \sigma_8 \geq 0{,}0001;$

$0{,}1230 * u_{12} + 0{,}8441 * u_{22} + 0{,}8808 * u_{42} + 0{,}0486 * u_{52} + 0{,}3964 * u_{62} + 0{,}4286 * u_{72} + 0{,}5713 * u_{73} + \sigma_8 - 0{,}3008 * u_{22} - 0{,}4822 * u_{32} - 0{,}229 * u_{42} - 0{,}7661 * u_{52} - 0{,}8709 * u_{62} - 0{,}4073 * u_{72} - \sigma_2 \geq 0{,}0001;$

$u_{13} - u_{12} \geq 0;$
$u_{24} - u_{23} \geq 0;$
$u_{23} - u_{22} \geq 0;$

$u_{33} - u_{32} \geq 0;$

$u_{44} - u_{43} \geq 0;$

$u_{43} - u_{42} \geq 0;$

$u_{53} - u_{52} \geq 0;$

$u_{63} - u_{62} \geq 0;$

$u_{74} - u_{73} \geq 0;$

$u_{73} - u_{72} \geq 0;$

$u_{13}+u_{44}+u_{53}+u_{33}+u_{24}+u_{63}+u_{74}=1;$

$u_{13}, u_{12}, u_{24}, u_{23}, u_{22}, u_{33}, u_{32}, u_{42,}u_{43}, u_{44,}, u_{53}, u_{52}, u_{63}, u_{62}, u_{73}, u_{74}, u_{72},$

$\sigma_1, \sigma_2 , \sigma_3 , \sigma_4, \sigma_5 , \sigma_6 , \sigma_7, \sigma_8 , \sigma_9 , \sigma_{10} \geq 0$

UTA yöntemi kullanarak oluşturduğumuz matematiksel modelin çözümü GAMS programının 24.1.3 versiyonu ve CPLEX çözücüsü kullanılarak çözülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir:

$F = 0, u_{12} = 0, u_{13} = 0{,}002, u_{22} = 0{,}001, u_{23} = 0{,}001, u_{24} = 0{,}002, u_{32} = 0{,}00016, u_{33} = 0{,}00016, u_{42} = 0, u_{43} = 0, u_{44} = 0{,}996, u_{52} = 0, u_{53} = 0, u_{62} = 0, u_{63} = 0, u_{72} = 0, u_{73} = 0, u_{74} = 0{,}00029$

Her bir alternatifin fayda değeri formül 5 yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanıştır:

$U'[g(A_1)] = 0{,}1792 * 0 + 0{,}7984 * 0{,}001 + 0{,}733 * 0{,}00016 + 0{,}2669 * 0{,}00016 + 0{,}1451 * 0 + 0{,}148 * 0 + 0{,}852 * 0 = 0{,}00095838$

$U'[g(A_2)] = 0{,}3008 * 0{,}001 + 0{,}4822 * 0{,}00016 + 0{,}2293 * 0 + 0{,}7661 * 0 + 0{,}8709 * 0 + 0{,}4073 * 0 = 0{,}0003779$

$U'[g(A_3)]$ =0,0645*0+0,8741*0,001+0,9692*0,00016+0,0307*0,00016+0,7344*0 +0,2655*0+0,81*0+0+0,5*0+0,1258*0,001=0,001159

$U'[g(A_4)] = 0{,}056 * 0 + 0{,}9434 * 0{,}002 + 0{,}2448 * 0{,}00016 + 0{,}6730 * 0 + 0 + 0{,}4672 * 0 + 0{,}1113 * 0 + 0{,}8886 * 0 = 0{,}00192$

$U'[g(A_5)] = 0{,}6853 * 0 + 0{,}8711 * 0{,}001 + 0{,}9625 * 0{,}00016 + 0{,}0668 * 0 + 0{,}9331 * 0{,}996 + 0{,}8682 * 0 + 0{,}6457 * 0 + 0{,}8786 * 0$ =0,00102

$U'[g(A_6)] = 0{,}002 + 0{,}6649 * 0{,}001 + 0{,}335 * 0{,}002 + 0{,}9261 * 0{,}00016 + 0{,}4669 * 0 + 0{,}5392 * 0 + 0{,}4607 * 0 + 0{,}6236 * 0 + 0{,}5330 * 0 = 0{,}00348$

$U'[g(A_7)] = 0{,}1447 * 0 + 0{,}8552 * 0{,}002 + 0{,}9227 * 0{,}001 + 0{,}0722 * 0{,}001 + 0{,}8585 * 0{,}00016 + 0{,}1414 * 0{,}00016 + 0{,}996 + 0{,}2217 * 0 + 0{,}7782 * 0 + 0{,}6867 * 0 + 0{,}31324 * 0 + 0{,}3333 * 0{,}00029 + 0{,}6666 * 0 = 0{,}9989$

$U'[g(A_8)] = 0{,}1230 * 0 + 0{,}8441 * 0{,}001 + 0{,}8808 * 0 + 0{,}0486 * 0 + 0{,}3964 * 0 + 0{,}4286 * 0 + 0{,}5713 * 0 = 0{,}001009$

$U'[g(A_9)]$ =0,3253*0+0,002+0,00016+0,5889*0+0,4110*0+0,4317*0+0,2621*0+0 ,7378*0=0,00216

$U'[g(A_{10})] = 0{,}0086 * 0 + 0{,}00718 * 0{,}001 + 0{,}9928 * 0{,}001 + 0{,}0642 * 0{,}00016 + 0{,}9357 * 0{,}00016 + 0{,}7317 * 0 + 0{,}2682 * 0 + 0{,}7111 * 0 + 0{,}1149 * 0 + 0{,}8850 * 0 + 0{,}00029 = 0{,}001449$

Problemimizin UTA yöntemi ile çözümü sırasında belirlenen kriterler dikkate alınarak öncelikle alternatiflerin maksimum değerlerine göre normalizasyonu yapılmıştır. Böylece alternatiflerin kriterlere göre maksimum nitelikleri belirlenmiş ve buna göre sıralması $A_7 - A_6 - A_{10} - A_9 - A_4 - A_3 - A_5 - A_1 - A_8 - A_2$ olmuştur. Yöntemin ilerleyen

aşamalarında oluşturulan matematiksel model aracılığıyla elde edilen marjinal fayda değerleri, alternatiflerin kriterlere göre ortaya çıkan faydalarının hesaplanmasını ve alternatiflerin birbiri arasındaki karşılaştırma durumlarını daha gerçekçi ve doğru olarak dikkate alma imkanı sağlamaktadır. Problemimizde amaç fonksiyonun en uygun değerinin sıfır çıkması da fayda fonksiyonlarının tercih sırası ile tam uyumlu olduğunu göstermektedir. Alternatiflerin her birinin toplam faydaları hesaplanarak nihai sıralaması ise en iyiden en kötüye doğru $A_7 - A_6 - A_9 - A_4 - A_{10} - A_3 - A_5 - A_8 - A_1 - A_2$ olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Ar-Ge proje seçim problemin UTASTAR yöntemi ile çözümü

Çalışmanın bu kısmında önceki kısımda UTA yöntemi ele alınarak çözüme giden ve en iyiden en kötüye doğru sıralanan Ar-Ge proje seçim problemi, bu bölümde UTASTAR yöntemi kullanılarak ele alınacaktır. Yöntemde kullanılacak kriter ve değerlendirme puanları aynı veriler üzerinden hesaplanacaktır. Karar vericiler tarafından değerlendirilecek olan alternatifler ve bu alternatiflerin değerlendirme değerleri Çizelge 4.1'den alınmıştır. Bu yöntemde UTA yönteminden farklı olarak başlangıçta karar vericiler Ar-Ge proje alternatiflerine tahmini bir değerlendirme sıralaması yapmaktadırlar. Bu nedenle yöntemde kullanılacak veriler ve karar vericilerin sıralaması Çizelge 4.4'te birlikte verilmiştir:

Çizelge 4.4. Alternatiflerin değerleri ve karar vericilerin sıralaması

	Uygulanabilirlik (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Ticari Yön (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Teknolojik ve inovatif yeterlilik (1-100) 1-en kötü 100- en iyi	Pazar analizi (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Sosyo-Ekonomik Fayda (1-10) 1-en kötü 10- en iyi	Risk (1-3) 1-yüksek 2- orta 3-düşük	Bütçe (Türk Lirası)	Karar Vericilerin Sıralaması
ALTERNATİF1	3,3563	23,6471	46,6298	1,6437	2,4494	1,3195	45000	7
ALTERNATİF2	2,9611	17,826	28,8898	2,0476	4,0378	1,7617	90000	8
ALTERNATİF3	3,1036	36,222	41,2891	3,8729	4,1289	2,4494	80000	5
ALTERNATİF4	7,2447	14,3096	23,5215	2,8284	6,5947	1,5157	30000	2
ALTERNATİF5	4,4721	24,4948	39,7488	5,281	4,2494	1,6245	55000	3
ALTERNATİF6	7,3688	41,6081	38,9231	4,2273	5,4772	1,2311	70000	2
ALTERNATİF7	7,0503	26,8453	43,7888	6,9229	6,1357	2,2586	25000	1
ALTERNATİF8	3,2321	24,1807	17,9864	3,1942	2,5508	1,4727	35000	6
ALTERNATİF9	3,6784	49,3914	63,2041	4,1289	3,3442	2	200000	9
ALTERNATİF10	2,9803	26,084	42,0488	4,6933	3,9232	1,9105	20000	4

Daha sonra her bir kriterin maksimum (g_i^*) ve minimum (g_{i*}) değerleri ve kriter aralıkları belirlenmiştir. Belirlenen değerler ile aralık değerleri aşağıda verilen Çizelge 4.5'teki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 4.5. Kriterlerin değer aralıkları

	Uygulanabilirlik (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Ticari Yön (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Teknolojik ve inovatif yeterlilik (1-100) 1-en kötü 100-en iyi	Pazar analizi (1-10) 1-en kötü 10 -en iyi	Sosyo-Ekonomik Fayda (1-10) 1-en kötü 10- en iyi	Risk (1-3) 1-yüksek 2- orta 3-düşük	Bütçe (Türk Lirası)
g^*	7,3688	49,3914	63,2041	6,9229	6,5947	2,4494	200000
g_*	2,9611	14,3096	17,9864	1,6437	2,4494	1,2311	20000
Aralık	2	3	2	3	2	2	3
Aralık1	[2,9611; 5,1649]	[14,3096; 26,0035]	[17,9864; 40,5952]	[1,6437; 3,4034]	[2,4494; 4,522]	[1,2311; 1,8402]	[200000; 120000]
Aralık2	[5,1649; 7,3688]	[26,0035; 37.6974]	[40,5952; 63,2041]	[3,4034; 5,1631]	[4,522; 6,5947]	[1,8402; 2,4494]	[120000; 80000]
Aralık3	-	[37,6974; 49,3914]	-	[5,1631; 6,9229]	-	-	[80000; 20000]

Çizelge 4.5'te elde edilen değerler dikkate alınarak her kriter için marjinal fayda değerleri aşağıdaki formül (27) yardımıyla hesaplanmıştır. Aşağıda Alternatifin 1'in hesaplamaları gösterilmiş olup diğer alternatiflerin ayrıntılı hesaplamaları EK 2'de verilmiştir.

$$ui\,[gi(\alpha)] = \sum_{k=1}^{q-1} w_{ik} + \frac{gi(\alpha) - gi^{j}}{gi^{j+1} - gi^{j}}\, w_{iq} \quad (27)$$

Alternatif 1

$u_1[g_1(\alpha)]$

$$\sum_{k=1}^{1-1} \mathrm{w}_{10} + \frac{g_1(a) - g_1^0}{g_1^1 - g_1^0}\, w_{11} \Rightarrow \frac{3{,}3563 - 2{,}9611}{5{,}1649 - 2{,}9611}\, w_{11} = 0{,}1793 w_{11}$$

$$\sum_{k=1}^{1-1} \mathrm{w}_{20} + \frac{g_2(a) - g_2^0}{g_2^1 - g_2^0}\, w_{21} \Rightarrow \frac{23{,}6471 - 14{,}3096}{26{,}0035 - 14{,}3096}\, w_{21} = 0{,}7984 w_{21}$$

$$\sum_{k=1}^{2-1} \mathrm{w}_{31} + \frac{g_3(a) - g_3^1}{g_3^2 - g_3^1}\, w_{32} \Rightarrow \frac{46{,}6298 - 40{,}5952}{63{,}2041 - 40{,}5952}\, w_{32} = \mathrm{w}_{31} + 0{,}2669 w_{32}$$

w_{40}

w_{50}

$$\sum_{k=1}^{1-1} \mathrm{w}_{60} + \frac{g_6(a) - g_6^0}{g_6^1 - g_6^0}\, w_{51} \Rightarrow \frac{1{,}3195 - 1{,}2311}{1{,}8402 - 1{,}2311}\, w_{61} = 0{,}1451 w_{61}$$

$$\sum_{k=1}^{3-1} \mathrm{w}_{71} + \mathrm{w}_{72} + \frac{g_7(a) - g_7^2}{g_7^3 - g_7^2}\, w_{73} \Rightarrow \frac{45000 - 80000}{20000 - 80000}\, w_{73}$$

$$= \mathrm{w}_{71} + \mathrm{w}_{72} + 0{,}5833 w_{73}$$

$$A_1 = 0{,}1793 w_{11} + 0{,}7984 w_{21} + \mathrm{w}_{31} + 0{,}2669 w_{32} + 0{,}1451 w_{61} + \mathrm{w}_{71} + \mathrm{w}_{72} + 0{,}5833 w_{73}$$

Yukarıda belirlenen fayda değerleri aşağıdaki şekilde matematiksel model haline getirilmiştir. Modelde kullanılan alternatiflerin sıralaması, problem çözümünün ilk adımında karar vericiler tarafından oluşturulmuştur. Oluşturulan model aşağıda gösterilmiştir:

Min(F)=$\sigma_1^+ + \sigma_1^- + \sigma_2^+ + \sigma_2^- + \sigma_3^- + \sigma_3^+ + \sigma_4^- + \sigma_4^+ + \sigma_5^- + \sigma_5^+ + \sigma_6^- + \sigma_6^+ + \sigma_7^- + \sigma_7^+ + \sigma_8^- + \sigma_8^+ + \sigma_9^- + \sigma_9^+ + \sigma_{10}^- + \sigma_{10}^+$

Kısıtlar

$w_{11} + 0{,}8554 * w_{12} + w_{21} + 0{,}07198 * w_{22} + w_{31} + 0{,}1412 * w_{32} + w_{41} + w_{42} + w_{43} + w_{51} + 0{,}7785 * w_{52} + w_{61} + 0{,}6868 * w_{62} + w_{71} + w_{72} + 0{,}9166 * w_{73} - \sigma_7^+ + \sigma_7^- - w_{11} - 0{,}9436 * w_{12} - 0{,}2448 * w_{31} - 0{,}6732 * w_{41} - 0{,}4672 * w_{61} - w_{51} - w_{52} - w_{71} - w_{72} - 0{,}8333 * w_{73} + \sigma_4^+ - \sigma_4^- \geq 0{,}05;$

$w_{11} + 0{,}9436 * w_{12} + 0{,}2448 * w_{31} + 0{,}6732 * w_{41} + 0{,}4672 * w_{61} + w_{51} + w_{52} + w_{71} + w_{72} + 0{,}8333 * w_{73} - \sigma_4^+ + \sigma_4^- - w_{11} - w_{12} - w_{21} - w_{22} - 0{,}3344 * w_{23} - 0{,}9260 * w_{31} - w_{41} - 0{,}4682 * w_{42} - w_{51} - 0{,}4608 * w_{52} - w_{71} - w_{72} - 0{,}1666 * w_{73} + \sigma_6^+ - \sigma_6^- = 0;$

$w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{22} + 0{,}3344 * w_{23} + 0{,}9260 * w_{31} + w_{41} + 0{,}4682 * w_{42} + w_{51} + 0{,}4608 * w_{52} + w_{71} + w_{72} + 0{,}1666 * w_{73} - \sigma_6^+ + \sigma_6^- - 0{,}6856 * w_{11} - 0{,}8709 * w_{21} - 0{,}9625 * w31 - w41 - w42 - 0{,}067 * w43 - 0{,}8684 * w51 - 0{,}6458 * w61 - w71 - w_{72} - 0{,}4166 * w_{73} + \sigma_5^+ - \sigma_5^- \geq 0{,}05;$

$0{,}6856 * w_{11} + 0{,}8709 * w_{21} + 0{,}9625 * w_{31} + w_{41} + w_{42} + 0{,}067 * w_{43} + 0{,}8684 * w_{51} + 0{,}6458 * w_{61} + w_{71} + w_{72} + 0{,}4166 * w_{73} - \sigma_5^+ + \sigma_5^- - 0{,}00871 * w11 - w21 - 0{,}00688 * w_{22} - w_{31} - 0{,}0642 * w_{32} - w_{41} - 0{,}733 * w_{42} - 0{,}7110 * w_{51} - w_{61} - 0{,}1153 * w_{62} - w_{71} - w_{72} - w_{73} + \sigma_{10}^+ - \sigma_{10}^- \geq 0{,}05;$

$0{,}00871 * w_{11} + w_{21} + 0{,}00688 * w_{22} + w_{31} + 0{,}0642 * w_{32} + w_{41} + 0{,}733 * w_{42} + 0{,}7110 * w_{51} + w_{61} + 0{,}1153 * w_{62} + w_{71} + w_{72} + w_{73} - \sigma_{10}^+ + \sigma_{10}^- - 0.0646 * w_{11} - w_{21} - 0{,}8738 * w_{22} - w_{31} - 0{,}0306 * w_{32} - w_{41} - 0{,}2668 * w_{42} - 0{,}8103 * w_{51} - w_{61} - w_{62} - w_{71} - w_{72} + \sigma_3^+ - \sigma_3^- \geq 0{,}05;$

$0{,}0646 * w_{11} + w_{21} + 0{,}8738 * w_{22} + w_{31} + 0{,}0306 * w_{32} + w_{41} + 0{,}2668 * w_{42} + 0{,}8103 * w_{51} + w_{61} + w_{62} + w_{71} + w_{72} - \sigma_3^+ + \sigma_3^- - 0{,}1229 * w_{11} - 0{,}8441 * w_{21} - 0{,}8811 * w_{41} - 0{,}0489 * w_{51} - 0{,}3966 * w_{61} - w_{71} - w_{72} - 0{,}75 * w_{73} + \sigma_8^+ - \sigma_8^- \geq 0{,}05;$

$0{,}1229 * w_{11} + 0{,}8441 * w_{21} + 0{,}8811 * w_{41} + 0{,}0489 * w_{51} + 0{,}3966 * w_{61} + w_{71} + w_{72} + 0{,}75 * w_{73} - \sigma_8^+ + \sigma_8^- - 0{,}1793 * w_{11} - 0{,}7984 * w_{21} - w_{31} - 0{,}2669 * w_{32} - 0{,}1451 * w_{61} - w_{71} - w_{72} - 0{,}5833 * w_{73} + \sigma_1^+ - \sigma_1^- \geq 0{,}05;$

$0{,}1793 * w_{11} + 0{,}7984 * w_{21} + w_{31} + 0{,}2669 * w_{32} + 0{,}1451 * w_{61} + w_{71} + w_{72} + 0{,}5833 * w_{73} - \sigma_1^+ + \sigma_1^- - 0{,}3007 * w_{21} - 0{,}4822 * w_{31} - 0{,}2295 * w_{41} - 0{,}7663 * w_{51} - 0{,}8711 * w_{61} - w_{71} - 0{,}75 * w_{72} + \sigma_2^+ - \sigma_2^- \geq 0{,}05;$

$0{,}3007 * w_{21} + 0{,}4822 * w_{31} + 0{,}2295 * w_{41} + 0{,}7663 * w_{51} + 0{,}8711 * w_{61} + w_{71} + 0{,}75 * w_{72} - \sigma_2^+ + \sigma_2^- - 0{,}3254 * w_{11} - w_{21} - w_{22} - w_{23} - w_{31} - w_{32} - w_{41} - w_{42} - 0{,}4122 * w_{43} - 0{,}4317 * w_{51} - w_{61} - 0{,}2623 * w_{62} + \sigma_9^+ - \sigma_9^- \geq 0{,}05;$

$w_{11}+w_{12}+w_{21}+w_{22}+w_{23}+w_{31}+w_{32}+w_{41}+w_{42}+w_{43}+w_{51}+w_{52}+w_{61}+w_{62}+w_{71}+w_{72}+w_{73}=1;$

UTASTAR yöntemi kullanarak oluşturduğumuz matematiksel modelin çözümü GAMS programının 24.1.3 versiyonu ve CPLEX çözücüsü kullanılarak çözülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

$F = 0, w_{11} = 0{,}104, w_{12} = 0{,}019, w_{21} = 0, w_{22} = 0, w_{23} = 0, w_{31} = 0, w_{32} = 0,$
$w_{41} = 0{,}135, w_{42} = 0, w_{43} = 0{,}002, w_{51} = 0{,}119, w_{52} = 0, w_{62} = 0, w_{61} = 0, w_{71} = 0{,}401, w_{72} = 0{,}152\ , w_{73} = \ 0{,}068$

Yukarıdaki çözümlerden elde edilen sonuçlara göre amaç fonksiyonu F= 0 çıkması problemi optimal yapan çok sayıda çözümlerin olduğunu göstermektedir. Burada eniyileme çözüm adımı ile her bir kriterin ağırlığını maksimum yapabilecek değerler hesaplanmaktadır. Hesaplamalar sırasında ağırlık değerlerinin her bir kritere göre alabileceği maksimum değeri hesaplayacak şekilde matematiksel model kurularak çözüme gidilmektedir. Çalışma kapsamında alternatiflerin değerlendirilmesi için belirlenen 7 kriter üzerinden matematiksel model oluşturulmuştur. Kriterlerin bir tanesi için oluşturulan matematiksel model aşağıda gösterilmiştir:

Maks (F)=$w_{11} + w_{12}$

w_{11}+0,8554*w_{12}+w_{21}+0,07198*w_{22}+w_{31}+0,1412*w_{32}+w_{41}+w_{42}+w_{43}+w_{51}+0,7785*w_{52}+w_{61}+0,6868*w_{62}+w_{71}+w_{72}+0,9166*w_{73}-w_{11}-0,9436*w_{12}-0,2448*w_{31}-0,6732*w_{41}-0,4672*w_{61}-w_{51}-w_{52}-w_{71}-w_{72}-0,8333*w_{73} ≥ 0,05;

w_{11}+0,9436*w_{12}+0,2448*w_{31}+0,6732*w_{41}+0,4672*w_{61}+w_{51}+w_{52}+w_{71}+w_{72}+0,8333*w_{73}-w_{11}-w_{12}-w_{21}-w_{22}-0,3344*w_{23}-0,9260*w_{31}-w_{41}-0,4682*w_{42}-w_{51}-0,4608*w_{52}-w_{71}-w_{72}-0,1666*w_{73}=0;

w_{11}+w_{12}+w_{21}+w_{22}+0,3344*w_{23}+0,9260*w_{31}+w_{41}+0,4682*w_{42}+w_{51}+0,4608*w_{52}+w_{71}+w_{72}+0,1666*w_{73}-0,6856*w_{11}-0,8709*w_{21}-0,9625*w_{31}-w_{41}-w_{42}-0,067*w_{43}-0,8684*w_{51}-0,6458*w_{61}-w_{71}-w_{72}-0,4166*w_{73} ≥ 0,05;

0,6856*w_{11}+0,8709*w_{21}+0,9625*w_{31}+w_{41}+w_{42}+0,067*w_{43}+0,8684*w_{51}+0,6458*w_{61}+w_{71}+w_{72}+0,4166*w_{73}-0,00871*w_{11}-w_{21}-0,00688*w_{22}-w_{31}-0,0642*w_{32}-w_{41}-0,733*w_{42}-0,7110*w_{51}-w_{61}-0,1153*w_{62}-w_{71}-w_{72}-w_{73}≥ 0,05;

0,00871*w_{11}+w_{21}+0,00688*w_{22}+w_{31}+0,0642*w_{32}+w_{41}+0,733*w_{42}+0,7110*w_{51}+w_{61}+0,1153*w_{62}+w_{71}+w_{72}+w73-0,0646*w_{11}-w_{21}-0,8738*w_{22}-w_{31}-0,0306*w_{32}-w_{41}-0,668*w_{42}-0,8103*w_{51}-w_{61}-w_{62}-w_{71}-w_{72}≥0,05;

0,0646*w_{11}+w_{21}+0,8738*w_{22}+w_{31}+0,0306*w_{32}+w_{41}+0,668*w_{42}+0,8103*w_{51}+w_{61}+w_{62}+w_{71}+w_{72}-0,1229*w_{11}-0,8441*w_{21}-0,8811*w_{41}-0,0489*w_{51}-0,3966*w_{61}-w_{71}-w_{72}-0,75*w_{73} ≥0,05;

0,1229*w_{11}+0,8441*w_{21}+0,8811*w_{41}+0,0489*w_{51}+0,3966*w_{61}+w_{71}+w_{72}+0,75*w_{73}-0,1793*w_{11}-0,7984*w_{21}-w_{31}-0,2669*w_{32}-0,1451*w_{61}-w_{71}-w_{72}-0,5833*w_{73} ≥0,05;

0,1793*w_{11}+0,7984*w_{21}+w_{31}+0,2669*w_{32}+0,1451*w_{61}+w_{71}+w_{72}+0,5833*w_{73}-0,3007*w_{21}-0,4822*w_{31}-0,2295*w_{41}-0,7663*w_{51}-0,8711*w_{61}-w_{71}-0,25*w_{72}≥0,05;

$0{,}3007*w_{21}+0{,}4822*w_{31}+0{,}2295*w_{41}+0{,}7663*w_{51}+0{,}8711*w_{61}+w_{71}+0{,}25*w_{72}-0{,}3254*w_{11}-w_{21}-w_{22}-w_{23}-w_{31}-w_{32}-w_{41}-w_{42}-0{,}4122*w_{43}-0{,}4317*w_{51}-w_{61}-0{,}2623*w_{62} \geq 0{,}05;$

$w_{11}+w_{12}+w_{21}+w_{22}+w_{23}+w_{31}+w_{32}+w_{41}+w_{42}+w_{43}+w_{51}+w_{52}+w_{61}+w_{62}+w_{71}+w_{72}+w_{73}=1;$

Çizelge 4.6. Eniyileme analizi ve final çözümleri

	w_{11}	w_{12}	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{31}	w_{32}	w_{41}	w_{42}	w_{43}	w_{51}	w_{52}	w_{61}	w_{62}	w_{71}	w_{72}	w_{73}
$u_1(g_1^*)$	0,115	0,421	0	0	0	0	0	0,038	0,047	0	0,051	0	0,042	0	0,128	0,098	0,058
$u_2(g_2^*)$	0,146	0	0	0	0,199	0	0	0,03	0	0	0,086	0,002	0,066	0	0,264	0,14	0,067
$u_3(g_3^*)$	0,121	0,014	0	0	0	0,004	0,2	0,112	0	0	0,104	0	0	0	0,329	0,057	0,060
$u_4(g_4^*)$	0,058	0,079	0	0	0	0	0	0,045	0,043	0,309	0,083	0	0	0	0,219	0,106	0,059
$u_5(g_5^*)$	0,25	0,091	0,124	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0,186	0	0,229	0,055	0,064
$u_6(g_6^*)$	0,093	0	0,109	0	0	0	0	0,022	0	0	0,332	0,106	0	0	0	0,249	0,088
$u_7(g_7^*)$	0,088	0,051	0	0	0	0	0	0,046	0,047	0	0,083	0	0	0	0,526	0,098	0,06
Ort.	0,1244	0,0937	0,0332	0	0,0284	0,000571	0,0285	0,042	0,0195	0,0441	0,1055	0,0154	0,042	0	0,2421	0,1147	0,0651

Çizelge 4.6'da her bir kriter için eniyileme analizi yapılmış ve final sonuçları sunulmuştur. Final çözümü ile elde edilen değerler her bir alternatif için hesaplanarak sonuç elde edilmiştir. Aşağıda her bir alternatif için final sonuçları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$A_1 = 0{,}1793 * 0{,}1244 + 0{,}7984 * 0{,}0332 + 0{,}000571 + 0{,}2669 * 0{,}0285 + 0{,}1451 * 0{,}042 + 0{,}2421 + 0{,}1147 + 0{,}5833 * 0{,}0651 = 0{,}458256$$

$A_2 = 0{,}3957$

$A_3 = 0{,}574168$

$A_4 = 0{,}79269$

$A_5 = 0{,}681867$

$A_6 = 0{,}79269$

$A_7 = 0{,}923905$

$A_8 = 0{,}5077$

$A_9 = 0{,}2983$

$A_{10} = 0{,}631888$

Final sonuçlarının her bir alternatife uygulanması ile alternatiflerin final sıralaması $A_7 - A_4 = A_6 - A_5 - A_{10} - A_3 - A_8 - A_1 - A_2 - A_9$ şeklinde elde edilmiştir. Ar-Ge proje seçim probleminin UTASTAR yöntemi ile çözümü sırasında başlangıçta karar vericilerin yaptığı alternatif sıralaması $A_7 - A_4 = A_6 - A_5 - A_{10} - A_3 - A_8 - A_1 - A_2 - A_9$ ile tutarlılık analizi ile yapılan final sıralamasının aynı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu durumda karar vericilerin yaptığı alternatif sıralamalarının tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ar-Ge projelerinin ortaya konmasında en önemli amaç ülkeler arası rekabet ortamında ayakta kalabilecek yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi gelmektedir. Bu amaçla Ar-Ge projeleri ile elde edilen çıktılarda yeni ürünler, üretim süreçleri, var olan ürünlerin geliştirilmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda projelerin değerlendirilmesi, ülkemizde var olan Ar-Ge yatırımlarının doğru projelere gitmesini sağlamak oldukça önemli ve zorlu bir süreçtir. Karar vericilerin Ar-Ge projelerini sistematik bir şekilde değerlendirerek doğru projeye destek vermeleri önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada Ar-Ge projelerinin seçimi yapılırken belirlenen değerlendirme kriterleri göz önünde tutularak seçim yapılmaya çalışılmış, projelerin değerlendirilmesinde ve seçiminde UTA ve UTASTAR yöntemleri kullanılarak proje seçim modelleri önerilmiştir.

UTA metodu, doğrusal bir program kullanılarak doğrusal olmayan fayda fonksiyonun tahminini mümkün kılar. Bu özellik fayda fonksiyon katkısını korurken kriterler arası karşılıklı bağımlılığı olan bir problemi çözmeyi de mümkün kılmaktadır. UTA Metodu aynı zamanda herhangi bir sayıda nicel ve nitel kriterleri göz önünde bulundurur ve verilen bir uygulama için en uygun alternatifi seçerken kriterlerin aralarında denge kurulmasını sağlar.

Çalışmada kullanılan UTA yönteminde karar vericilerin alternatifleri değerlendirme sürecine katkısı dikkate alınmış ve tercihlerin minimum sapmasını elde edecek bir fayda fonksiyonu oluşturmak için doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Bu bağlamda UTA yöntemi karar vericilere çeşitli avantajlar sağlamakta ve karar vericilerin alternatifleri kolay ve etkili bir şekilde sıralamasını sağlamaktadır. UTA yöntemi, aynı zamanda karar probleminin nicel ve nitel kriterlerini dikkate alarak hareket edebilmektedir. Ayrıca karar problemlerini çakışan kriterler arasında çözebilmekte ve bunun için kriter ağırlıklarına gerek duymamaktadır. Ancak seçilen karar probleminin kriterlerle ilgili zor olan kısmı ise uygun kriterleri belirlemektir.

Çalışmada kullanılan ikinci yöntem olan UTASTAR yönteminde karar vericiler projelerin değerlendirme sürecine ve yaptıkları proje sıralamalarına katkıları dikkate alınarak tercihlerin pozitif yönde çift yönlü sapmasını elde edecek bir fayda fonksiyonu oluşturarak matematiksel model yardımıyla çözüm yapılmıştır.

UTASTAR yöntemi UTA yönteminin geliştirilmiş versiyonu olmasından dolayı UTA yöntemi ile birçok ortak fayda sağlamaktadır. Bu yöntem de yapısı itibari ile karar vericilere çeşitli avantajlar sağlamakta ve karar vericilerin yaptıkları alternatif sıralamalarının tutarlı olup olmadığını kontrol etmektedir. Aynı zamanda karar probleminin nicel ve nitel kriterlerini dikkate alarak hareket edebilmektedir. Ayrıca karar problemlerini çakışan kriterler arasında çözebilmektedir. UTASTAR yöntemi UTA yönteminden farklı olarak pozitif çift yönlü sapmaları minimize ederek eksik veya fazla olabilecek hata tahminlerini de göz önünde bulundurmaktadır.Buna ek olarak bu yöntem ile problemin çözümü sonrasında tutarlılık analizi yapılarak karar vericinin yaptığı sıralamanın tutarlılı olup olmadığı gözden geçirilmektedir.

Çok kriterli ve birçok alternatifin olduğu Ar-Ge projelerinin seçiminde ise maksimum faydayı sağlayan projelerin seçimi önem arz etmektedir. Kriterlerin ve alternatiflerin çok olduğu durumlarda karar vericilerin karar vermesi kolay bir durum değildir. Karar vericilerin farklı görüşlerde olması bu durumu daha da zorlaştırmaktadır.

Çalışmada bu durumu kolaylaştırmak ve maksimum faydayı sağlayan projelerin seçilmesi amacıyla ÇKKV yöntemlerinden UTA ve UTASTAR yöntemleri kullanılmış ve çalışmamız aracılığı ile Ar-Ge proje seçim problemine yenibir yaklaşım ortaya konmuştur.

UTA yöntemi ile geliştirilen matematiksel model ile başvuru yapan projelerin en iyisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kısımda karar vericilerin değerlendirme verileri kullanılarak faydalar hesaplanmış ve çözüme gidilmiştir. Bu yöntemin uygulanması sırasında karar vericinin katıldığı başka bir ksıım olmamaktadır. Fakat kullanılan UTASTAR yönteminde karar vericiler ilk adımda alternatifleri sıralamakta çözümün

diğer adımları bu sıralama ile gerçekleştirilmektedir. Yöntemde yapılan tutarlılık analizi ile de karar vericilerin sıralamasının teyit edilmesi sağlanarak Ar-Ge projelerinin doğru ve etkin bir şekilde sıralandığı ve doğru projelerin destek aldığı doğrulanmaktadır. Bu bağlamda UTASTAR yöntemi karar vericilerin değerlendirilmelerinin olduğu durumlarda kullanılabilecek bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Gelecekte bu çalışma kapsamındaki ana değerlendirme kriterleri alt kriterlere ayrılarak biraz daha ayrıntılı hale getirilerek veya mevcut kriterler genişletilerek yeni bir model oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

Aaker, D.A. and Tyebjee, T.T., 1978. A model for the selection of interdependent R&D projects. IEEE Transactions on engineering management, (2), 30-36.

Abo-Sinna, Mahmoud. A., Al-Azzaz, Abdalah, S., 2000. Multi-objective R&D project selection problem under fuzziness. Modelling, Measurement and Control D, 21 (1-2), 27-55.

Aker, P.,2010. A DEA based sorting approach for industrial R&D projects.Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Akıllı, K., 2018. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Bursiyer Seçimi Üzerine Bir Uygulama. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.

Al-Mazidi, S., Ghosn, A.A., 1997.A management model for technology and R&D selection. International Journal of Technology Management, 13(5-6), 525-541.

Altaş, M.,2012. Ar-Ge Kaynaklı Savunma Projelerinin Proje Yaşam Döngüsü Süreçleri Üzerine Bir Araştırma. Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü. Ankara .

Altunok, M. and Metin, H., 2003. Karşılaştırmalı Bir Yaklaşımla Karar Verme Modelleri. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi-Journal of Social Sciences, 2003-2.

Angilella, S., Greco, S., Lamantia, F., Matarazzo, B., 2004. Assessing non-additive utility for multicriteria decision aid. European Journal of Operational Research, 158(3), 734-744.

Arslan, M., and Arslan, S., 2010. Yatırım fonu performans ölçütleri, regresyon analizleri ve MANOVA yöntemine göre A, B ve borsa yatırım fonlarının karşılaştırmalı analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, *2*(2), 3-20.

Arunachalam, N., Sathya, E., Begum, S.H., Makeswari, M., 2013. An Ontology Based Text Mining Framework for R&D Project Selection. International Journal of Computer Science & Information Technology, 5(1), 161.

Athawale, V.M., Rajanikar, K., Shankar, C.,2011. Decision Making For Material Selection Using The UTA Method. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 57,1-4.

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.

Aydin, A., and Parker, R.P., 2018. Innovation and technology diffusion in competitive supply chains. European Journal of Operational Research, 265 (3), 1102-1114.

Baker, N.R.,1974. R & D project selection models: An assessment. IEEE Transactions on Engineering Management, (4), 165-171.

Bard, J.F., Balachandra, R., Kaufmann, P.E.,1988. An interactive approach to R&D project selection and termination. IEEE Transactions on Engineering Management, 35(3), 139-146.

Bayülken, Y., 2017. Makina İmalat Sanayi Sektör Araştırması Oda Raporu. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

Beuthe, M., Scannella, G., 2001. Comparative analysis of UTA multicriteria methods. European Journal of Operational Research, 130(2), 246.262.

Bilen, İ., E., 2010. Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) Ve Ekonomik Büyüme: Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Bir Uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Bin, A., Azevedo, A., Duarte, L., Salles-Filho, S., Massaguer, P., 2015.R&D And Innovation Project Selection: Can Optimization Methods Be Adequate? . Procedia Computer Science, 55, 613-621.

Bordley, R.F., 998.R&D project selection versus R&D project generation. IEEE Transactions on Engineering Management, 45(4), 407-413.

Bous, G., Fortemps, P., Glineur, F., Pirlot, M., 2010. ACUTA: A novel method for eliciting additive value functions on the basis of holistic preference statements. European Journal of Operational Research, 206(2), 435-444.

Cabral-Cardoso, C., Payne, R.L., 1996. Instrumental and supportive use of formal selection methods in R&D project selection. IEEE Transactions on Engineering Management, 43(4), 402-410.

Calof, J., Smith, J.,2010. The integrative domain of foresight and competitive intelligence and its impact on R&D management. R&D Management, 40(1), 31-39.

Cengiz, D., 2012. Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine karşılaştırmalı analiz.Yüksek LisansTezi ,Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.

Chen, C.T., Hung, W.Z., 2008.Applying fuzzy linguistic variable and ELECTRE method in R&D project evaluation and selection. In 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE, 999-1003.

Cheng, C.H., Liou, J., and Chiu, C.Y., 2017. A consistent fuzzy preference relations based ANP model for R&D project selection. Sustainability, 9(8), 1352.

Cheung, M.T., Greenfield, P.F., Liao, Z.,2009. Selecting R&D projects for technology-based innovation: Knowledge management in the face of embarras de choix. Journal of General Management, 35 (4), 61-80.

Chhipi-Shrestha, G., Kaur, M., Hewage, K., Sadiq, R., 2018.Optimizing residential density based on water–energy–carbon nexus using UTilités Additives (UTA) method. Clean Technologies and Environmental Policy, 1-16.

Cho, KT., Kwon, C.S., 2004. Hierarchies with dependence of technological alternatives: A cross-impact hierarchy process. European Journal of Operational Research, 156(2), 420-432.

Chun, Y.H., 1994. Sequential decisions under uncertainty in the R&D project selection problem. IEEE Transactions on Engineering Management, 41(4), 404-413.

Coffın, M.A., Taylor III, B.W., 1996. R&D project selection and scheduling with a filtered beam search approach. IIE transactions, 28(2), 167-176.

Coffin, M.A., Taylor III, B.W., 1996.Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic. Computers and Operations Research, 23 (3), 207-220.

Coldrick, S., Lawson, C.P., Ivey, P.C., Lockwood, C., 2002.A decision framework for R&D project selection. In IEEE International Engineering Management Conference IEEE, 1, 413-418.

Coldrick, S., Longhurst, P., Ivey, P., Hannis, J., 2005. An R&D options selection model for investment decisions. Technovation, 25(3), 185-193.

Collan, M., Fedrizzi, M., Luukka, P., 2015.New closeness coefficients for fuzzy similarity based fuzzy TOPSIS: an approach combining fuzzy entropy and multidistance. Advances in Fuzzy Systems, 2015, 7.

Collan, M., Fedrizzi, M., Luukka, P., 2016.Multi-distance and fuzzy similarity based fuzzy topsis. Studies in Computational Intelligence, 613, 227-244.

Collan, M., Luukka, P., 2014.Evaluating R&D projects as investments by using an overall ranking from four new fuzzy similarity measure-based TOPSIS variants. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 22(3), 505-515.

Cook, W.D.and Seiford LM.,1982. R&D project selection in a multidimensional environment: A practical approach. Journal of the Operational Research Society, 33(5), 397-405.

Costello, D., 1983. A practical approach to R&D project selection. Technological Forecasting and Social Change, 23(4), 353-368.

Czajkowski, A.F., Jones, S., 1986. Selecting interrelated R & D projects in space technology planning. IEEE Transactions on Engineering management, (1), 17-24.

De Piante Henriksen, A., Palocsay, S.W.,2008.An excel-based decision support system for scoring and ranking proposed R&D projects. International Journal of Information Technology & Decision Making, 7(03), 529-546.

Demesouka, O. E., Anagnostopoulos, K. P. and Siskos, E., 2019. Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece. European Journal of Operational Research, 272(2), 574-586.

Demesouka, O.E., Vavatsikos, A.P., Anagnostopoulos, K.,2013. Spatial UTA (S-UTA)–A new approach for raster-based GIS multicriteria suitability analysis and its use in implementing natural systems for wastewater treatment. Journal of environmental management, 125, 41-54.

Despotis, D.K., Yannacopoulos, D., Zopounidis, C., 1990. A review of the UTA multicriteria method and some improvements. Foundations of Computing and Decision Sciences, 15, 63-76.

Devaud, J.M., Groussaud, G., Jacquet-Lagreze, E., 1980. UTADIS: Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives rendant compte de jugements globaux. European Working Group on Multicriteria Decision Aid, Bochum, 94.

Doumpos, M., Zopounidis, C., and Hecker, S. 1997. Multicriteria Evaluation of Transportation Firms in Greece. IFAC Proceedings Volumes, 30(8), 157-162.

Duckstein, L., Treichel, W., Magnouni, S.E., 1994. Ranking ground-water management alternatives by multicriterion analysis. Journal of Water Resources Planning and Management, 120(4), 546-565.

Eckhause, J.M., Gabriel, S.A., Hughes, D.R.,2012. An integer programming approach for evaluating R&D funding decisions with optimal budget allocations". IEEE Transactions on Engineering Management, 59(4), 679-691.

Erdin, E., 2018. Hastane Personeli Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Karşılaştırmalı Analizi. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.

Ersöz, F.,and Kabak, M., 2010. Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. Savunma Bilimleri Dergisi, 9(1), 97-125.

Eshlaghy, A.T., Razi, F.F.,2014. A hybrid grey-based k-means and genetic algorithm for project selection. International Journal of Business Information Systems, 18(2), 141-159.

Fahrni, P., Spätig, M., 1990.An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation methods. R&D Management, 20(2), 155-171.

Farah, M., 2009. Ordinal Regression Based Model for Personalized Information Retrieval. In Conference on the Theory of Information Retrieval, Springer, Heidelberg, Berlin, 66-78.

Feng, B., Ma, J., Fan, Z.P.,2011.An integrated method for collaborative R&D project selection: Supporting innovative research teams. Expert Systems with Applications, 38(5), 5532-5543.

Feng, J., Li. X.,2009.Making multiple attribute decision with DEA method. Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science and Engineering Management, 29-32.

Fernandez, E., Lopez, F., Navarro, J., Vega, I., Litvinchev, I.,2009.An integrated mathematical-computer approach for R&D project selection in large public organisations. International Journal of Mathematics in Operational Research, 1(3), 372-396.

Fırat, P., 2009. *Proje Risk Yönetiminde Olgunluk Seviyesi İçin Yeni Bir Yaklaşım.Doktora Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Figueira, J., Greco, S., Slowinski, R., 2009. Building a set of additive value functions representing a reference preorder and intensities of preference: GRIP method. European Journal of Operational Research, 195, 460–486.

Fiksel, J., Cox, L.A., Richardson, D.L., Adamantiades, A.G., 1983.Selection of nuclear safety research and development projects through value-impact analysis. Nuclear Safety, 24(1), 12-25.

Gedik, T., Akyüz, K. C., and Akyüz, İ., 2005. Yatırım Projelerinin Hazırlanması Ve Değerlendirilmesi (İç Karlılık Oranı ve Net Bugünkü Değer Yöntemlerinin İncelenmesi). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *7*(7), 51-61.

Ghaderi, M., Ruiz, F., and Agell, N. 2015. Understanding the impact of brand colour on brand image: A preference disaggregation approach. Pattern Recognition Letters, 67, 11-18.

Ghaderi, M., Ruiz, F.J. and Agell, N. 2014. Understanding color trends by means of non-monotone utility functions. In CCIA ,107-115.

Ghasemzadeh, F., Norman, P.A.,2000. Project Portfolio Selection Through Decision Support. Decision Support Systems, 29(1), 73-88.

Gomes, L., Flávio, A.M., Luís, A.D.R., 2009. Determining The Utility Functions Of Criteria Used in The Evaluation Of Real Estate. International Journal Of Production Economics. 117(2), 420-426.

González-Araya, M.C., Rangel, L.A.D., Lins, M.P.E., Gomes, L.F.A.M., 2002. Building the additive utility functions for CAD-UFRJ evaluation staff criteria. Annals of Operations Research, 116(1-4), 271-288.

Gosenheimer, C., 2012.Project Prioritization: A Structured Approach To Working On What Matters Most. Office of Quality Improvement University of Wisconsin, 1,3-6.

Graves, S.B., Ringuest, J.L., 1992. Choosing the best solution in an R&D project selection problem with multiple objectives. The Journal of High Technology Management Research, 3(2), 213-224.

Graves, S.B., Ringuest, J.L., 2012.Patient decision making: Exponential versus hyperbolic discounting. Managerial and Decision Economics, 33(7-8), 453-462.

Greco, S., Mousseau, V., Slowinski, R., 2008. Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions. European Journal of Operational Research, 191, 416–436.

Grigoroudis, E., 2017. Environmental performance evaluation in the context of ISO 14031 using a fuzzy multiple criteria approach. International Journal of Multicriteria Decision Making, 7(2), 91-115.

Grigoroudis, E., Orfanoudaki, E., and Zopounidis, C., 2012. Strategic performance measurement in a healthcare organisation: A multiple criteria approach based on balanced scorecard. Omega, 40(1), 104-119.

Grigoroudis, E., Zopounidis, C., 2012. Developing an employee evaluation management system: the case of a healthcare organization. Operational research, 12(1), 83-106.

Gruca, A., Sikora, M., 2012. Identification of the compound subjective rule interestingness measure for rule-based functional description of genes. In International Conference on Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications. Springer, Heidelberg, Berlin, 125-134.

Gruca, A., Sikora, M., 2013. Rule Based Functional Description Of Genes–Estimation Of The Multicriteria Rule Interestingness Measure By The UTA Method. Biocybernetics And Biomedical Engineering,33(4), 222-234.

Güryeli, M., 2016. Ar-Ge Projeleri Seçim Probleminin AHP Yöntemi İle İncelenmesi: Kamu Destekli Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Habib, M., Khan, R., Piracha, J.L.,2009.Analytic network process applied to R&D project selection. In 2009 International Conference on Information and Communication Technologies, 274-280.

Haddad, A.N., Candido, R.M., Freitas, A.L.P., and Rosa, L.V.,2015.Selection of R & D projects through Technological, Social and Environmental Analysis. In IIE Annual Conference. Proceedings (3150). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

Haider, H., Singh, P., Ali, W., Tesfamariam, S., and Sadiq, R., 2015. Sustainability evaluation of surface water quality management options in developing countries: multicriteria analysis using fuzzy UTASTAR method. Water Resources Management, 29(8), 2987-3013.

Heidenberger, K., Stummer, C., 1999. Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches. International Journal of Management Reviews, 1(2), 197-224.

Henig, M.I., Katz, H., 1996. R&D project selection: A decision process approach. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 5(3), 169-177.

Henriksen, A.D., Traynor, A.J.,1999. A practical R&D project-selection scoring tool. IEEE Transactions on Engineering Management, 46(2), 158-170.

Hsu, Y.G., Tzeng, G.H., Shyu, J.Z .,2003.Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects. R&D Management, 33(5), 539-551.

Huang, C.C., Chu, P.Y., 2011.Using the fuzzy analytic network process for selecting technology R&D projects. International journal of technology management, 53(1), 89-115.

Huang, C.C., Chu, P.Y., Chiang, Y.H., 2008.A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. Omega, 36(6), 1038-1052.

Huang, X., Zhao, T., 2014.Project selection and scheduling with uncertain net income and investment cost. Applied Mathematics and Computation, 247, 61-71.

Hung, Y.H., Huang, M.L., Fanchiang, K.L.,2012. Applying the fuzzy analytic network process to the selection of an advanced integrated circuit (IC) packaging process development Project. International Journal of Physical Sciences, 7(2), 281-296.

Inuiguchi, M., Inoue, H., 2018. A Fuzzily Partitioned Interval Function Model for Ordinal Regression. In 2018 4th International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS), Kuala Lumpur, Malaysia.

Ishizaka, A., Nemery, P., 2013. Multi-criteria decision analysis: methods and software, First Edition, Published by John Wiley & Sons, Ltd.

Işık, A.T., Adalı, E.A., 2016. UTA Method for the Consulting Firm Selection Problem. Journal of Engineering Science & Technology Review, 9(1),56-60.

Jacquet-Lagreze, E, Siskos, J., 1982.Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. European journal of operational research, 10(2), 151-164.

Jacquet-Lagreze, E., and Siskos, Y., 2001. Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. European Journal of Operational Research, 130(2), 233-245.

Júnior, O.P.D., 1988. The R & D project selection problem with fuzzy coefficients. Fuzzy Sets and Systems, 26(3), 299-316.

Karande, P., Chakraborty, S., 2015. Supplier Selection Using Weighted Utility Additive Method. Journal of The Institution of Engineers (India),96(4), 397-406.

Karasakal, E,. Aker, P., 2017. A Multicriteria Sorting Approach Based On Data Envelopment Analysis For R&D Project Selection Problem. Omega, 73, 79-92.

Kaynar, N., Karsu, Ö.,2018. Equitable decision making approaches over allocations of multiple benefits to multiple entities. Omega, 81, 85-98.

Kiper, M. (2004). Teknoloji Transfer Mekanizmalari Ve Bu Kapsamda Üniversite–Sanayi İşbirliği. TEKNOLOJİ, 59.

Kuchta, D., 2001. A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource interactions. The Engineering Economist, 46(3), 164-180.

Latipova, A.T.,2015. On Optimization Of R&D Project Selection And Scheduling. IFAC-PapersOnLine, 48 (25), 6-10, 2015.

Lawson, C.P., Longhurst, P.J. and Ivey, P.C., 2006.The application of a new research and development project selection model in SMEs. Technovation, 26(2), 242-250.

Lee, J., Lee, S., Bae., Z.T., 1986. R&D project selection: behavior and practice in a newly industrializing country. IEEE transactions on engineering management, (3), 141-147.

Lee, M., Om, K., 1997. The concept of effectiveness in R&D project selection. International Journal of Technology Management, 13(5-6), 511-524.

Li, C.H., Sun, Y.H. and Du, Y.W., 2008.A new MCDM approach based on cross-impact analysis for ranking dependent alternatives. In 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, IEEE, 1-4.

Liang, D., Xu, Z., Liu, D., and Wu, Y.,2018. Method for three-way decisions using ideal TOPSIS solutions at Pythagorean fuzzy information. Information Sciences, 435, 282-295.

Liberatore, M.J., 1986. R&D project selection. Telematics and Informatics, 3(4), 289-300.

Liberatore, M.J., 1987. An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. IEEE Transactions on Engineering Management, (1), 12-18.

Liberatore, M.J., 1988. An expert support system for R&D project selection. Mathematical and Computer Modelling, 11, 260-265.

Liu, F., Chen, Y.W., Yang, J.B., Xu, D.L. and Liu, W.,2019. Solving multiple-criteria R&D project selection problems with a data-driven evidential reasoning rule. International Journal of Project Management, 37(1), 87-97.

Liu, F., Zhu, W.D., Chen, Y.W., Xu, D.L., Yang, J.B.,2017. Evaluation, ranking and selection of R&D projects by multiple experts: an evidential reasoning rule based approach. Scientometrics, 111(3), 1501-1519.

Liu, O., Wang, J., Ma, J., Sun, Y.,2016.An Intelligent Decision Support Approach For Reviewer Assignment İn R&D Project Selection. Computers In Industry, 76, 1-10.

Loch, C.H., Pich, M.T., Terwiesch, C., Urbschat, M., Selecting R&D projects at BMW: A case study of adopting mathematical programming models. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(1), 70-80.

Luo, H., Zhao-xu, S., 2014.A Study On Stock Ranking And Selection Strategy Based On UTA Method Under The Condition Of İnconsistence. In 2014 International Conference on Management Science & Engineering 21th Annual Conference Proceedings, 1347-1353.

Macit, B., 2010. Devlet Destekli Özel Sektör Ar-Ge Projeleri Seçim Probleminin Bulanık Yaklaşımla Ele Alınması.Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Makui, A. and Mohammadi, E., 2019. A MCDM-based approach using UTA-STRAR method to discover behavioral aspects in stock selection problem. International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 30(1), 85-95.

Makui, A. and Momeni, M., 2012. Using CSW weight's in UTASTAR method. Decision Science Letters, 1(1), 39-46.

Marcondes, G.A.B. and Leme, R.C.,2017. R&D projects selection in telecommunications under uncertainty and resource restrictions using scheduling. IEEE International Conference on Communications Workshops, IEEE.

Mastorakis, K., and Siskos, E., 2016. Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques. *Omega*, *59*, 84-96.

Matsatsinis, N.F., Grigoroudis, E., Siskos, E., 2018. Disaggregation Approach to Value Elicitation. In: Dias L, Morton A, Quigley J. (eds) Elicitation, International Series in Operations Research & Management Science, Springer, Cham, 313-348.

Meade, L.M., Presley, A., 2002. R&D Project Selection Using The Analytic Network Process. IEEE Transactions On Engineering Management, 49(1), 59-66.

Mehrez, A., 1988. Selecting R&D projects: A case study of the expected utility approach. Technovation, 8(4), 299-311.

Minnetti, V., 2017. On the UTA Methods for Solving the Model Selection Problem. International Conference on Optimization and Decision Science, Springer, Cham, 59-67.

Mohaghar, A., Fathi, M.R., Faghih, A., Turkayesh, M.M.,2012.An İntegrated Approach Of Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS For R&D Project Selection: A Case Study. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6(2), 66-75.

Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K. and Tiwari, M.K., 2005.A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: a case study. International Journal of Production Research, 43(24), 5199-5216.

Moore, J.R., Baker, N.R., 1969.An analytical approach to scoring model design—Application to research and development project selection. IEEE Transactions on Engineering Management, (3), 90-98.

Morano, P., Tajani, F., Locurcio, M., 2018. Multicriteria analysis and genetic algorithms for mass appraisals in the Italian property market. International Journal of Housing Markets and Analysis, 11(2), 229-262.

Murray, S.L., Alpaugh, A., Burgher, K., Flachsbart, B.,2011.Development Of A Systematic Approach To Project Selection For Rural Economic Development. Journal Of Rural And Community Development 5(3).

Narayan, P., Meyer, P., Campbell, D., 2013. Embedding human expert cognition into autonomous UAS trajectory planning. IEEE transactions on cybernetics, 43(2), 530-543.

OECD, Frascati Kılavuzu, 2002. Bilimsel Ve Teknolojik Faaliyetlerin Ölçümü, TÜBİTAK Yayınları.

Öztel, A., 2016. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım .Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Papapostolou, A., Karakosta, C., Marinakis, V., and Flamos, A., 2016. Assessment of RES cooperation framework between the EU and North Africa: A multicriteria approach based on UTASTAR. International Journal of Energy Sector Management, 10(3), 402-426.

Patiniotakis, I., Apostolou, D., and Mentzas, G., 2011. Fuzzy UTASTAR: A method for discovering utility functions from fuzzy data. Expert Systems with Applications, 38(12), 15463-15474.

Peker, D.,2014. AR-GE Projelerinin Önceliklendirilmesi Ve Seçimi İçin Çok Kriterli Bir Model Önerisi.Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Pesen, E.,2012. Analitik Hiyerarşi Proses ile Ar-Ge Projesi Seçimi: İş Makinaları Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin, Türkiye.

Ringuest, J.L., Graves, S.B., 1989.The Linear Multi-Objective R&D Project Selection Problem. IEEE Transactions on Engineering Management, 36 (1), 54-57.

Ringuest, J.L., Graves, S.B., 1990. The linear R&D project selection problem: an alternative to net present value. IEEE Transactions on Engineering Management, 37(2), 143-146.

Roszkowska, E., 2016.The Application of UTA Method for Support Evaluation. Negotiation Offers, 2(80) , 144-162.

Roy, B ., 2019.Multicriteria methodology for decision aiding. Boston, MA: Springer.

Saaty, T. L., 1994. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Interfaces, 24(6), 19-43.

Salimi, N., Jafar, R., 2018. Evaluating Firms' R&D Performance Using Best Worst Method. Evaluation And Program Planning, 66, 147-155.

Santhanam, R., Kyparisis, G.J., A decision model for interdependent information system project selection. European Journal of Operational Research, 89(2), 380-399.

Sarul, L.S.,2015. UTA. Operasyonel, Yönetsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Yıldırım FB, Önder E. Türkiye, 279,290.

Schmidt, R.L. 1993. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. IEEE Transactions on Engineering Management, 40(4), 403-410.

Sen, P., Yang, J.B.,2012. Multiple criteria decision support in engineering design. Springer Science & Business Media.

Silva, T., Jian, M., Chen, Y.,2014. Process analytics approach for R&D project selection. ACM Transactions on Management Information Systems, 5(4), 21.

Silvennoinen, P., 1994. R&D project selection for promoting the efficiency of energy use. R&D Management, 24(4), 317-324.

Siskos, J., 1983.Analyse de systèmes de décision multicritère en univers aléatoire. Foundations of Control Engineering, 10(3-4), 193-212.

Siskos, Y., Evangelos, G., Nikolaos, F.M., 2005. UTA Methods, Multiple Criteria Decision Analysis. Springer, 297-335.

Siskos, Y., Evangelos, G., Nikolaos, F.M., 2016. UTA Methods, Multiple Criteria Decision Analysis. Springer, 315-362.

Siskos, Y., Yannacopoulos, D., 1985.UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions. Investigaçao Operacional, 5(1), 39-53.

Soba, M. Şimşek, A., Erdin, E., Can, A., 2016. Ahp temelli vikor yöntemi ile doktora öğrenci seçimi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (50), 109-132.

Spyridakos, A., 2012. Aggregation Of Individual Preference Models İn Collaborative Decision Making Through Disaggregation-Aggregation Approach With The RACES System. In DSS, 241-252.

Stavrou, D.I., Siskos, E.Y., Ventikos, N.P., Psarras, J.E., 2018. Robust Evaluation of Risks in Ship-to-Ship Transfer Operations: Application of the STOCHASTIC UTA Multicriteria Decision Support Method. Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics. Springer, Cham, 175-218.

Stewart, T.J., 1987. Pruning of decision alternatives in multiple criteria decision making, based on the UTA method for estimating utilities. European Journal of Operational Research, 28(1), 79-88.

Sun, H., Ma, T., 2005.A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling. Technovation, 25(11), 1355-1361.

Taylor III, B.W., Moore, L.J.and Clayton, E.R., 1982.R&D project selection and manpower allocation with integer nonlinear goal programming. Management science, 28(10), 1149-1158.

Thal Jr, A.E., Mayer, G.C., Weir, J.D., 2010. Strategic R&D Project Selection Using Decision Analysis". In IIE Annual Conference. Proceedings. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE) Cancun, Mexico.

Thesari, S.S., Trojan, F. and Batistus, D.R., 2019. A decision model for municipal resources management. Management Decision.

Tian, Q, Ma, J., Liang, J., Kwok, R.C., Liu, O., 2005.An organizational decision support system for effective R&D project selection. Decision Support Systems, 39(3), 403-413.

Tian, Q., Ma, J., Liang, C.J., Kwok, R.C.W., Liu, O., Zhang, Q., 2002.An organizational decision support approach to R and D project selection. In Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences IEEE.

Tian, Q., Ma, J., Liu, O., 2002.A hybrid knowledge and model system for R&D project selection. Expert systems with applications, 23(3), 265-271.

Tolga, A.Ç. and Kahraman, C., 2011.Ar-Ge projelerinin gerçek opsiyon değerleme bütünleşik bulanık çok ölçütlü modelle seçimi. *İTÜDERGİSİ,* 8.4.

Tolga, A.Ç., 2008.Fuzzy multicriteria R&D project selection with a real options valuation model. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 19(4,5), 359-371.

Tolga, A.Ç., 2009. Araştırma Geliştirme Projelerinin Değerlendirilmesine Bulanık Gerçek Opsiyon Yaklaşımı.Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tolga, A.Ç., Kahraman C., 2008. Fuzzy multi-criteria evaluation of R&D projects and a fuzzy trinomial lattice approach for real options. In 2008 3rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering IEEE,1,418-423.

Tolga, A.Ç., Kahraman, C., 2008.Fuzzy multiattribute evaluation of R&D projects using a real options valuation model. International Journal of Intelligent Systems, 23(11), 1153-1176.

Ünal, T., Seçilmiş, N., 2013. Ar-Ge Göstergeleri Açısından Türkiye ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslaması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, *1*(1), 12-25.

Van, N.D., 2013. Global maximization of UTA functions in multi-objective optimization. European Journal of Operational Research, 228(2), 397-404.

Venkatraman, R., Venkatraman, S., 1995. R&D project selection and scheduling for organizations facing product obsolescence. R&D Management, 25(1), 57-70.

Verbano, C., Nosella, A.,2010. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. European Journal of Innovation Management, 13(3), 355-379.

Vislosky, D.M., Fischbeck, P.S., A mental model approach applied to R&D decision-making. International Journal of Technology Management, 19(3-5), 453-471.

Vonortas, N.S., Hertzfeld, H.R., 1998. Research and development project selection in the public sector. Journal of Policy Analysis and Management, 17 (4), pp. 621-638.

Walter, B., Błażej, P., Multi-Criteria Detection Of Bad Smells In Code With UTA Method. International Conference On Extreme Programming And Agile Processes İn Software Engineering, Springer,154-161.

Wan, S.P., Xu, G., Wang, F., and Dong, J., 2015.A New Method For Atanassov's Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy MAGDM With Incomplete Attribute Weight İnformation. Information Sciences, 316, 329-347.

Wang, J.Q., 2006. Fuzzy Multi-Criteria UTA Approach With Uncertain Information. Systems Engineering And Electronics. 28(4), 545-550.

Wang, Z., Zhang, S., Kuang, J.,2010. A dynamic MAUT decision model for R&D project selection. In Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE), 1,423-427.

Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemba, P., Karczmarczyk, A., and Zioło, M. 2019. Generalised framework for multi-criteria method selection. Omega, 86, 107-124.

Wu ,J., Chu, J., Zhu, Q., Li, Y., and Liang, L.,2016. Determining common weights in data envelopment analysis based on the satisfaction degree. Journal of the Operational Research Society, 67(12), 1446-1458.

Wu, J., Chu, J., Sun, J., Zhu, Q., Liang, L.,2016. Extended secondary goal models for weights selection in DEA cross-efficiency evaluation. Computers & Industrial Engineering, 93, 143-151.

Wu, J., Liang, L., Yang, F. and Yan, H., 2009. Bargaining game model in the evaluation of decision making units. Expert Systems with Applications, 36(3), 4357-4362.

Yakıcı, A.T., 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.

Yao, T., 2006.Dynamic R&D Projects Selection: The Role of Uncertainty and Managerial flexibility. IIE Annual Conference. Proceedings. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

Yi ,C., 2008. A Decision-Making Approach for R&D Project Selection in a Fuzzy Environment. In 2008 International Seminar on Business and Information Management.

Yi, C., Ning, Y., Jin, Q., 2008. A fuzzy multi-criteria evaluation approach for R&D project selection. In 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, IEEE, 1-4.

Yuen, K.K. and Lau, H.C. ,2009. A Linguistic Possibility-Probability Aggregation Model for decision analysis with imperfect knowledge. Applied Soft Computing, 9(2), 575-589.

Yurttakalan, S., 2018.Çok kriterli karar verme yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi tekniği ile kayak merkezlerinin tercih edilme yönelimlerinin değerlendirilmesi . Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.

Yücel, M. M. and Ulutaş, A., 2009. Çok kriterli karar yöntemlerinden electre yöntemiyle Malatya'da bir kargo firması için yer seçimi, 9-17.

Zerenler, M., Necdet, T., Esen, Ş.,2007. Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) Ve Yenilik İlişkisi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,1(17), 653-667.

Zolfani, S.H., Salimi, J., Maknoon, R., Kildiene, S.,2015.Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. Engineering Economics, 26(5), 571-580.

ÖZGEÇMİŞ

9 Şubat 1990 tarihinde Erzurum'da doğdu. 2008 yılında Erzurum Mecidiye Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2013 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.2018 yılında Erzurum Teknik Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulma ve Araştırma Merkezi'ne Öğretim Görevlisi olarak atandı.

Yayınlar

Makale;

Binici E., Aksakal, E., 2019. Ar-Ge proje seçim problemine yeni bir yaklaşım ve çözüm önerisi: UTA yöntemi. Pamukkale Univ Muh Bilim Derg. Baskıdaki Makaleler: PAJES-45945 | DOI: 10.5505/pajes.2019.45945 .

Bildiriler;

Tam Metin Bildiri;

Aksakal, E.,Binici, E.,2018. Research and Development Project Selection using UTA Method. 11th Triennial Conference of Association of Asia Pacific Operational Research Societies. Kathmandu, NEPAL.

Özet Bildiri;

Aksakal, E.,Binici, e.,2018. RD Project Selection with use of ANP and DEMA-TEL Methods.OperationsResearch, Brussels.