



Ar-Ge proje seçim problemine yeni bir yaklaşım ve çözüm önerisi: UTA yöntemi

A new approach to R&D project selection problem and a solution proposal: UTA method

Ela BİNİCİ^{1*}, Erdem AKSAKAL²

¹Proje Uygulama ve Araştırma Merkezi, Erzurum Teknik üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

ela.binici@erzurum.edu.tr

²Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

erdem.aksakal@atuni.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 02.11.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 19.03.2019

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.45945

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Küreselleşmenin hızla arttığı günümüzde rekabet edebilirliğin temeli bilgiye dayanmaktadır. Bilgi, Ar-Ge çalışmaları ile sistematik hale getirilerek bilim ve teknolojiye dönüşür. Bir ülkenin kalkınması katma değer üretmesi, istihdam sağlayabilmesi, üretimlerini sürekli artırarak devam ettirebilmesi ancak bilgi birikiminin artması ve artan bilginin bilim ve teknolojiye dönüştürülmesi ile mümkündür. Ürün ve hizmet çeşitliliğinin çok fazla olduğu göz önüne alındığında ülkelerin ve üreticilerin bu faaliyetlerini sürdürebilmeleri ve rekabet edebilmeleri için yenilikler ortaya koyması gerekmektedir. Bu konuda araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) büyük önem taşımaktadır. Ar-Ge, hali hazırda bulunan bilgilerden yeni ürün, yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesi veya yeni teknolojilerin, ürünlerin, üretim yöntemlerinin elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemiz de Ar-Ge yatırımlarını teşvik etmekte ve Ar-Ge yatırımlarına destek vermektedir. Bu kapsamda birçok kurum ve kuruluş girişimcilerin, firmaların, akademisyenlerin Ar-Ge projelerini sağladığı katma değer oranında desteklemektedir. Ar-ge boyutunda desteğin belirlenmesinde etkin olacak katma değer ise fayda olarak değerlendirilebilir. Bu amaçla desteklerin etkin bir şekilde kullanılması göz önüne 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. Yöntemin çözüm aşamasında elde edilen matematiksel modelin çözümü için de GAMS Programından yararlanılmıştır. Bulunan çözümün fayda temelli olmasından dolayı projelerin daha etkin ve doğru şekilde sıralanmasına destek sağlanabileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: UTA Yöntemi, Ar-Ge proje seçimi, Çok kriterli karar verme yöntemi

Abstract

Nowadays with the rapid increase in globalization, competitiveness is based on the information. Information is transformed into science and technology by systematizing with research and development studies. The development of a country, producing added value, providing employment, continuing to increase in production continuously is only possible by increasing the information content and by converting the increasing information into science and technology. Considering the variety of products and services is very much, innovation is necessary for countries and producers for to continue and compete in the activities. In this regard, research and development (R&D) carries great importance. R&D can be defined as the development of new products, new production methods, or the acquisition of new technologies, products, production methods from present information. As it is in other countries, our country also encourages R&D investments and supports R & D investments. In determining the size of support according to the R&D dimension, the value added which will be effective can be evaluated as benefit. For this purpose, in our study, the projects were ranked in a competition where R & D projects are selected by considering the efficient use of supports. In this sense, the UTA Method which is one of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods was preferred for the solution process for our problem. UTA method preferred because of its considering marginal utility structure and linear programming approach. The GAMS program was used to solve the mathematical model obtained during the solution process. Because of being benefit-based, it has been tried to be shown that the solution can support the ranking of projects more effectively and correctly.

Keywords: UTA method, Selection of R&D projects, Multi criteria decision method

1 Giriş

Teknolojinin hızla değiştiği ve geliştiği günümüz dünyasında, ülkelerin gelişmişlik seviyeleri bilgiyi teknolojiye dönüştürmeleri ile doğru orantılı olacak hale gelmiştir. Bilginin teknolojiye dönüşümü sırasında Ar-Ge 'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Ar-Ge çalışmaları ile var olan bilgi yeni üretim yöntemlerine, süreçlere, üretime dönüştürülerek veya mevcut durumun geliştirilmesi ve iyileştirilmesi sağlanarak bu ihtiyaç karşılanmaktadır. Ülkeler gelişmişlik seviyelerini artırmak için Ar-Ge yatırımlarına büyük önem ve destek vermektedirler. Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de Ar-Ge çalışmaları teşvik edilmektedir. Bu amaçla desteklenmeye hak kazanacak projelerin seçimi de önemli bir karar verme problemi haline gelmiştir [1].

Ar-Ge, bilim ve teknolojinin ilerlemesine imkân verecek yeni bilgiler edinmek ya da var olan bilgiler ile yeni sistemler, süreçler ve hizmetler geliştirerek yeni malzemeler, ürünler ve araçlar üretmek için yapılan faaliyetler bütünüdür [2].

Frascati Kılavuzuna göre ise Ar-Ge " insan, kültür ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcığının artırılması ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmalarıdır." şeklinde ifade edilmiştir[3].

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 sonucu oluşan bilgi dağarcığının yeni uygulamalarda kullanılmasıdır.

Ar-Ge'nin adımları ise şu şekildedir:

- Kavram geliştirme,
- Fizibilite yapılması (Teknik ve ekonomik alanda),
- Kavram geliştirme adımından tasarım adımına kadar olan süreçte yer alan çalışmalar,
- Prototip üretimi,
- Fikri-Sinai Mülkiyet Hakları ve Lisanslama,
- Satış sonrası sorun giderme hizmetleri [4].

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 [1].

Ar-Ge projelerine destek veren kurumlar için proje seçimi kendini tekrarlayan, karmaşık ve bilgi yoğunluğunun olduğu bir karar verme sürecidir. Bu süreç, kuruluşların, kısıtlı kaynakları dikkate alarak bilimsel ve teknolojik hedeflere katkı yapacak Ar-Ge projelerini seçmesini gerektirmektedir. Ar-Ge projeleri seçim problemi; çoklu karar verici gruplardan, aşamalardan, çok sayıda ve çoğunlukla birbiriyle çelişen amaçlardan oluşan, projenin ileride elde edeceği başarı ve katkısı tahmin etmenin yüksek risk ve belirsizliğinden oluşan kritik bir sorundur. [5] 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 önünde bulundurarak karar vermek karar verici açısından oldukça zordur ve 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 [6].

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 hem fikir olması önem arz eder [7].

Ar-Ge projesinin performansı, projelerin ait olduğu Ar-Ge programlarının belirlediği özellikler göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, bir projenin çeşitli girdi/çıkıtlı değişkenlerini birleştirmek ve performans karşılaştırmasını yapabilmek için değişkenlerin nispi önemi belirlenmeli ve sabitleştirilmelidir.

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi ve sıralanması, birçok etkeni bir arada bulundurduğu için çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak değerlendirilebilir. Problemin tanımlanmasından amacın, kriterlerin, alternatiflerin ve alternatifler arasından en iyi olanın belirlenmesine kadar olan adımlar karar verme süreci olarak tanımlanır. 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 sıralanması ve seçimi finansal analizler, matematiksel yöntemler veya ÇKKV yöntemleri ile yapılabilmektedir [8].

Çalışmamız ATA Teknokent bünyesinde yapılan Ar-Ge projelerinin seçildiği proje yarışması kapsamında farklı disiplinlerde teklif edilen projelerin değerlendirme kriterleri dikkate alınarak karar vericiler tarafından değerlendirilmesi ve sağladığı faydaya göre en iyiden en kötüye doğru sıralanarak en iyi projelere destek verilmesi sürecini kapsamaktadır.

Literatürde, Ar-Ge proje seçim problemi farklı yöntemler kullanılarak ele alınmıştır. Liu ve diğ. [9] 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. Aydın ve Parker [10] 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. Salimi ve Jafar [11] firmaların Ar-Ge performanslarının önem düzeylerini en iyi en kötü yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Liang ve diğ. [12] Ar-Ge proje seçim süreci için üç tercihli karar alma sürecini dikkate alan ve Pisagor bulanık bilgi sistemine dayanan yeni bir model önermişler. Önermiş oldukları modeli TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile bir arada kullanan bir karar alma süreci geliştirmişlerdir. Karasakal ve Aker [6] Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde veri zarflama analizi (VZA) yöntemini kullanmışlardır. Cheng ve diğ. [13] Ar-Ge proje seçimi için tutarlı bir bulanık tercih ilişkisini içeren ve DEMATEL-ANP-COPRAS (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-Analytic Network Process-Complex Proportional Assessment) yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Marcondes ve Leme [14] Ar-Ge proje seçimi için Mean-Gini yaklaşımı ile beraber bulanık ve kaynak kısıtlı bir çözelgeleme modeli önermişlerdir. Liu ve diğ. [15] 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. Collan vd. [16] bulanık TOPSIS yöntemine yakınlık katsayısını içeren yeni bir düzenleme getirmişlerdir. Söz konusu düzenlemeyi ise bir Ar-Ge projesi seçim problemine uygulamışlardır. Wu ve diğ. [17] VZA yöntemi ile memnuniyet derecesine göre ortak ağırlıkların belirlenmesini Ar-Ge seçim problemi içerisinde ele almışlardır. Liu ve diğ. [18] Ar-Ge proje seçimi sürecinde değerlendirmeyi yapacak olan karar vericilerin ataması üzerine akıllı karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Wu ve diğ. [19] Ar-Ge proje seçim sürecine uyguladıkları çalışmalarında performans ölçümü için kullanılan VZA çapraz verimlilik değerlendirmesinde karar alma birimlerinin ağırlık seçimi için kullanabilecekleri genişletilmiş ikincil hedef modeli önermişlerdir. Latipova [20] çalışmasında farklı zaman dönemleri, mevcut bütçe kısıtlamaları, teslim tarihi, aşamaların kesintiye uğraması ve ilk verilerin dinamik değişimi durumlarını dikkate alacak şekilde proje seçimi ve çözelgelemesi için bir eniyileme çalışması yapmıştır. Collan ve diğ. [21] bulanık Entropy ve çoklu mesafe yaklaşımlarına dayanan yeni bir yakınlık katsayısı yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu yeni yaklaşımı bulanık TOPSIS yöntemi ile bütünleştirerek bir Ar-Ge projesi seçim problemine uygulamışlardır. Wan ve

diğ. [22] Atanassov'un aralık değerli sezgisel bulanık değerleri ve eksik özellikli ağırlık bilgisi ile grup karar verme problemlerini çözmek için yeni bir yöntem geliştirmiş ve Ar-Ge proje seçim probleminde uyarlamışlardır. Bin ve diğ. [23] Tam Sayılı programlama ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) metodlarını Ar-Ge proje seçim sürecinde melez olarak kullanmışlardır. Zolfani ve diğ. [24] Ar-Ge projelerinin seçiminde yer alan kavramlardan olan teknoloji öngörüsünü, SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi ile politika oluşturma düzeyinde ele almışlardır. Haddad ve diğ. [25] Ar-Ge projelerinin seçiminde teknolojik, çevresel ve sosyal kriterleri dikkate alarak AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi kullanıldıkları bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Eshlaghy ve diğ. [26] çalışmalarında Ar-Ge proje seçimi için k-ortalama yaklaşımı, gri ilişkisel analiz ve genetik algoritmayı melez olarak kullanmışlardır. Silva ve diğ. [27] Ar-Ge proje seçim süreci içinde karmaşık hakem atama süreci ayrıştırmak için melez bir süreç analitiği yaklaşımı ile önermişlerdir. Huang ve Zhao [28] belirsiz net gelir ve yatırım maliyeti altında Ar-Ge proje seçimi ve çizelgelenmesi problemini genetik algoritma yardımıyla çözümlenmişlerdir. Collan ve diğ. [29] Ar-Ge proje seçim sürecini yatırım ve karlılık temelinde dört yeni bulanık benzerlik ölçüsüne dayalı olarak bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak çözümlenmişlerdir. Arunachalam ve diğ. [30] Ar-Ge projelerini faaliyet alanındaki ortak yönlerine dayanarak kümelemek için metin madenciliği tabanlı bir yaklaşımı geliştirmişlerdir. Gosenheimer [31] Ar-Ge proje seçiminde önceliklendirme matrisi kullanarak çözüme ulaşmaya çalışmıştır. Graves ve Ringuest [32] bir araştırma ve geliştirme projesi seçim probleminin değerlendirilmesinde üstel ve hiperbolik modelleri kıyaslayarak, üstel fonksiyonun kısa vadeli seçimleri, hiperbolik fonksiyonun ise uzun vadeli seçimleri tercih ettiğini tespit etmişlerdir. Mohaghar ve diğ. [33] çalışmalarında Ar-Ge proje seçim süreci için bulanık ANP ve bulanık TOPSIS metodlarını kullanmışlardır. Ayan ve diğ. [34] grup kararına dayalı bulanık TOPSIS yaklaşımı ile çözüme ulaşmış, kriter ağırlıklarındaki farklılıklara olan duyarlılığı görmek için de duyarlılık analizi yapmışlardır. Eckhause ve diğ. [35] Ar-Ge fonu kararları verilirken bütçe paylaşılmasının en uygun şekilde olması için tam sayılı programlama yaklaşımını ele almışlardır. Hung ve diğ. [36] yeni bütünleşmiş devre üretim ve paketleme işlemi geliştirme projesini Ar-Ge proje seçim süreci olarak ele almışlar ve bulanık ANP yöntemi ile çözüme ulaşmışlardır. Pesen [4], Murray ve diğ. [37] Ar-Ge proje seçiminde AHP yöntemini kullanarak Ar-Ge proje seçim problemini ele almışlardır. Feng ve diğ. [38] yenilikçi araştırma ekiplerini destekleyecek şekilde işbirliği ile değerlendirilecek Ar-Ge proje seçim sürecini ele almışlardır. Çözümlemelerinde AHP, puanlama yöntemi ve ağırlıklı geometrik ortalama yöntemini bütünleşik olarak kullanmışlardır. Huang ve Chu [39] değerlendirme kriterleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı ele almak ve uzmanların farklı kararlarını Ar-Ge proje seçim komitesine dâhil etmek için bulanık ANP yöntemi önermiştir. Wang ve diğ. [40] Ar-Ge proje seçimi için dinamik bir MAUT (Multi attribute utility theory) karar modeli önermişler ve modelin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek için gerçek bir Ar-Ge yatırımı örneği kullanılmışlardır. Verbano ve diğ. [41] Ar-Ge proje seçim sürecinde belirleyici unsurları sınıflandırmak, karakterize etmek için çapraz analiz içeren bir çalışma gerçekleştirmişler ve kullanılan yöntemleri irdelemişlerdir. Thal ve diğ. [42] bir araştırma laboratuvarı için karar analizini kullanarak objektif bir Ar-Ge proje seçim modeli geliştirmişlerdir. Calof ve Smith [43] zekânın öngörü ve rekabet

birleştirici alanının Ar-Ge yönetiminde etkisini ve Ar-Ge proje seçimini nasıl etkilediğini ele alacak şekilde literatürünü incelemişlerdir. Feng ve diğ. [44] VZA kullanılarak Ar-Ge proje seçiminde çok nitelikli karar vermeyi ele almışlardır. Cheung ve diğ. [45] seçeneğin bol ve seçimin zor olduğu durum karşısında teknoloji tabanlı inovasyon için Ar-Ge projelerinin seçim sürecinde bilgi yönetiminin kullanımını incelemişlerdir. Habib ve diğ. [46] Ar-Ge proje seçiminde ilk kez 'inovasyon' faktörünü ortaya koyarak ANP yöntemi ile çözüm yapmışlardır. Changsheng [47] bulanık bir ortamda firmanın net bugünkü değerini en büyüleyen bir Ar-Ge proje seçim modelini ele almıştır. Fernandez ve diğ. [48] 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. Yuen ve diğ. [49] çalışmalarında Ar-Ge projesi seçim problemi üzerinde eksik bilgiyle karar analizi yapılabilmesi için bir dilsel Olasılık Toplama Modeli geliştirmişlerdir. Önerilen modeli doğrulamak için ANP ile karşılaştırmışlardır. Wu ve diğ. [50] karar verme birimlerinin değerlendirilmesinde dikkate alınacak bir oyun modeli ortaya koymuşlar ve elde edilen verimlilik puanlarının ve karşılık gelen ağırlıkların karşılaştırılmasını bir Ar-Ge projesi seçim sürecinde göstermişlerdir. Yi ve diğ. [51] Ar-Ge projesi seçiminde yer alan her bir Ar-Ge alternatifinin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyan bulanık değişkenlerin cebirsel işlemlerin değerlendirilmesini ele alan bulanık birçok kriterli değerlendirme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Alternatifleri sıralamak için ise bulanık benzetim kullanmışlardır. Li ve diğ. [52] Ar-Ge proje seçimine uyguladıkları çalışmalarında sıralamaya bağlı alternatifler için çapraz etki analizine dayanan yeni bir ÇKKV yaklaşımı geliştirmişlerdir. Tolga ve Kahraman [53] bulanık gerçek değerlendirme modeli içeren hiyerarşik TOPSIS yöntemi kullanarak bulanık çok kriterli Ar-Ge projesi seçim metodolojisi önermişlerdir. Huang ve diğ. [54] devlet destekli Ar-Ge projesi seçiminde bulanık AHP yöntemi kullanmışlardır. Tolga ve Kahraman [55] Ar-Ge projelerinin bulanık çok kriterli değerlendirilmesi için bulanık AHP ve bulanık üçterimli karar ağacı yaklaşımını melez olarak ele almışlardır. Chen ve diğ. [56] Ar-Ge projesi değerlendirme ve seçiminde bulanık dilsel değişken ve ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemini kullanmışlardır. Tolga [57] bulanık gerçek seçenек değerlendirme modeli içeren hiyerarşik bulanık TOPSIS yöntemi ile bulanık çok kriterli bir Ar-Ge projesi seçim metodolojisi çalışmıştır. Tolga ve Kahraman [58] Ar-Ge projelerinin bulanık çok özellikli olarak değerlendirilebilmesi için Bulanık AHP yöntemi ve bulanık gerçek seçenек değerlendirme modeli içeren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. De Piante Henriksen ve Palocsay [59] Ar-Ge projelerini puanlamak ve sıralamak için Excel tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Yao [60] teknik ve pazar belirsizliğinin, yönetsel esnekliğin Ar-Ge projeleri seçiminde önemini gösterecek şekilde matematiksel model temelli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Lawson ve diğ. [61] mühendislik alanında faaliyet gösteren Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (KOBİ) Ar-Ge proje seçim modellerinin uygulanmasına yönelik bir saha testi gerçekleştirmişlerdir. Sun ve Ma [62] çoklu kutu ambalajlamada Ar-Ge proje seçimi ve çizelgelenmesi için 0-1 tam sayılı programlama ile bir model geliştirmişlerdir. Mohanty ve diğ. [63] örnek olay incelemesi olarak ele aldıkları Ar-Ge proje seçimi probleminde bulanık ANP ile birlikte bulanık maliyet analizini kullanmışlardır. Tian ve diğ. [64] etkili bir Ar-Ge proje seçim süreci için bir organizasyonel karar destek sistemi önermişlerdir. Coldrick ve diğ. [65] Ar-Ge proje

seçim sürecinde yatırım kararları seçenekleri için puanlama modeli temelli bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Cho ve Kwon [66] Ar-Ge proje seçim sürecinde çapraz etki analiziyle bağlantılı genişletilmiş bir AHP modeli geliştirmişlerdir. Hsu ve diğ. [67] hükümet tarafından desteklenen sınır Ar-Ge projelerinin seçilmesinde bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Tian ve diğ. [68] Ar-Ge proje seçimi için matematiksel model ile bilgi kurallarını birleştiren bir karma bilgi ve model sistemi önermişlerdir. Tian ve diğ. [69] çalışmalarında Ar-Ge projesi seçimi için organizasyonel bir karar destek sistemi önermişlerdir. Önerilen sistemi tasarlamak için nesne yönelimli yöntem kullanmış ve Çin Ulusal Doğal Bilimler Vakfına yapılan proje tekliflerinin seçimini kolaylaştırmak için bu sistemden yararlanılmasını sağlamışlardır. Coldrick ve diğ. [70] farklı Ar-Ge proje türlerini ve özel gereksinimlerini nicel puanlama, risk analizi ve finansal içerikler temelinde inceleyen bileşik bir proje seçim modeli sunmuşlardır. Meade ve Presley [71] örnek olay incelemesi olarak ele aldıkları Ar-Ge proje seçimi probleminde ANP yöntemi kullanmışlardır. Kuchta [72] Ar-Ge proje seçimi için fayda, sonuç ve kaynak etkileşimleriyle ilgili bulanık 0-1 karesel programlama modeli geliştirmiştir. Loch ve diğ. [73] BMW firmasında Ar-Ge projelerinin seçilmesinde karışık tam sayılı doğrusal programlama modelinin kullanılması üzerine bir uygulama çalışması yapmışlardır. Abo-Sinna ve diğ. [74] 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, bulanık çok amaçlı doğrusal programlama kullanılmışlardır. Vislosky ve Fischbeck [75] Ar-Ge proje seçim karar sürecinde kilit karar vericilerin bilişsel düşüncelerini sistematik olarak eşleştirmek için zihinsel bir model yaklaşımı geliştirilmişlerdir. Henriksen ve Traynor [76] Ar-Ge proje değerlendirme ve seçimi için geliştirilmiş bir puanlama sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde risk, uygunluk ve geri dönüş kriterlerine göre proje alternatifleri sıralanmaktadır. Heidenberger ve Stummer [77] çalışmalarında kaynak tahsisi ve Ar-Ge proje seçimi için nicel modelleme literatürünü incelemişlerdir. Vonortas ve Hertzfeld [78] kamu sektöründe Ar-Ge projesi seçim sürecinde uzun vadeli stratejik yatırımların değerlendirilmesini fayda maliyet analizi temelli yenilikçi bir yöntem geliştirerek incelemişlerdir. Bordley [79] Ar-Ge projesi seçimindeki deneyimini anlattığı çalışmasında ayrıca Ar-Ge proje seçimi ve Ar-Ge proje üretimini karşılaştırmıştır. Lee ve Om [80] Ar-Ge proje seçiminde etkinlik kavramı incelemişlerdir. Al-Mazidi ve Ghosn [81] Kuveyt Bilimsel Araştırma Enstitüsü'nün stratejik planlarına ve hedeflerine uyumu sağlamak için önerilen Ar-Ge projelerini ve ilgili teknolojileri inceleyen çok yönlü karar destek analizine dayalı bir seçim süreci yönetim modeli geliştirmişlerdir. Cabral-Cardoso ve Payne [82] Ar-Ge projelerin seçim sürecinde etkili ve destekleyici kullanımı birey, proje ve organizasyon bağlamında incelemişlerdir. Santhanam ve Kyparisis [83] doğrusal olmayan 0-1 programlama kullanarak aday projeler arasındaki fayda, kaynak ve teknik bağımlılıkları tanımlayan bir Bilgi Sistemi proje seçim modeli geliştirilmişlerdir. Coffin ve Taylor [84] Ar-Ge projesi seçim probleminin çoklu hedeflerini yansıtan tek bir amaç fonksiyonunu değerlendirmek için standart bir ışın arama yaklaşımı içinde bulanık mantık kullanan alternatif bir yaklaşım sunmuşlardır. Coffin ve Taylor [85] sezgisel filtreli ışın arama yaklaşımı ile proje çizelgeleme ve seçim sürecini incelemişlerdir. Henig ve Katz [86] karar vericinin ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin hiyerarşisini kendisinin belirlediği bir Ar-Ge projesi seçim

karar süreci tasarlamışlardır. Venkatraman ve Venkatraman [87] örnek olay incelemesi yaptıkları çalışmalarında, ürünlerinin eskimesine maruz kalan kuruluşlar için Ar-Ge proje seçim takvimini kolaylaştıracak bir çizelgeleme modeli geliştirmeye çalışmışlardır. Chun [88] Ar-Ge proje seçim süreçlerinin en iyi proje alt kümesinin nasıl değerlendirileceği ve belirleneceği ile ilgilendiğini belirttiği çalışmasında, belirsizlik altında sıralı kararların teknolojik veya bütçe kısıtı altında nasıl alınması gerektiğini ele almıştır. Silvennoinen [89] enerji kullanımının verimliliğini arttırmaya yönelik Ar-Ge projesi seçim problemini, kabul gören kriterlerin bir arada değerlendirilmesi şeklinde ele almıştır. Schmidt [90] Ar-Ge Projesi seçimi için fayda, sonuç ve kaynak etkileşimlerini bir arada değerlendiren eden ve dal ve sınır algoritması ile çözülen bir model önermişlerdir. Graves ve Ringuest [91] çoklu hedef ile Ar-Ge projesi seçim probleminde en iyi çözümü bulmak için çok amaçlı doğrusal programlama yöntemini önermişlerdir. Ringuest ve Graves [92] Ar-Ge projesi seçim probleminde net bugünkü değere alternatif olacak şekilde çok hedefli doğrusal programlama yönteminin kullanılmasını önermişlerdir. Fahrni ve Spätig [93] Ar-Ge proje seçim probleminde rehber olacak şekilde uygulama odaklı yaptıkları çalışmalarında öncelikle literatür incelemesi yapmış sonrasında farklı gruplar altında değerlendirilecek yöntemleri güçlü ve zayıf yönleri, kısıtlamaları ve uygulanabilirliği temelinde ikili karar ağacı yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Ringuest ve Graves [94] hâkim olmayan çözümleri geliştireceğini düşündükleri çok amaçlı programla modelinin Ar-Ge proje seçim probleminde daha genel bir yaklaşım olarak önerilebileceğini belirtmişlerdir. Júnior [95] sıfır-bir karar değişkenleri ile doğrusal kısıtlamalara tabi olan çok kriterli proje seçim problemini bulanık katsayılar kullanarak ele almıştır. Liberatore [96] endüstriyel Ar-Ge projesi seçimi için AHP yöntemi destekli uzman bir destek sistemi geliştirmişlerdir. Bard ve diğ. [97] Ar-Ge projesi seçim ve sonlandırma durumunu inceledikleri çalışmalarını iki gruba bölerek iletmişlerdir. İlk grupta kabul edilebilir bir seviyede olan projeler belirlendikten sonra beklenen getirileri en üst düzeye çıkaran doğrusal olmayan tamsayı programlama ile seçim sürecini gerçekleştirmişlerdir. Mehrez [98] çalışmasında bir üniversitenin Ar-Ge laboratuvarı tarafından yürütülen Ar-Ge proje sürecini değerlendirmek ve seçmek için Von Neumann-Morgenstern'in beklenen fayda yaklaşımını uygulamıştır. Liberatore [99] endüstriyel Ar-Ge proje seçiminde öncelik belirleme ve kaynakların tahsisi için AHP yöntemini kullanmıştır. Lee ve diğ. [100] çalışmalarında öncelikle literatür taraması gerçekleştirmiş, sonrasında Kore'de araştırma ve destekleyici Ar-Ge projelerinin seçiminde ana karar vericilerin laboratuvar direktörleri olduğu ve en önemli karar kriterinin teknik faktör olduğu durumu göz önüne alarak Ar-Ge yönetimi uygulamaları üzerine deneysel bir çalışma sunmuşlardır. Liberatore [101] endüstriyel Ar-Ge proje seçiminde öncelik belirleme ve kaynakların tahsisi için puanlama modeli, hedef programlama, MAUT ve AHP yöntemlerinin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Czajkowski ve Jones [102] uzay teknolojisi planlamasında birbiri ile ilgili Ar-Ge projelerinin seçim süreci için 0-1 tamsayı programlama modeli önermişlerdir. Costello [103] örnek formlar kullanarak çeşitli organizasyonel birimlerin uzmanlığını sistematik olarak dikkate aldığı ve karmaşık hesaplamalardan kaçındığı basit bir teknik kullanmıştır. Fiksel ve diğ. [104] nükleer reaktör güvenliği alanındaki değer etki analizinin Ar-Ge projelerinin seçimine uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Cook ve Seiford [105] devlet dairelerindeki Ar-Ge proje seçim süreçlerini sıra kesişme

yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Taylor III ve diğ. [106] doğrusal olmayan tam sayılı hedef programlama ile Ar-Ge proje seçimi ve işgücü tahsisini incelemişlerdir. Aaker ve Tyebjee [107] bağımsız Ar-Ge projelerinin seçimi için bir model önermişlerdir. Modelde proje kaynak kullanımı, teknik proje bağımlılığı ve toplumsal fayda olmak üzere üç proje ilişkisini dikkate almışlardır. Baker [108] Ar-Ge projesi seçim modelleri içinde mevcut fayda ölçümü ve proje seçim literatürünü incelemiş ve önerilen modellerde var olan sınırlamaları belirlemiştir. Moore ve Baaker [109] Ar-Ge proje seçim probleminin standart puanlama model formülasyonlarında mevcut olan bazı eksiklikleri tanımlamakta ve sınırlamaların üstesinden gelmek için hem nitel hem de nicel faktörleri titiz bir biçimde birleştirme fırsatı veren yeni bir puanlama modeli oluşturmuşlardır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, Ar-Ge 'nin tanımı ve önemi, Ar-Ge proje tanımı, Ar-Ge projelerinin seçimi ve literatürde yer alan Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi, önceliklendirilmesi ve seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. İkinci bölümde çalışmada önerilen UTA (UTility Additive) yöntemi tanıtılmış ayrıca literatürde yer alan bu yöntemin kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Uygulamanın yer aldığı üçüncü bölümde ise önce problemin tanımı yapılmış, daha sonra problemin çözümünde kullanılacak kriterler belirlenmiş ve on adet proje önerisinin değerlendirilmesi yapılacak şekilde UTA yöntemi kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise uygulamadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2 Yöntem

ÇKKV problemi nitel ve nicel birçok faktörü kapsamaktadır. Bu problem; problemin tanımlanması, amacın belirlenmesi, probleme uygun kriterlerin belirlenmesi ve alternatifler arasından en iyisinin seçimi vb. gibi süreçlerden oluşmaktadır. Bu süreçlerin takibi ve analizi ÇKKV yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. ÇKKV yöntemleri ile karar verici birçok faktörü göz önünde bulundurarak alternatifleri değerlendirebilmektedir [8].

Bu kapsamda çalışmamızda, 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 yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada karar vericilerin Ar-Ge Projelerini değerlendirilebilmesi için nitel ve nicel olmak üzere 5 adet değerlendirme kriteri ATA Teknokent Teknoloji Transfer Ofisinde çalışan ve 5 kişiden oluşan uzman grup tarafından belirlenmiştir.

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 varsayımaya 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 [110].

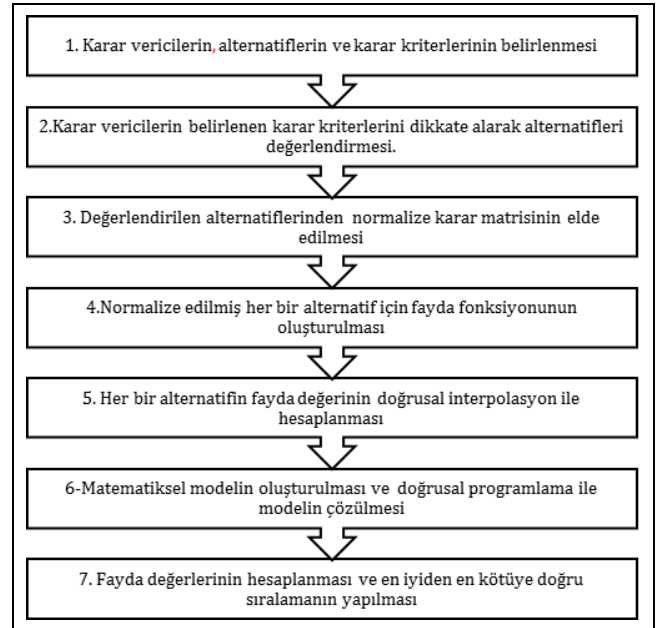
UTA yöntemi ise çok kriterli karar verme literatüründe tercih ayrıştırması olarak nitelendirilir. Bu yöntemde küresel ve bazı kısmi ek fayda fonksiyonlarının çıkarımı, karar vericilerin doğrusal programlama tekniğini kullanarak alternatiflerin sıralamasını yapması ile sağlanır [111]. UTA yöntemi, ilk olarak 1982 yılında Jacquet-Lagrange 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 alternatifte 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 [112]. 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 [113].

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 toplumsal değer fonksiyonundan yararlanılmaktadır [114].

UTA yöntemi, analist ve karar verici arasındaki etkileşimin temelini oluşturan toplama-ayırıştırma yaklaşımını benimsemiştir. Değerlendirilmiş tercih modeli, karar vericinin öncelikli tercihleri arasındaki tutarlılığı ve potansiyel eylemlerin genel değerlendirilmesini içerir [115].

2.2 UTA yönteminin uygulama aşamaları

UTA yönteminin uygulama aşamalarını gösteren akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 : UTA yönteminin uygulama aşamaları.

Kaynak: Roszkowska E. 2016 [115].

Adımları daha ayrıntılı bir şekilde açıklayacak olursak;

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 (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 değerlendirilmesi

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: Değerlendirilen alternatiflerin formül (16) ve (17) yardımı ile normalize karar matrisinin elde edilmesi.

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

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

Fayda fonksiyonu formül (3) yardımı ile hesaplanmaktadır.

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

Bu adımda doğrusal interpolasyon formül (7) yardımı ile her bir alternatif için ayrı ayrı hesaplanır.

ADIM 6: Matematiksel modelin oluşturulması ve doğrusal programlama ile modelin çözülmesi

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

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

Oluşturulan matematiksel model doğrusal program ile çözümlenerek her bir alternatifin kriter değeri belirlenir. Bu değerler ile alternatifler için fayda fonksiyonları hesaplanarak alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralaması yapılır[115].

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

$$U[g(a)] > U[g(b)] \Leftrightarrow aPb \quad (1)$$

$$U[g(a)] = U[g(b)] \Leftrightarrow aIb \quad (2)$$

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:

$$u(g) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i) \quad (3)$$

$u_i(g_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 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:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) &= 1 \quad \text{her } i=1, 2, \dots, n \\ u_i(g_{i^*}) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

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

$$U'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] + \sigma(a) \quad \text{her } a \in A_R \quad (5)$$

Burada $\sigma(a) \geq 0$ her a alternatifinin potansiyel hatasını ifade etmektedir. Marjinal değer fonksiyonlarının parçalı doğrusal bir forma sahip olduğu varsayılmaktadır. Kriterlerin her biri için n 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 aşağıdaki formül (6) yardımıyla hesaplanır:

$$g_i = g_{i^*} + \frac{j-1}{a_i-1} (g_i^* - g_{i^*}) \quad \text{her } j = 1, 2, \dots, a_i - 1 \quad (6)$$

Alternatiflerin her birinin marjinal faydası formül (7)'de verilen doğrusal interpolasyon yöntemi ile bulunur:

$$\begin{aligned} U_i[g_i(a)] &= u_i + \frac{g_i(a) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} [u_i(g_{ij} + 1) + u_i(g_{ij})] \\ \text{her } g_i(a) &\in [g_{ij}, g_{ij} + 1] \end{aligned} \quad (7)$$

Alternatif referans seti $A_R = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$ 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.

Eğer öyleyse;

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = U'[g(a_k)] - U'[g(a_{k+1})] \quad (8)$$

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \quad \text{eğer } a_k \geq a_{k+1} \quad (\text{Tercih edilebilir}) \quad (9)$$

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

Sonra, aşağıdaki ilişkilerden biri dikkate alınır;

Burada δ , R'nin birbirini izleyen iki eşdeğer sınıfı ayırt etmek için kullanılan çok küçük pozitif bir sayıdır. Marjinal değer fonksiyonları, son olarak $\sigma(a)$ 'ya bağlı olan ve toplam sapma miktarını gösteren, aşağıdaki matematiksel model kullanılarak tahmin edilir. Burada toplam sapma miktarı amaç fonksiyonu (10) yardımıyla hesaplanır. Modelin (11) ve (12) kısıtları ile alternatiflerin birbirini izleyen aynı sınıfları arasındaki fark ya

da eşitliğin belirlenmesi sağlanır. Art arda gelen alternatiflerin eş değer sınıfları arasında marjinal fayda farkının pozitif olma durumu ise kısıt (13) ile sağlanır. Sıralanan alternatifler için toplam marjinal fayda fonksiyonu kısıt (14) ile elde edilir. Modelin pozitiflik şartı ise kısıt (15) ile sağlanır.

$$[min]F = \sum_{a \in AR} \sigma(a) \quad (10)$$

Kısıtlar

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \text{ eğer } a_k \geq a_{k+1} \text{ her } k \text{ için} \quad (11)$$

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \text{ eğer } a_k \approx a_{k+1} \text{ her } k \text{ için} \quad (12)$$

$$u_i(g_{ij}^*) - u_i(g_{ij}) \geq 0 \text{ her } i \text{ ve } j \text{ için} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) \quad (14)$$

$$u_i(g_i^*) = 0, u_i(g_i) \geq 0, \sigma(a) \geq 0, \forall a \in AR \quad \forall i \text{ ve } j \quad (15)$$

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 [116].

UTA Yöntemi, tercihleri ortaya çıkarmak ve temsil etmek için alternatif bir yol sağlar. Ancak, bu yöntem aynı zamanda kriterlerin öncelikli olarak bağımsız değişkenler olduğunu varsayar [117].

2.3 UTA yöntemlerinin versiyonları ile yapılan çalışmalar

UTA yönteminin literatürde kendisinden türemiş çeşitli versiyonları mevcuttur. Siskos ve Yannacopoulos [118] 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 ve diğ. [119] tarafından ortaya atılan, Jacquet - Lagreze ve Siskos [112] 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 yapılmaktadır. Greco ve diğ. [120] tarafından geliştirilen UTA^{GMS} yöntemi, UTA yönteminin geliştirilmiş 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 ve diğ. [121] tarafından UTA ve UTA^{GMS} yöntemlerinin geliştirilmiş hali olarak geliştirilen GRIP yöntemi ise UTA^{GMS}'in tüm özelliklerine sahiptir, ancak referans eylem çiftleri arasındaki tercih yoğunluğunun karşılaştırılması şeklinde ek tercih bilgisini dikkate alır. Siskos [122] 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 [123] tarafından UTA yönteminde keyfi olarak verilen δ ve s_i 'nin en uygun değerlerini bulmak için önerilmiştir. δ 'nin en büyükleme durumu UTAMP1 δ ve s değerleri toplamının en büyükleme durumu ise UTAMP2 yöntemi ile çözümlenir. Despotis ve diğ. [124] 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.

2.4 UTA yöntemi ile yapılmış çalışmalar

Yapılan literatür araştırması Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

3 UTA yöntemi ile Ar-Ge projelerinin seçimi

Çalışmamızda Ar-Ge proje seçim problemi için önerilen yöntemin uygulaması, ATA Teknokent tarafından düzenlenen Ar-Ge projelerinin sağladığı faydaya göre en iyiden en kötüye doğru sıralanarak ve en iyilerinin seçilerek destek verildiği proje yarışmasında yapılmıştır. Projelerin seçim süreci, ÇKKV yöntemlerinden olan ve faydayı temel alan UTA Yöntemi ile ele alınmıştır. Proje seçim süreci, değerlendirmeyi yapacak olan karar vericilerin belirlenmesi, değerlendirmede göz önüne alınacak kriterlerin belirlenmesi, karar vericilerin gelen projeleri değerlendirmesi ile ilk 10 projenin seçilmesiyle devam etmiştir. Değerlendirilen 10 projenin seçimi için ÇKKV yöntemlerinden UTA Yöntemi aracılığıyla matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model Gams ile çözülerek projelerin sıralaması yapılmış ve süreç tamamlanmıştır.

3.1 Kriterlerin belirlenmesi

Projelerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler karar vericilerin farklı disiplinlerdeki projelerin seçiminde dikkate alabilecekleri özellikler dikkate alınarak belirlenmiştir. Uzman grup tarafından belirlenen projeler değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken en önemli 5 kriter aşağıda açıklanmıştır:

- 1 Uygulanabilirlik: Yapılacak Ar-Ge projesi sonucunda bir ürün veya hizmet oluşturulup oluşturulmadığını kapsar. 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. (C_1).
- 2 Ticari Yön: Proje çıktısının ticarileştirme potansiyelini, pazar payını, rekabet edebilirliğini kapsar. Değerlendirme yapılırken geliştirilecek ürünün hangi oranlarda katma değer sağladığı, piyasaya çıkması ile birlikte dışa bağımlılığımızı ne kadar azaltacağı gibi unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir. (C_2).
- 3 Teknolojik ve inovatif yeterlilik: Projenin teknolojik yönünün güncel olup olmadığını, proje çıktısının inovatif yönünü, teknolojik seviyesini kapsar. 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 (C_3).

Tablo 1: UTA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar.

Chhipi-Shrestha ve diğ. [111]	2018	Su-enerji-karbon bağlantısına dayalı yerleşim yeri yoğunluğunun en iyilenmesi ele alınmıştır.
Stavrou ve diğ. [125]	2018	Gemiden-Gemiye Transfer Operasyonlarında Risklerin Değerlendirmesi Stokastik UTA ile çözülmüştür.
Inuiguchi M. ve diğ. [126]	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 NF. ve diğ. [127]	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 N. ve diğ. [128]	2018	Karar vericilere elde edilecek faydanın adil ve verimli bir şekilde paylaşılması için rehber olabilecek şekilde UTA ve dışbükey koni yöntemleri temel alınarak geliştirilen bir karar destek sistemi önermişlerdir.
Morano P. Ve diğ. [129]	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 [130]	2017	Küresel fayda değerlerinin karşılaştırması yoluyla modellerin en iyiden en kötüye doğru sıralamasını gerçekleştiren model seçim problemi ele alınmıştır.
Işık ve diğ. [113]	2016	Danışman firma seçimi problemi örnek olay incelemesi olarak ele alınmıştır.
Siskos ve diğ. [131],[145]	2005, 2016	UTA Yönteminin örnek çözümler ile beraber ayrıntılı şekilde anlatıldığı kitap bölümlerini içermektedir.
Karande P.ve diğ. [132]	2015	Tedarikçi seçim problemi çözümü için ağırlıklı UTA yönteminin uygulanması ele alınmıştır.
Luo ve diğ. [133]	2014	Tutarsızlık koşulu altında UTA yöntemine dayalı stok sıralama ve seçim stratejisi üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada yöntemin performansını iyileştirmek için Rastgele Seçim ve Kademeli Seçimi algoritmaları kullanılmıştır.
Gruca ve diğ. [134]	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 ND. [135]	2013	Doğrusal/dışbükey çoklu amaç programlama probleminde UTA fonksiyonlarını küresel olarak en iyilemek için dal sınır yöntemi içeren bir algoritma önermişlerdir.
Narayan P.ve diğ. [136]	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 OE. ve diğ. [137]	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 UTAIL' yöntemi kullanılmıştır.
Spyridakos ve diğ. [138]	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 değerlendirilmelerinin bir araya getirilmesiyle toplu tercih katma değer modelinin değerlendirilmesi sağlanmıştır.
Grigoroudis E. ve diğ. [139]	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 ve diğ. [140]	2012	Çalışmada UTA yöntemi ile elde edilen kural sıralaması, RuleGo algoritması ile birleştirilerek genlerin kural tabanlı fonksiyonel tanımlamaları yapılmıştır.
Athawale ve diğ. [116]	2011	İki tip malzeme seçim problemi ele alınmıştır..
Bous G, [141]	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 ve diğ. [142]	2009	Gayrimenkul değerlemesinde kullanılan kriterlerin fayda fonksiyonlarını belirlemek için UTA yöntemini kullanmışlardır.
Farah M. [143]	2009	Kişiselleştirilmiş Bilgi Erişimi için Sıralı Regresyon Tabanlı Modelin oluşturulmasında UTA yöntemi ele alınmıştır.
Wang, JQ. [144]	2006	Referans seti ile çözülecek birçok kriterli karar verme problemi için, kriterlerin ağırlıklarıyla ilgili bilgilerin ve kriter değerlerinin belirsiz olduğu durum için UTA yöntemini önermişlerdir.
Walter ve diğ.[146]	2005	Programcılarının en zorlu kolları sıralamasını sağlayan, incelenen kokunun yoğunluğunu yansıtan UTA yöntemine dayalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir.
Angilella S. ve diğ. [147]	2004	UTA yönteminin temelini oluşturan toplamsal fayda yerine bulanık integral (Choquet Integral) çerçevesinde toplamsal olmayan fayda fonksiyonu için yeni bir yöntem geliştirilmişlerdir.
Beuthe M ve diğ. [123]	2001	UTA yönteminin değişik versiyonlarının gözden geçirildiği ve iki veri setindeki tahmin performanslarının sistematik olarak karşılaştırıldığı bir çalışma yapmışlardır.
González-Araya MC. ve diğ. [148]	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 L. ve diğ. [149]	1994	Yeraltı suyu yönetimi alternatiflerinin değerlendirilmesi aşamasında UTA yöntemini kullanmışlardır.
Stewart T]. [150]	1987	Çok kriterli karar vermede alternatif azaltılması ve elde edilen faydayı tahmin etmek için UTA yöntemini iki sayısal örnek ile alınmıştır.
Jacquet-Lagrez E.ve diğ. [112]	1982	Çok sayıdaki kriterin karma şeklinde bir araya getirilerek yardımcı fayda işlevlerinin değerlendirilmesi yapılmış, açıklayıcı bir örnek ile gösterimi yapılmıştır.

- 4 Pazar Analizi: 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 (C₄).
- 5 Bütçe: Projenin gerçekleşmesinde bütçe planlamasının uygun yapıp yapılmadığını değerlendirir, 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 (C₅).

Değerlendirme kriterlerinin ilk dört tanesi fayda kriteri iken beşinci kriter bütçe kriteri olarak belirlenmiştir.

3.2 Problemin çözümü

Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ile Karar vericiler tarafından 10 adet alternatif değerlendirilmeye alınmıştır. Değerlendirme yapılırken karar vericiler uygulanabilirlik, ticari yön, teknolojik inovatif yeterlilik, pazar analizi değerlendirme kriterlerine 1-5 (1 en kötü, 5 en iyi) arasında 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 Tablo 2’de verilmiştir. Uygulanabilirlik, ticari yön, Teknolojik ve inovatif yön ve pazar analizi kriterleri için Tablo 2’de verilen değerlendirme değerleri uzmanların değerlendirme puanlarının ortalaması olarak alınmış olup, bütçe kriterinde ise projenin toplam bütçesi alınmıştır.

UTA yönteminin uygulama adımına geçmeden önce, beş kriter altında değerlendirilen alternatiflerin değerleri doğrusal normalizasyon ile hesaplanmıştır. Değerlendirilmesi yapılan alternatifler için normalize karar matrisi formül (16) ve (17) kullanılarak oluşturulmuştur;

$$\text{Faydalı olacak kriterler için : } R_{ij} = x_{ij} / \max(x_{ij}) \quad (16)$$

her $i=1,2,\dots,m$ ve $j=1,2,\dots,n$

$$\text{Faydalı olmayan kriterler için: } R_{ij} = \min(x_{ij}) / x_{ij} \quad (17)$$

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 Tablo 3’te verilmiştir.

Daha sonra her bir kriterin maksimum (g_i^*) ve minimum (g_i^*) değerleri ve kriter aralıkları belirlenmiştir. Belirlenen değerler ile aralık değerleri Tablo 4’teki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4’te elde edilen değerler dikkate alınarak her kriter için marjinal değerler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Tablo 2: Alternatiflerin değerleri.

Alternatifler	Uygulanabilirlik (1-5)	Ticari Yön (1-5)	Teknolojik İnovatif Yeterlilik (1-5)	Pazar Analizi (1-5)	Bütçe (₺)
A 1	3.9487	4.0378	3.2704	3.3442	50.000
A 2	4.4721	3.2663	3.3264	4.2494	20.000
A 3	2.1074	2.5209	2.5945	1.5157	192.000
A 4	3.7674	2.9925	3.8524	3.5797	100.000
A 5	3.3537	2.9265	3.0119	2.8435	4.000
A 6	3.5944	3.7520	3.4015	4.3734	81.500
A 7	2.5641	2.5778	2.5945	2.4914	3.000
A 8	2.2826	2.2322	2.2854	2.0476	57.000
A 9	3.4641	4.0639	3.2663	3.8073	180.000
A 10	3.0156	2.7019	2.7807	3.4782	45.000

Tablo 3: Normalize edilmiş matris.

Alternatifler	Uygulanabilirlik (1-5)	Ticari Yön (1-5)	Teknolojik ve İnovatif Yeterlilik (1-5)	Pazar Analizi (1-5)	Bütçe (₺)
A 1	0.8829	0.9935	0.8489	0.7646	0.06
A 2	1	0.8037	0.8634	0.9716	0.15
A 3	0.4712	0.6203	0.6734	0.3465	0.0156
A 4	0.8424	0.7363	1	0.8185	0.03
A 5	0.7499	0.7201	0.7818	0.6501	0.75
A 6	0.8037	0.9232	0.8829	1	0.0368
A 7	0.5733	0.6343	0.6734	0.5696	1
A 8	0.5104	0.5492	0.5932	0.4682	0.0526
A 9	0.7745	1	0.8478	0.8705	0.0166
A 10	0.6743	0.6648	0.7218	0.7953	0.0666

Tablo 4: En iyi ve en kötü değerler ile her bir kriterin aralık değerinin belirlenmesi.

Nitelik	Uygulanabilirlik (1-5)	Ticari Yön (1-5)	Teknolojik ve İnovatif Yeterlilik(1-5)	Pazar Analizi (1-5)	Bütçe (₺)
g_i^*	1	1	1	1	1
g_i^*	0.4712	0.5492	0.5932	0.3465	0.015
Aralık numarası (a_i-1)	3	3	2	2	3
Aralık değeri $[(g_i^*-g_i)/a_i]$	0.1762	0.15023	0.2033	0.3267	0.3283

Nitelik 1 için:

$$u_1(0.4712) = u_{11} = 0$$

$$u_1(0.4712 + 0.1762) = u_1(0.6474) = u_{12}$$

$$u_1(0.6474 + 0.1762) = u_1(0.8237) = u_{13}$$

$$u_1(0.8237 + 0.1762) = u_1(1) = u_{14}$$

Nitelik 2 için:

$$u_2(0.5492) = u_{21} = 0$$

$$u_2(0.5492 + 0.15023) = u_2(0.6995) = u_{22}$$

$$u_2(0.6995 + 0.15023) = u_2(0.8497) = u_{23}$$

$$u_2(0.8497 + 0.15023) = u_2(1) = u_{24}$$

Nitelik 3 için:

$$u_3(0.5932) = u_{31} = 0$$

$$u_3(0.5932 + 0.2033) = u_3(0.7966) = u_{32}$$

$$u_3(0.7966 + 0.2033) = u_3(1) = u_{33}$$

Nitelik 4 için:

$$u_4(0.3465) = u_{41} = 0$$

$$u_4(0.3465 + 0.3267) = u_4(0.6732) = u_{42}$$

$$u_4(0.6732 + 0.3267) = u_4(1) = u_{43}$$

Nitelik 5 için:

$$u_5(0.015) = u_{51} = 0$$

$$u_5(0.015 + 0.3283) = u_5(0.3433) = u_{52}$$

$$u_5(0.3433 + 0.3283) = u_5(0.6716) = u_{53}$$

$$u_5(0.6716 + 0.3283) = u_5(1) = u_{54}$$

Her bir alternatifin fayda değeri Tablo 3'te verilmiş olan normalize edilmiş karar matrisinde bulunan değerlerden faydalanılarak hesaplanmıştır:

$$A_1 = 0.8829 + 0.993 + 0.8489 + 0.7646 + 0.06 = 3.5494$$

$$A_2 = 1 + 0.8037 + 0.8634 + 0.9716 + 0.15 = 3.7887$$

$$A_3 = 0.4712 + 0.6203 + 0.6734 + 0.3465 + 0.0156 = 2.127$$

$$A_4 = 0.8424 + 0.7363 + 1 + 0.8185 + 0.03 = 3.4272$$

$$A_5 = 0.7499 + 0.7201 + 0.7818 + 0.6501 + 0.75 = 3.6519$$

$$A_6 = 0.8037 + 0.9232 + 0.8829 + 1 + 0.0368 = 3.6466$$

$$A_7 = 0.5733 + 0.6343 + 0.6734 + 0.5696 + 1 = 3.4506$$

$$A_8 = 0.5104 + 0.5492 + 0.5932 + 0.4682 + 0.0526 = 2.1736$$

$$A_9 = 0.7745 + 1 + 0.8478 + 0.8705 + 0.01666 = 3.094$$

$$A_{10} = 0.6743 + 0.6648 + 0.7218 + 0.7953 + 0.0666 = 2.9228$$

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

Proje alternatiflerinin fayda değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$U[g(A_{10})] = u_1(0.6743) + u_2(0.6648) + u_3(0.7218) + u_4(0.7953) + u_5(0.0666)$$

Son olarak her bir alternatifin fayda değeri formül 7 ' de doğrusal interpolasyon kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$u_1(g_1^3) + \frac{g_1(a) - g_1^3}{g_1^4 - g_1^3} + u_1(g_1^4) - u_1(g_1^3)$$

$$u_{13} + \frac{0.8829 - 0.8237}{1 - 0.8237} + u_{14} - u_{13}$$

$$= 0.6640 u_{13} + 0.3359 u_{14}$$

$$u_2(g_2^3) + \frac{g_2(a) - g_2^3}{g_2^4 - g_2^3} + u_2(g_2^4) - u_2(g_2^3)$$

$$u_{23} + \frac{0.9935 - 0.8497}{1 - 0.8497} + u_{24} - u_{23}$$

$$= 0.043 u_{23} + 0.9573 u_{24}$$

$$u_3(g_3^2) + \frac{g_3(a) - g_3^2}{g_3^3 - g_3^2} + u_3(g_3^3) - u_3(g_3^2)$$

$$u_{32} + \frac{0.8489 - 0.7966}{1 - 0.7966} + u_{33} - u_{32}$$

$$= 0.7427 u_{32} + 0.2572 u_{33}$$

$$u_4(g_4^2) + \frac{g_4(a) - g_4^2}{g_4^3 - g_4^2} + u_4(g_4^3) - u_4(g_4^2)$$

$$u_{42} + \frac{0.7646 - 0.6732}{1 - 0.6732} + u_{43} - u_{42}$$

$$= 0.7202 u_{42} + 0.2797 u_{43}$$

$$u_5(g_5^1) + \frac{g_5(a) - g_5^1}{g_5^2 - g_5^1} + u_5(g_5^2) - u_5(g_5^1)$$

$$u_{51} + \frac{0.06 - 0.015}{0.3433 - 0.015} + u_{52} - u_{51}$$

$$= 0.1370 u_{52} + 0.8629 u_{51}$$

Yukarıda belirlenen fayda değerleri aşağıdaki şekilde matematiksel model haline getirilmiştir. Modelde $\Delta(2,5)$, $\Delta(5,6)$ 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

$$\Delta(2,5) \geq \delta, \Delta(5,6) \geq \delta, \Delta(6,1) \geq \delta, \Delta(1,9) \geq \delta, \Delta(9,7) \geq \delta, \Delta(7,4) \geq \delta, \Delta(4,10) \geq \delta, \Delta(10,8) \geq \delta, \Delta(8,3) \geq \delta$$

$$u_{14} - u_{13} \geq 0, u_{13} - u_{12} \geq 0, u_{24} - u_{23} \geq 0, u_{23} - u_{22} \geq 0, u_{33} - u_{32} \geq 0, u_{43} - u_{42} \geq 0, u_{54} - u_{53} \geq 0, u_{53} - u_{52} \geq 0$$

$$u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{22}, u_{23}, u_{32}, u_{33}, u_{42}, u_{43}, u_{52}, u_{53}, u_{54}, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6, \sigma_7, \sigma_8, \sigma_9, \sigma_{10} \geq 0$$

$\delta = 0.0001$ olarak problemin matematiksel modeli aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

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

Kısıtlar

$$u_{14} + 0.6937 * u_{23} + 0.3062 * u_{22} + 0.6714 * u_{32} + 0.3284 * u_{33} + 0.0869 * u_{42} + 0.9130 * u_{43} + \sigma_2 - 0.4186 * u_{12} - 0.5813 * u_{13} - 0.8629 * u_{22} - 0.1371 * u_{23} - 0.9272 * u_{32} - 0.9292 * u_{42} - 0.7612 * u_{53} - 0.2387 * u_{54} - \sigma_5 \geq 0.0001;$$

$$0.4186 * u_{12} + 0.5813 * u_{13} + 0.8629 * u_{22} + 0.1371 * u_{23} + 0.9272 * u_{32} + 0.9292 * u_{42} + 0.7612 * u_{53} + 0.2387 * u_{54} + \sigma_5 - 0.1134 * u_{12} - 0.8865 * u_{13} - 0.511 * u_{23} - 0.4890 * u_{24} - 0.5757 * u_{32} - 0.4242 * u_{33} - 0.9335 * u_{52} - 0.0664 * u_{53} - u_{43} - \sigma_6 \geq 0.0001;$$

$$0.1134 * u_{12} + 0.8865 * u_{13} + 0.511 * u_{23} + 0.4890 * u_{24} + 0.5757 * u_{32} + 0.4242 * u_{33} + 0.9335 * u_{52} + 0.0664 * u_{53} + u_{43} + \sigma_6 - 0.6642 * u_{13} - 0.3357 * u_{14} - 0.0432 * u_{23} - 0.9567 * u_{24} - 0.7428 * u_{32} - 0.2571 * u_{33} - 0.7203 * u_{42} - 0.2796 * u_{43} - 0.1370 * u_{52} - \sigma_1 \geq 0.0001;$$

$$0.6642 * u_{13} + 0.3357 * u_{14} + 0.0432 * u_{23} + 0.9573 * u_{24} + 0.7428 * u_{32} + 0.2571 * u_{33} + 0.7203 * u_{42} + 0.279 * u_{43} + 0.1370 * u_{52} + \sigma_1 - 0.2790 * u_{12} - 0.7209 * u_{13} - u_{24} - 0.7482 * u_{32} - 0.2517 * u_{33} - 0.3962 * u_{42} - 0.6037 * u_{43} - 0.0048 * u_{52} - \sigma_9 \geq 0.0001;$$

$$0.2790 * u_{12} + 0.7209 * u_{13} + u_{24} + 0.7482 * u_{32} + 0.2517 * u_{33} + 0.3962 * u_{42} + 0.6037 * u_{43} + 0.0048 * u_{52} + \sigma_9 - 0.5794 * u_{12} - 0.5662 * u_{22} - 0.3942 * u_{32} - 0.3725 * u_{42} - u_{54} - \sigma_7 \geq 0.0001;$$

$$U[g(A_1)] = u_1(0.8829) + u_2(0.9935) + u_3(0.8489) + u_4(0.7646) + u_5(0.06)$$

$$U[g(A_2)] = u_1(1) + u_2(0.8037) + u_3(0.8634) + u_4(0.9716) + u_5(0.15)$$

$$U[g(A_3)] = u_1(0.4712) + u_2(0.6203) + u_3(0.6734) + u_4(0.3465) + u_5(0.0156)$$

$$U[g(A_4)] = u_1(0.8424) + u_2(0.7363) + u_3(1) + u_4(0.8185) + u_5(0.03)$$

$$U[g(A_5)] = u_1(0.7499) + u_2(0.7201) + u_3(0.7818) + u_4(0.6501) + u_5(0.75)$$

$$U[g(A_6)] = u_1(0.8037) + u_2(0.9232) + u_3(0.8829) + u_4(1) + u_5(0.0368)$$

$$U[g(A_7)] = u_1(0.5733) + u_2(0.6343) + u_3(0.6734) + u_4(0.5696) + u_5(1)$$

$$U[g(A_8)] = u_1(0.5104) + u_2(0.5492) + u_3(0.5932) + u_4(0.4682) + u_5(0.0526)$$

$$U[g(A_9)] = u_1(0.7745) + u_2(1) + u_3(0.8478) + u_4(0.8705) + u_5(0.01666)$$

$$0.5794 * u_{12} + 0.5662 * u_{22} + 0.3942 * u_{32} + 0.3725 * u_{42} + u_{54} + \sigma_7 - 0.8939 * u_{13} - 0.1060 * u_{14} - 0.754 * u_{22} - 0.2450 * u_{23} - u_{33} - 0.5553 * u_{42} - 0.4446 * u_{43} - 0.0456 * u_{52} - \sigma_4 \geq 0.0001;$$

$$0.8939 * u_{13} + 0.1060 * u_{14} + 0.7549 * u_{22} + 0.2450 * u_{23} + u_{33} + 0.5553 * u_{42} + 0.4446 * u_{43} + 0.0456 * u_{52} + \sigma_4 - 0.8473 * u_{12} - 0.1526 * u_{13} - 0.7696 * u_{22} - 0.6325 * u_{32} - 0.6262 * u_{42} - 0.3737 * u_{43} - 0.1553 * u_{52} - \sigma_{10} \geq 0.0001;$$

$$0.8474 * u_{12} + 0.1525 * u_{13} + 0.7691 * u_{22} + 0.6322 * u_{32} + 0.6263 * u_{42} + 0.3736 * u_{43} + 0.1553 * u_{52} + \sigma_{10} - 0.2224 * u_{12} - 0.3725 * u_{42} - 0.1145 * u_{52} - \sigma_8 \geq 0.0001;$$

$$0.2224 * u_{12} + 0.3725 * u_{42} + 0.1145 * u_{52} + \sigma_8 - 0.4733 * u_{22} - 0.3944 * u_{32} - \sigma_3 \geq 0.0001;$$

$$u_{14} - u_{13} \geq 0;$$

$$u_{13} - u_{12} \geq 0;$$

$$u_{24} - u_{23} \geq 0;$$

$$u_{23} - u_{22} \geq 0;$$

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

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

$$u_{54} - u_{53} \geq 0;$$

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

$$u_{14} + u_{43} + u_{54} + u_{33} + u_{24} = 1;$$

$$u_{14}, u_{13}, u_{12}, u_{24}, u_{23}, u_{22}, u_{33}, u_{32}, u_{42}, u_{54}, u_{53}, u_{52}, u_{43}, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6, \sigma_7, \sigma_8, \sigma_9, \sigma_{10} \geq 0$$

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

$$F = 0, u_{12} = 0, u_{13} = 0.000272, u_{14} = 0.234, u_{22} = 0, u_{23} = 0, u_{24} = 0.211, u_{32} = 0, u_{33} = 0, u_{42} = 0.000268, u_{43} = 0.215, u_{52} = 0, u_{53} = 0.340, u_{54} = 0.340$$

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

$$U'[g(A_1)] = 0.3357 * 0.234 + 0.6642 * 0.000272 + 0.9567 * 0.211 + 0.0432 * 0 + 0.2571 * 0 + 0.742 * 0 + 0.2796 * 0.215 + 0.7203 * 0.000268 + 0.1370 * 0 + \sigma_1 = 0.3409$$

$$U'[g(A_2)] = 0.430318$$

$$U'[g(A_3)] = 0$$

$$U'[g(A_4)] = 0.120784$$

$$U'[g(A_5)] = 0.3403$$

$$U'[g(A_6)] = 0.65838$$

$$U'[g(A_7)] = 0.34009$$

$$U'[g(A_8)] = 0.0000099$$

$$U'[g(A_9)] = 0.34109$$

$$U'[g(A_{10})] = 0.0805$$

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 sıralaması $A_2 - A_5 - A_6 - A_1 - A_9 - A_7 - A_4 - A_{10} - A_8 - A_3$ 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 $A_6 - A_2 - A_9 - A_1 - A_5 - A_7 - A_4 - A_{10} - A_8 - A_3$ olarak belirlenmiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada Ar-Ge projelerinin seçimi yapılırken belirlenen değerlendirme kriterleri göz önünde tutularak seçim yapılmaya çalışılmış, projelerin değerlendirilmesi ve seçiminde UTA yöntemi kullanılarak proje seçim modeli önerilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız UTA yönteminde karar vericilerin alternatifleri değerlendirme sürecine katkısını dikkate alınmakta ve tercihlerin minimum sapmasını elde edecek bir fayda fonksiyonu oluşturmak için doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Bu bağlamda UTA yöntemi karar vericilere çeşitli avantajlar sağlamak 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.

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 yöntemi kullanılmış ve çalışmamız aracılığı ile Ar-Ge proje seçim problemine yeni bir yöntem önerilmiştir.

Geliştirilen matematiksel model ile başvuru yapan projelerin en iyisi belirlenmeye çalışılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda UTA yöntemi, değerlendirme kriterleri ve alternatiflerin sayısı değiştirilerek kullanılabilir.

Literatürde yapılan çalışmalar ile aynı kriterler temelinde olmak üzere kıyaslama yapılabilir. Ayrıca problemin çözümü aşamasında kriterlerin ağırlıklandırılma durumu dikkate alınacak şekilde çalışma gerçekleştirilebilir.

5 Kaynaklar

- [1] Güryeli M. 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, Aydın, Türkiye, 2016.
- [2] Zerenler M, Necdet T, Esen Ş. "Küresel teknoloji, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) ve yenilik ilişkisi". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(17), 653-667, 2007.
- [3] OECD, Frascati Kılavuzu, *Bilimsel ve Teknolojik Faaliyetlerin Ölçümü (Türkçe Versiyonu)*, 6 Baskı. Ankara, Türkiye, Tübitak Yayınları, 2002.
- [4] Pesen E. Analitik Hiyerarşi Proses ile Ar-Ge Projesi Seçimi: İş Makinaları Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Çağ Üniversitesi, Mersin, Türkiye, 2012.
- [5] Ghasemzadeh F, Norman PA. "Project portfolio selection through decision support". *Decision Support Systems*, 29(1), 73-88, 2000.
- [6] Karasakal E, Aker P. "A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem". *Omega*, 73, 79-92, 2017.
- [7] Yakıcı AT, Perçin S. "AR-GE projelerinin seçiminde grup kararına dayalı bulanık karar verme yaklaşımı". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(2), 237-255, 2012.
- [8] Peker D. AR-GE Projelerinin Önceliklendirilmesi ve Seçimi İçin Çok Kriterli Bir Model Önerisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [9] Liu F, Chen YW, Yang JB, Xu DL, Liu W. "Solving multiple-criteria R&D project selection problems with a data-driven evidential reasoning rule". *International Journal of Project Management*, 37(1), 87-97, 2019.
- [10] Aydın A, Parker RP. "Innovation and technology diffusion in competitive supply chains". *European Journal of Operational Research*, 265(3), 1102-1114, 2018.
- [11] Salimi N, Jafar R. "Evaluating firms' R&D performance using best worst method". *Evaluation and Program Planning*, 66, 147-155, 2018.
- [12] Liang D, Xu Z, Liu D, Wu Y. "Method for three-way decisions using ideal TOPSIS solutions at pythagorean fuzzy information". *Information Sciences*, 435, 282-295, 2018.
- [13] Cheng CH, Liou J, Chiu CY. "A consistent fuzzy preference relations based ANP model for R&D project selection". *Sustainability*, 9(8), 1352-1368, 2017.
- [14] Marcondes GAB, Leme RC. "R&D projects selection in telecommunications under uncertainty and resource restrictions using scheduling". *IEEE International Conference on Communications Workshops*, Paris, France, 21-25 May 2017.
- [15] Liu F, Zhu WD, Chen YW, Xu DL, Yang JB. "Evaluation, ranking and selection of R&D projects by multiple experts: an evidential reasoning rule based approach". *Scientometrics*, 111(3), 1501-1519, 2017.
- [16] Collan M, Fedrizzi M, Luukka P. "Multi-distance and fuzzy similarity based fuzzy topsis". *Studies in Computational Intelligence*, 613, 227-244, 2016.
- [17] Wu J, Chu J, Zhu Q, Li Y, Liang L. "Determining common weights in data envelopment analysis based on the satisfaction degree". *Journal of the Operational Research Society*, 67(12), 1446-1458, 2016.
- [18] Liu O, Wang J, Ma J, Sun Y. "An intelligent decision support approach for reviewer assignment in R&D project selection". *Computers In Industry*, 76, 1-10, 2016.
- [19] Wu J, Chu J, Sun J, Zhu Q, Liang L. "Extended secondary goal models for weights selection in DEA cross-efficiency evaluation". *Computers & Industrial Engineering*, 93, 143-151, 2016.
- [20] Latipova AT. "On optimization of r&d project selection and scheduling". *IFAC-PapersOnLine*, 48(25), 6-10, 2015.
- [21] Collan M, Fedrizzi M, Luukka P. "New closeness coefficients for fuzzy similarity based fuzzy TOPSIS: an approach combining fuzzy entropy and multidistance". *Advances in Fuzzy Systems*, 2015, 1-12, 2015.
- [22] Wan SP, Xu G, Wang F, Dong J. "A new method for atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy MAGDM with incomplete attribute weight information". *Information Sciences*, 316, 329-347, 2015.
- [23] Bin A, Azevedo A, Duarte L, Salles-Filho S, Massaguer P. "R&D and innovation project selection: can optimization methods be adequate?". *Procedia Computer Science*, 55, 613-621, 2015.

- [24] Zolfani SH, Salimi J, Maknoon R, Kildiene S. "Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level". *Engineering Economics*, 26(5), 571-580, 2015.
- [25] Haddad AN, Candido RM, Freitas ALP, Rosa LV. "Selection of R&D projects through technological, social and environmental analysis". In *IIE Annual Conference. Proceedings*, Honolulu, Hawaii, USA, 18-21 January 2015.
- [26] Eshlaghy AT, Razi FF. "A hybrid grey-based k-means and genetic algorithm for project selection". *International Journal of Business Information Systems*, 18(2), 141-159, 2015.
- [27] Silva T, Jian M, Chen Y. "Process analytics approach for R&D project selection". *ACM Transactions on Management Information Systems*, 5(4), 1-34, 2014.
- [28] Huang X, Zhao T. "Project selection and scheduling with uncertain net income and investment cost". *Applied Mathematics and Computation*, 247, 61-71, 2014.
- [29] Collan M, Luukka P. "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, 2014.
- [30] Arunachalam N, Sathya E, Begum SH, Makeswari M. "An ontology based text mining framework for R&D project selection". *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 5(1), 161-171, 2013.
- [31] Gosenheimer C. "Project Prioritization: A Structured Approach to Working on What Matters Most". Office of Quality Improvement, University of Wisconsin, Wisconsin, USA, Scientific Report, 3-6, 2012.
- [32] Graves SB, Ringuet JL. "Patient decision making: exponential versus hyperbolic discounting". *Managerial and Decision Economics*, 33(7-8), 453-462, 2012.
- [33] Mohaghar A, Fathi MR, Faghii A, Turkayesh MM. "An integrated 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, 2012.
- [34] Ayan TY, Perçin S. "Ar-Ge projelerinin seçiminde grup kararına dayalı bulanık karar verme yaklaşımı". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(2), 237-255, 2012.
- [35] Eckhause JM, Gabriel SA, Hughes DR. "An integer programming approach for evaluating R&D funding decisions with optimal budget allocations". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 59(4), 679-691, 2012.
- [36] Hung YH, Huang ML, Fanchiang KL. "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, 2012.
- [37] Murray SL, Alpaugh A, Burgher K, Flachsbarb B. "Development of a systematic approach to project selection for rural economic development". *Journal of Rural And Community Development*, 5(3), 1-8, 2011.
- [38] Feng B, Ma J, Fan ZP. "An integrated method for collaborative R&D project selection: supporting innovative research teams". *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5532-5543, 2011.
- [39] Huang CC, Chu PY. "Using the fuzzy analytic network process for selecting technology R&D projects". *International journal of technology management*, 53(1), 89-115, 2011.
- [40] Wang Z, Zhang S, Kuang J. "A dynamic MAUT decision model for R&D project selection". *2010 International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering*, Wuhan, China, 5-6 June 2010.
- [41] Verbano C, Nosella A. "Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods". *European Journal of Innovation Management*, 13(3), 355-379, 2010.
- [42] Thal Jr AE, Mayer GC, Weir JD. "Strategic R&D project selection using decision analysis". *60th Annual Conference and Expo of the Institute of Industrial Engineers*, Cancun, Mexico, 5-9 June 2010.
- [43] Calof J, Smith J. "The integrative domain of foresight and competitive intelligence and its impact on R&D management". *R&D Management*, 40(1), 31-39, 2010.
- [44] Feng J, Li X. "Making multiple attribute decision with DEA method". *Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science and Engineering Management*, Bangkok, Thailand, 2-4 November 2009.
- [45] Cheung MT, Greenfield PF, Liao Z. "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, 2009.
- [46] Habib M, Khan R, Piracha JL. "Analytic network process applied to R&D project selection". In *2009 International Conference on Information and Communication Technologies*, Karachi, Pakistan, 15-16 August 2009.
- [47] Yi C. "A decision-making approach for R&D project selection in a fuzzy environment". In *2008 International Seminar on Business and Information Management*, Wuhan, China, 19 December 2008.
- [48] Fernandez E, Lopez F, Navarro J, Vega I, Litvinchev I. "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, 2009.
- [49] Yuen KK, Lau HC. "A linguistic possibility-probability aggregation model for decision analysis with imperfect knowledge". *Applied Soft Computing*, 9(2), 575-589, 2009.
- [50] Wu J, Liang L, Yang F, Yan H. "Bargaining game model in the evaluation of decision making units". *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4357-4362, 2009.
- [51] Yi C, Ning Y, Jin Q. "A fuzzy multi-criteria evaluation approach for R&D project selection". In *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, Dalian, China, 12-17 October 2008.
- [52] Li CH, Sun YH, Du YW. "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*, Dalian, China, 12-17 October 2008.
- [53] Tolga AÇ, Kahraman C. "A new fuzzy real options valuation model: its application to multicriteria R&D project selection". *Computational Intelligence In Decision And Control-Proceedings of the 8th International Flins Conference*, Singapore, 30 December 2008.

- [54] Huang CC, Chu PY, Chiang YH. "A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection". *Omega*, 36(6), 1038-1052, 2008.
- [55] Tolga AC, Kahraman C. "Fuzzy multi-criteria evaluation of R&D projects and a fuzzy trinomial lattice approach for real options". *2008 3rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering*, Xiamen, China, 17-19 November 2008.
- [56] Chen CT, Hung WZ. "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*, Singapore, 8-11 December 2008.
- [57] Tolga AÇ. "Fuzzy multicriteria R&D project selection with a real options valuation model". *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 19(4-5), 359-371, 2008.
- [58] Tolga AÇ, Kahraman C. "Fuzzy multiattribute evaluation of R&D projects using a real options valuation model". *International Journal of Intelligent Systems*, 23(11), 1153-1176, 2008.
- [59] De Piante Henriksen A, Palocsay SW. "An excel-based decision support system for scoring and ranking proposed R&D projects". *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 7(3), 529-546, 2008.
- [60] Yao T. "Dynamic R&D projects selection: the role of uncertainty and managerial flexibility". *IIE Annual Conference*, Orlando, Florida, 22 May 2006.
- [61] Lawson CP, Longhurst PJ, Ivey PC. "The application of a new research and development project selection model in SMEs". *Technovation*, 26(2), 242-250, 2006.
- [62] Sun H, Ma T. "A packing-multiple-boxes model for R&D projectselection and scheduling". *Technovation*, 25(11), 1355-1361, 2005.
- [63] Mohanty RP, Agarwal R, Choudhury AK, Tiwari MK. "A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: a case study". *International Journal of Production Research*, 43(24), 5199-5216, 2005.
- [64] Tian Q, Ma J, Liang J, Kwok RC, Liu O. "An organizational decision support system for effective R&D project selection". *Decision Support Systems*, 39(3), 403-413, 2005.
- [65] Coldrick S, Longhurst P, Ivey P, Hannis J. "An R&D options selection model for investment decisions". *Technovation*, 25(3), 185-193, 2005.
- [66] Cho KT, Kwon CS. "Hierarchies with dependence of technological alternatives: A cross-impact hierarchy process". *European Journal of Operational Research*, 156(2), 420-432, 2004.
- [67] Hsu YG, Tzeng GH, Shyu JZ. "Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects". *R&D Management*, 33(5), 539-551, 2003.
- [68] Tian Q, Ma J, Liu O. "A hybrid knowledge and model system for R&D project selection". *Expert systems with applications*, 23(3), 265-271, 2002.
- [69] Tian Q, Ma J, Liang CJ, Kwok RCW, Liu O, Zhang Q. "An organizational decision support approach to R and D project selection". In *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences IEEE*, Big Island, HI, USA, 10 January 2002.
- [70] Coldrick S, Lawson CP, Ivey PC, Lockwood C. "A decision framework for R&D project selection". In *IEEE International Engineering Management Conference*, Cambridge, United Kingdom, 18-20 August 2002.
- [71] Meade LM, Presley A. "R&D project selection using the analytic network process". *Transactions on Engineering Management*, 49(1), 59-66, 2002.
- [72] Kuchta D. "A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource interactions". *The Engineering Economist*, 46(3), 164-180, 2001.
- [73] Loch CH, Pich MT, Terwiesch C, Urbchat M. "Selecting R&D projects at BMW: A case study of adopting mathematical programming models". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(1), 70-80, 2001.
- [74] Abo-Sinna, Mahmoud A, Al-Azzaz, Abdalah S. "Multi-objective R&D project selection problem under fuzziness". *Modelling, Measurement and Control D*, 21(1-2), 27-55, 2000.
- [75] Vislosky DM, Fischbeck PS. "A mental model approach applied to R&D decision-making". *International Journal of Technology Management*, 19(3-5), 453-471, 2000.
- [76] Henriksen AD, Traynor AJ. "A practical R&D project-selection scoring tool". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(2), 158-170, 1999.
- [77] Heidenberger K, Stummer C. "Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches". *International Journal of Management Reviews*, 1(2), 197-224, 1999.
- [78] Vonortas NS, Hertzfeld HR. "Research and development project selection in the public sector". *Journal of Policy Analysis and Management*, 17(4), 621-638, 1998.
- [79] Bordley RF. "R&D project selection versus R&D project generation". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 45(4), 407-413, 1998.
- [80] Lee M, Om K. "The concept of effectiveness in R&D project selection". *International Journal of Technology Management*, 13(5-6), 511-524, 1997.
- [81] Al-Mazidi S, Ghosn AA. "A management model for technology and R&D selection". *International Journal of Technology Management*, 13(5-6), 525-541, 1997.
- [82] Cabral-Cardoso C, Payne RL. "Instrumental and supportive use of formal selection methods in R&D project selection". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 43(4), 402-410, 1996.
- [83] Santhanam R, Kyparisis GJ. "A decision model for interdependent information system project selection". *European Journal of Operational Research*, 89(2), 380-399, 1996.
- [84] Coffin MA, Taylor III BW. "Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic". *Computers and Operations Research*, 23(3), 207-220, 1996.
- [85] Coffin MA, Taylor III BW. "R&D project selection and scheduling with a filtered beam search approach". *IIE transactions*, 28(2), 167-176, 1996.
- [86] Henig MI, Katz H. "R&D project selection: A decision process approach". *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5(3), 169-177, 1996.
- [87] Venkatraman R, Venkatraman S. "R&D project selection and scheduling for organizations facing product obsolescence". *R&D Management*, 25(1), 57-70, 1995.

- [88] Chun YH. "Sequential decisions under uncertainty in the R&D project selection problem". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 41(4), 404-413, 1994.
- [89] Silvennoinen P. "R&D project selection for promoting the efficiency of energy use". *R&D Management*, 24(4), 317-324, 1994.
- [90] Schmidt RL. "A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 40(4), 403-410, 1993.
- [91] Graves SB, Ringuest JL. "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, 1992.
- [92] Ringuest JL, Graves SB. "The linear R&D project selection problem: an alternative to net present value". *Transactions on Engineering Management*, 37(2), 143-146, 1990.
- [93] Fahrni P, Spätig M. "An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation methods". *R&D Management*, 20(2), 155-171, 1990.
- [94] Ringuest JL, Graves SB. "The Linear Multi-Objective R&D Project Selection Problem". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 36 (1), 54-57, 1989.
- [95] Júnior OPD. "The R & D project selection problem with fuzzy coefficients". *Fuzzy Sets and Systems*, 26(3), 299-316, 1988.
- [96] Liberatore MJ. "An expert support system for R&D project selection". *Mathematical and Computer Modelling*, 11, 260-265, 1988.
- [97] Bard JF, Balachandra R, Kaufmann PE. "An interactive approach to R&D project selection and termination". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(3), 139-146, 1988.
- [98] Mehrez A. "Selecting R&D projects: a case study of the expected utility approach". *Technovation*, 8(4), 299-311, 1988.
- [99] Liberatore MJ. "An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1, 12-18, 1987.
- [100] Lee J, Lee S, Bae ZT. "R&D project selection: behavior and practice in a newly industrializing country". *IEEE transactions on engineering management*, 3, 141-147, 1986.
- [101] Liberatore MJ. "R&D project selection". *Telematics and Informatics*, 3(4), 289-300, 1986.
- [102] Czajkowski AF, Jones S. "Selecting interrelated R & D projects in space technology planning". *IEEE Transactions on Engineering management*, (1), 17-24, 1986.
- [103] Costello D. "A practical approach to R&D project selection". *Technological Forecasting and Social Change*, 23(4), 353-368, 1983.
- [104] Fiksel J, Cox LA, Richardson DL, Adamantiades AG. "Selection of nuclear safety research and development projects through value-impact analysis". *Nuclear Safety*, 24(1), 12-25, 1983.
- [105] Cook WD, Seiford LM. "R&D project selection in a multidimensional environment: A practical approach". *Journal of the Operational Research Society*, 33(5), 397-405, 1982.
- [106] Taylor III BW, Moore LJ, Clayton ER. "R&D project selection and manpower allocation with integer nonlinear goal programming". *Management science*, 28(10), 1149-1158, 1982.
- [107] Aaker DA, Tyebjee TT. "A model for the selection of interdependent R&D projects". *IEEE Transactions on engineering management*, 25(2), 30-36, 1978.
- [108] Baker NR. "R & D project selection models: An assessment". *IEEE Transactions on Engineering Management*, (4), 165-171, 1974.
- [109] Moore JR, Baker NR. "An analytical approach to scoring model design-application to research and development project selection". *IEEE Transactions on Engineering Management*, (3), 90-98, 1969.
- [110] Ishizaka A, Nemery P. *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*, 1st ed. United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd 2013.
- [111] Chhipi-Shrestha G, Kaur M, Hewage K, Sadiq R. "Optimizing residential density based on water-energy-carbon nexus using UTilités Additives (UTA) method". *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(4), 855-870, 2018.
- [112] Jacquet-Lagrezze, E, Siskos J. "Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method". *European Journal of Operational Research*, 10(2), 151-164, 1982.
- [113] Işık AT, Adalı EA. "UTA method for the consulting firm selection problem". *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 9(1), 56-60, 2016.
- [114] Yıldırım BF, Önder E, Turan G. *Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara, Türkiye, Dora Yayıncılık, 2015.
- [115] Roszkowska E. "The application of UTA method for support evaluation". *Negotiation Offers*, 2(80), 144-162, 2016.
- [116] Athawale VM, Rajanikar K, Shankar C. "Decision making for material selection using the UTA method". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 57, 1-4, 2011.
- [117] Sen P, Yang JB. *Multiple criteria decision support in engineering design*. New York, Springer Science & Business Media, 2012.
- [118] Siskos Y, Yannacopoulos D. "UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions". *Investigação Operacional*, 5(1), 39-53, 1985.
- [119] Devaud JM, Groussaud G, Jacquet-Lagrezze E. "UTADIS: Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives rendant compte de jugements globaux. (A method for the construction of Additive Utility function based on global judgements)". *12th Meeting of the EURO Working Group Multicriteria Aid for Decisions*, Bochum, Germany, 9-10 October 1980.
- [120] Greco S, Mousseau V, Slowinski R. "Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions". *European Journal of Operational Research*, 191, 416-436, 2008.
- [121] Figueira J, Greco S, Slowinski R. "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, 2009.

- [122] Siskos J. "Analyse de systèmes de décision multicritère en univers aléatoire". *Foundations of Control Engineering*, 10(3-4), 193-212, 1983.
- [123] Beuthe M, Scannella G. "Comparative analysis of UTA multicriteria methods". *European Journal of Operational Research*, 130(2), 246-262, 2001.
- [124] Despotis DK, Yannacopoulos D, Zopounidis C. "A review of the UTA multicriteria method and some improvements". *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 15, 63-76, 1990.
- [125] Stavrou DI, Siskos EY, Ventikos NP, Psarras JE. Robust Evaluation of Risks in Ship-to-Ship Transfer Operations: Application of the STOCHASTIC UTA Multicriteria Decision Support Method. Editors: Lee, Paul Tae-Woo and Yang, Zaili. *Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics*, 175-218, Cham, Springer International Publishing, 2018.
- [126] Inuiguchi M, Inoue H. "A fuzzily partitioned interval function model for ordinal regression". In *2018 4th International Conference on Computer and Information Sciences*, Kuala Lumpur, Malaysia, 13-14 August 2018.
- [127] Matsatsinis NF, Grigoroudis E, Siskos E. *Disaggregation Approach to Value Elicitation*. Editors: Luis C Dias, Alec Morton, John Quigley. International Series in Operations Research & Management Science, 313-348, Cham, Switzerland, Springer, 2018.
- [128] Kaynar N, Karsu Ö. "Equitable decision making approaches over allocations of multiple benefits to multiple entities". *Omega*, 81, 85-98, 2018.
- [129] Morano P, Tajani F, Locurcio M. "Multicriteria analysis and genetic algorithms for mass appraisals in the Italian property market". *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 11(2), 229-262, 2018.
- [130] Minnetti V. "On the UTA methods for solving the model selection problem." *International Conference on Optimization and Decision Science Springer*, Sorrento, Italy, 4-7 September 2017.
- [131] Siskos Y, Evangelos G, Nikolaos FM. "UTA methods, multiple criteria decision analysis". *Springer*, 315-362, 2016.
- [132] Karande P, Chakraborty S. "Supplier Selection Using Weighted Utility Additive Method". *Journal of the Institution of Engineers*, 96(4), 397-406, 2015.
- [133] Luo H, Zhao-xu S. "A study on stock ranking and selection strategy based on UTA method under the condition of inconsistency". In *2014 International Conference on Management Science & Engineering 21th Annual Conference Proceedings*, Helsinki, Finland, 17-19 August 2014.
- [134] Gruca A, Sikora M. "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, 2013.
- [135] Van ND. "Global maximization of UTA functions in multi-objective optimization". *European Journal of Operational Research*, 228(2), 397-404, 2013.
- [136] Narayan P, Meyer P, Campbell D. "Embedding human expert cognition into autonomous UAS trajectory planning". *IEEE transactions on cybernetics*, 43(2), 530-543, 2013.
- [137] Demesouka OE, Vavatsikos AP, Anagnostopoulos K. "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, 2013.
- [138] Spyridakos A. Aggregation of individual preference models in collaborative decision making through disaggregation-aggregation approach with the RACES system. Editors: Ana Respicio, Frada Burstein. *Fusing Decision Support Systems into the Fabric of the Context*, 241-252, Amsterdam, Netherland, IOS Pres, 2012.
- [139] Grigoroudis E, Zopounidis C. "Developing an employee evaluation management system: the case of a healthcare organization". *Operational research*, 12(1), 83-106, 2012.
- [140] Gruca A, Sikora M. "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, 12-15 September 2012.
- [141] Bous G, Fortemps P, Glineur F, Pirlot M. "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, 2010.
- [142] Gomes L, Flávio AM, Luís ADR. "Determining the utility functions of criteria used in the evaluation of real estate." *International Journal of Production Economics*. 117(2), 420-426, 2009.
- [143] Farah M. "Ordinal regression based model for personalized information retrieval". In *Conference on the Theory of Information Retrieval*, Heidelberg, Berlin, 09 September 2009.
- [144] Wang JQ. "Fuzzy Multi-Criteria UTA approach with uncertain information". *Systems Engineering And Electronics*. 28(4), 545-550, 2006.
- [145] Siskos Y, Evangelos G, Nikolaos FM. *UTA Methods, Multiple Criteria Decision Analysis*. New York, USA Springer Science Business Media, 2005.
- [146] Walter B, Błażej P. "Multi-Criteria detection of bad smells in code with UTA method". *International Conference on Extreme Programming and Agile Processes In Software Engineering Springer*, Sheffield, United Kingdom, 18-23 June 2005.
- [147] Angilella S, Greco S, Lamantia F, Matarazzo B. "Assessing non-additive utility for multicriteria decision aid". *European Journal of Operational Research*, 158(3), 734-744, 2004.
- [148] González-Araya MC, Rangel LAD, Lins MPE, Gomes LFAM. "Building the additive utility functions for CAD-UFRJ evaluation staff criteria". *Annals of Operations Research*, 116(1-4), 271-288, 2002.
- [149] Duckstein L, Treichel W, Magnouni SE. "Ranking ground-water management alternatives by multicriterion analysis". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 120(4), 546-565, 1994.
- [150] Stewart TJ. "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, 1987.