

ÇKKV Yöntemleri için Yenilikçi Açık Kaynak Bir Araç: Kritik Seçim'in Mimarisi ve Özellikleri

Araştırma Makalesi/Research Article

 Atilla Hasan TURGUT^{1*},  Murat ATAN¹

¹Ekonometri Bölümü, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara, Türkiye

hasan.turgut@odtuteknokent.com.tr, murat.atan@hbv.edu.tr

(Geliş/Received:24.12.2024; Kabul/Accepted:30.05.2025)

DOI: 10.17671/gazibtd.1606478

Özet— Mevcut araçların yöntem çeşitliliği, kullanıcı erişilebilirliği, hesaplama algoritmalarındaki şeffaflık ve genişletilebilirlik açısından genellikle yetersiz kaldığı günümüzde çok kriterli karar verme (ÇKKV) alanında, akademik ve profesyonel uygulamalar için güçlü, esnek ve erişilebilir yazılım araçlarına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. ÇKKV problemlerine yönelik mevcut çözümler ve yazılımlarda karşılaşılan sınırlamaları gidermek amacıyla otuz farklı sıralama ve on farklı ağırlıklandırma yöntemini bir araya getiren Kritik Seçim geliştirilmiştir. Farklı sıralama ve ağırlıklandırma yöntemlerinin kolayca seçilip karşılaştırılmasına olanak tanıyan yazılım, açık kaynak temelli geliştirilmiştir. Geleneksel araçların dahili kütüphanelerine dayalı katı yapısının aksine Kritik Seçim, karar matrislerinin esnek bir şekilde tanımlanmasını sağlayarak özel algoritmaları entegre edilmesine olanak tanıyan genişletilebilirlik imkanını sunmaktadır. Kritik Seçim'in tasarımı, akademik ihtiyaçlar ve iş dünyasına yönelik uygulamalar göz önünde bulundurularak farklı gereksinimlere bir arada çözüm oluşturacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Farklı dillere uyarlanabilen kullanıcı dostu web tabanlı yapısı, karar vericilerin İnternet üzerinden zaman ve mekandan bağımsız bir şekilde çalışmalarına imkan tanımaktadır. Farklı yöntemlerin karşılaştırılmasına olanak tanıyarak daha etkili bir analiz için grafiksel görselleştirme araçları da sunmaktadır. Geliştirilen yazılım, akademik araştırmaların gerektirdiği dikkatli ve detaylı çalışma yöntemini pratikteki kullanılabilirlik ihtiyacı ile birleştirerek, ÇKKV araçları için yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu araştırma, Kritik Seçim'in yapısını, işleyiş biçimini ve özelliklerini tanıtarak disiplinler arası karar alma süreçlerini iyileştirme potansiyelini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler— çok kriterli karar verme, web tabanlı yazılım, açık kaynak kod, esnek ve genişletilebilir yazılım

An Innovative Open-Source Tool for MCDM Methods: The Architecture and Features of Kritik Seçim

Abstract— The increasing need for robust, flexible, and accessible software tools for academic and professional applications in the field of multi-criteria decision-making (MCDM) arises from the limitations of current tools in terms of method diversity, user accessibility, transparency in computational algorithms, and extensibility. To address these limitations, Kritik Seçim has been developed, integrating thirty ranking and ten weighting methods to provide a comprehensive solution for MCDM problems. Built as an open-source platform, the software allows for the easy selection and comparison of different ranking and weighting methods. Unlike traditional tools with rigid structures reliant on internal libraries, Kritik Seçim offers extensibility by enabling flexible definitions of decision matrices and integration of custom algorithms. Designed to address both academic and business needs, Kritik Seçim provides a web-based, user-friendly interface adaptable to multiple languages, allowing decision-makers to work independently of time and location via the Internet. It also incorporates graphical visualization tools to facilitate more effective analyses through method comparisons. By combining the detailed approach required for academic research with practical usability, Kritik Seçim introduces a novel approach to MCDM tools. This study presents the structure, operation, and features of Kritik Seçim, highlighting its potential to enhance interdisciplinary decision-making processes.

Keywords— multi-criteria decision-making, web-based software, open source, flexible and extensible software

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ekonomiden mühendisliğe, sağlık hizmetlerinden çevresel sürdürülebilirliğe kadar uzanan birçok farklı disiplinde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri, günümüzün hızla değişen ve karmaşıklaşan dünyasında stratejik kararların alınmasında giderek daha kritik bir rol oynamaktadır. Karar vericilerin birden fazla alternatif ve kriter arasında etkin seçim yapmasına imkan veren ÇKKV yöntemlerinin önemi bu bağlamda, hızla gelişen ve dijitalleşen dünyamızda karar süreçlerinin karmaşıklığı ve doğru kararların hızla alınması gereksinimi ile birlikte iki temel noktada öne çıkmaktadır.

Modern organizasyonların karar verme süreçleri, artan veri hacmi ve veri çeşitliliği nedeniyle giderek daha karmaşık hale gelmektedir [1]. ÇKKV, bu karmaşıklığı azaltarak farklı kriterlerin bir arada değerlendirilmesine ve rasyonel bir karar alınmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yapılan enerji yatırımlarında, ekonomik maliyetler, çevresel etkiler ve toplumsal kabul gibi birbirinden bağımsız ve çelişen birçok kriterin bir arada değerlendirilmesi gerekebilmektedir [2]. Bu gibi durumlarda, ÇKKV yöntemleri karar vericilere hem sistematik bir çerçeve hem de bilimsel bir bakış açısını birlikte sunmaktadır [3].

Her karar verme probleminin kendine özgü bir bağlama, kriter setine ve önceliklere sahip olması nedeniyle her bir problem tipi, farklı yöntemlerin uygulanmasını gerektirebilir. Örneğin, bir yatırım portföyü seçimi problemi, finansal getiri ve risk faktörlerini optimize etmeye odaklanırken bir çevresel sürdürülebilirlik projesi, ekonomik, sosyal ve çevresel kriterler arasında dengeli bir yaklaşım gerektirebilmektedir. Bu farklılıklar, kullanılan yöntemlerin yapılandırılmasını ve seçim sürecini önemli hale getirmektedir. Belirli problem tipleri için uygun bir yöntem seçilmediğinde, elde edilen sonuçlar hem güvenilirlik hem de geçerlilik açısından eksik kalabilmekte veya beklenen doğrulukta sonuçlar üretilmemektedir. Örneğin bulanık mantık temelli yöntemler, belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda daha iyi performans gösterirken ağırlıklı toplam modeli gibi daha basit yöntemler, kriterlerin doğrudan kıyaslanabildiği problemlerde etkin olabilir. Ortaya çıkan farklı problem tiplerine yönelik özel çözümler geliştirilmesi gereksinimi, ÇKKV yöntemlerinin genişletilebilir ve çeşitlilik gösteren yapısı ile karşılanabilir. ÇKKV yöntemlerinin esnek yapısı, karar vericilere farklı problem tiplerine uyum sağlayacak yöntemleri seçme ve uygulama imkânı sunarak karar süreçlerini daha etkin ve hedef odaklı hale getirir.

Aydın ve Sevinç'in araştırmalarında belirttikleri üzere; ÇKKV yöntemleri, geniş bir uygulama alanına sahip olup farklı sektörlerdeki değerlendirme süreçlerinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bankacılık, sigortacılık, lojistik, turizm, bilişim, sağlık, enerji ve ulaştırma gibi çeşitli sektörlerdeki problem ve değerlendirmelerde ÇKKV yöntemleri tercih edilmektedir. Her sektörün kendine özgü dinamikleri ve değerlendirme kriterleri dahilinde

kullanılan ÇKKV yöntemleri de sektöre özgü ihtiyaçlara göre çeşitlenmektedir. Örneğin, yüksek teknoloji endüstrilerinin performans değerlendirilmesinde Veri Zarflama Analizi (VZA) gibi çok girdili ve çok çıktılı yöntemler tercih edilirken sigorta şirketlerinin finansal performansları TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Bankacılık sektöründe ise AHP, VIKOR, ENTROPI, WASPAS ve M-TOPSIS gibi yöntemler kullanılarak farklı dönemler ve kriter setlerine göre performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Lojistik sektöründe Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemi finansal performans değerlendirmelerinde öne çıkarken turizm ve bilişim sektörlerinde ENTROPI, VIKOR ve GİA gibi yöntemler tercih edilmiştir. Sağlık sektöründe ise iş sağlığı ve güvenliği gibi spesifik alanlarda AHP, PROMETHEE ve GRA yöntemlerinin uygulanması gözlemlenmiştir. Enerji ve ulaştırma sektörlerinde de WASPAS, SWARA, OCRA gibi yöntemler ile değerlendirme yapılmıştır. Bu ekseninde, ÇKKV yöntemlerinin sektörel çeşitliliği, karar vericilere farklı problem türlerine uyum sağlayacak bir araç seti sunarken her yöntemin belirli bir bağlamda sunduğu avantajlar, karar süreçlerinin doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır. Dolayısıyla, ÇKKV'nin genişletilebilir ve uyarlanabilir yapısı, farklı sektörlerdeki karmaşık problemlerin çözümünde kritik bir rol oynamaktadır [4].

Hızla gelişen ve dijitalleşen dünyada problemlerin çözümünde doğru araçların kullanılması ihtiyacı, ÇKKV'nin önemini göstermektedir. Teknolojik gelişmeler, ÇKKV'nin uygulanmasında araçların ve yazılımların kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Geleneksel yaklaşımlar, elle hesaplama süreçlerinin sınırlamaları nedeniyle artık yeterli olmamaktadır. Bunun yerine yazılım tabanlı çözümler, büyük veri setlerinin işlenmesi, yöntemlerin doğru şekilde uygulanması ve sonuçların görselleştirilmesi gibi önemli avantajlar sunmaktadır [5]. Ayrıca, yazılım araçları sayesinde kullanıcılar, farklı ÇKKV yöntemlerini aynı anda kullanarak sonuçları karşılaştırma ve doğruluk değerlendirmesi yapma şansına sahip olurlar. Bu durum, özellikle akademik ve profesyonel alanlarda karar verme süreçlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırıcı olacaktır.

ÇKKV problemlerinin çözümünde yazılım araçlarının kullanımının önemi, yalnızca zaman ve kaynak tasarrufu sağlamakla sınırlı değildir. Aynı zamanda, kullanıcıların farklı yöntem ve ağırlıklandırma teknikleri arasında seçim yapabilmesine, yeni algoritmalar geliştirebilmesine ve sonuçları daha etkin bir şekilde analiz edebilmesine olanak tanımaktadır. Ancak mevcut araçların birçoğu sınırlı yöntem kapasitesine, kapalı kaynak yapısına ve kullanıcı dostu olmayan arayüzlere sahiptir [6].

2. ÇKKV PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN YÖNTEMLER (EXTENSIVELY USED METHODS IN THE SOLUTION OF MCDM PROBLEMS)

Farklı kriterlerin aynı anda değerlendirildiği ve karar vericinin tercihlerine göre en uygun alternatifin

belirlendiği karmaşık karar süreçlerini ifade eden ÇKKV problemleri için literatürde çözüme yönelik çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler, karar probleminin doğasına, verilerin niceliksel ya da niteliksel oluşuna, karar vericinin tercih yapısına ve çözüm sürecindeki esneklik gereksinimlerine göre çeşitlilik gösterir. Belton ve Stewart [1], ÇKKV alanında geliştirilen yöntemlerin çokluğunu ve uygulama çeşitliliğini vurgulayarak, bu yöntemlerin her birinin farklı bağlamlarda avantaj ve sınırlılık taşıdığını belirtmiştir. Bu kapsamda, ÇKKV problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin temel avantajları ile sınırlılıkları Tablo 1'de özetlenmiştir.

<i>Yöntem</i>	<i>Amacı</i>	<i>Avantajları ve Sınırlamaları</i>
AHP [7]	Alternatif Sıralaması, Puanlama	Hiyerarşik yapı analizi Sübjektif yargı etkisi yüksek
ANP [8]	Alternatif Sıralaması	İlişkili kriterlerde etkili Karmaşık Ağ yapısı
ARAS [9]	Alternatif Sıralaması	Basit ve doğrudan hesaplama Ağırlıklara duyarlılık
CODAS [10]	Alternatif Sıralaması	Karar boşluklarına duyarlı analiz İdeal çözüm duyarlılığı
COPRAS [11]	Alternatif Sıralaması	Pozitif ve negatif özellik ayrımı Ağırlık değişimlerine hassas
EATWIOS [12]	Verimlilik Analizi	Verimlilik odaklı analiz Girdi/çıktı tanımları karmaşık
EDAS [13]	Alternatif Sıralaması	Ortalama çözümle mesafe değerlendirmesi Negatif sapma etkisi
ELECTRE [14]	Alternatif Sınıflandırma	Çoklu eşik değerli karşılaştırma İkili karşılaştırmalar karmaşık
GRI [15]	Alternatif Sıralaması	Az veri ile karar destek Yorumlaması bazen güç
MABAC [16]	Alternatif Sıralaması	Sınır yaklaşımı ile hassas analiz Kriter normalizasyonu kritik
MACBETH [17]	Alternatif Puanlama	İkili karşılaştırmalara dayalı sezgisel model Veri toplaması zaman alıcı
MAIRCA [18]	Alternatif Sıralaması	İdeal ve gerçek alternatif farkı İdeal nokta seçimi sübjektif olabilir

<i>Yöntem</i>	<i>Amacı</i>	<i>Avantajları ve Sınırlamaları</i>
MAUT [19]	Alternatif Puanlama	Kriter bazlı fayda hesaplaması Fayda fonksiyonunun belirlenmesi zor
MOORA [20]	Alternatif Sıralaması	Çok kriterli optimizasyonda basit Kriter bağımlılığı riskli
MULTI MOORA [18]	Alternatif Sıralaması	MOORA'nın genişletilmiş hali Çok adımlı analiz karmaşıklığı
MOOSRA [21]	Alternatif Sıralaması	Oran analizine dayalı optimizasyon Ağırlık belirleme hassasiyeti
OCRA [22]	Alternatif Sınıflandırma	Sınıflandırma tabanlı sıralama İkili üstünlük analizi karmaşık
ORESTE [23]	Alternatif Sıralaması	Yumuşak sıralama yöntemi Yorumlamada zorluklar olabilir
OWA [24]	Alternatif Puanlama	Kritere göre ağırlıklı toplama Ağırlık seçimi sübjektif olabilir
PROME-THEE [25]	Alternatif Sıralaması	Öncelik sıralaması açık Tercih fonksiyon seçimi kritik
PSI [26]	Alternatif Sıralaması	Basit oranlarla sıralama Standart sapmaya duyarlı
SAW [27]	Alternatif Sıralaması	Basit ağırlıklı toplam Kriterlerin doğru ağırlıklandırılması şart
SMAA2 [28]	Alternatif Kabul Edilebilirliği	Belirsizlik altında karar desteği Çıktıların yorumu karmaşık
TODIM [29]	Alternatif Sıralaması	Risk ve kayıp analizi içerir Parametre seçimi hassas
TOPSIS [30]	Alternatif Sıralaması	İdeal çözüm yaklaşımı Uzaklık ölçümüne hassas
UTA [31]	Alternatif Puanlama	Parçalı fayda fonksiyonlarıyla modelleme Veri toplaması zor
VIKOR [32]	Alternatif Sıralaması	Uzlaşmaya dayalı karar desteği Uzlaşma çözüm tartışmalı olabilir
VZA [33]	Verimlilik Analizi	Girdi bazlı verimlilik analizi Outlier etkisi yüksek

Yöntem	Amacı	Avantajları ve Sınırlamaları
WASPAS [34]	Alternatif Sıralaması	Toplam ve çarpım modelinin kombinasyonu Parametre seçimi önemli
WPM [35]	Alternatif Sıralaması	Çarpımsal model Ağırlıkların doğruluğu çok kritik
WSM [25]	Alternatif Sıralaması	Toplamsal model Ölçek normalizasyonu gerekli

Tablo 1. ÇKKV Sıralama Yöntemleri

ÇKKV problemlerinde kriterlerin görece önem derecelerinin belirlenmesinin nihai sonucun doğruluğu ve güvenilirliği açısından kritik bir adım olması bağlamında hem öznel hem de nesnel yaklaşımlara dayalı olarak geliştirilmiş çok sayıda ağırlıklandırma yöntemi bulunmaktadır. Her bir yöntemin kendine özgü varsayımları, hesaplama teknikleri ve uygulama alanları bulunmaktadır. Zavadskas ve Turskis, ÇKKV problemlerinde ağırlıklandırma sürecinin seçilecek yönetime bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterebileceğini ve çok sayıda alternatif metodun literatürde yer aldığını belirtmektedir [3]. Bu doğrultuda, yaygın olarak kullanılan bazı ağırlıklandırma yöntemleri ile bunların avantaj ve sınırlılıkları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Yöntem	Amacı	Avantaj ve Sınırlamaları
CILOS [36]	Karar vericilerin tutarsızlık derecelerini en aza indirerek ağırlıkları belirlemek	Tutarlılık düzeyini analiz eder. Hesaplamalar soyut kavramsal temellere dayanır, uygulaması karmaşık olabilir.
CRITIC [37]	Kriterlerin varyans ve birbirleriyle korelasyonları üzerinden nesnel ağırlık belirlemek	Objektif veriye dayanır, korelasyon etkisini azaltır. Verilerin normalize edilmesi gereklidir.
DEMATEL [38]	Kriterler arası neden-sonuç ilişkilerini analiz ederek ağırlık oluşturmak	Etkileşimli kriter yapıları modellenilebilir. Uzman görüşü gerektirir, öznel yorumlar sonucu etkileyebilir.
ENTROPY [39]	Bilgi teorisi temelli olarak kriterlerin ayırım gücüne göre ağırlık vermek	Tamamen veriye dayalı, insan hatasını azaltır. Karar verici tercihlerini dikkate almaz.

Yöntem	Amacı	Avantaj ve Sınırlamaları
IDOCRIW [40]	Öznel (SWARA) ve nesnel (ENTROPY, CRITIC vb.) yöntemlerin entegrasyonu	Hem öznel hem nesnel girdileri harmanlar. Hesaplama süreci daha karmaşıktır.
LBWA [41]	Uzmanların tercihleri doğrultusunda kriterlerin görece önemlerini değerlendirmek	Basit ve sezgisel. Aşırı öznel olabilir, uzman görüşüne bağımlıdır.
ROC [42]	Sıralamalara dayalı olarak kriter ağırlıklarını türetmek	Karar verici için kolay uygulanabilir. Ayrıntılı bilgi kaybı yaşanabilir.
SIMOS [43]	Kart sıralaması ile kriterlerin önem düzeylerini belirlemek	Uygulaması kolay, görsel yöntemdir. Yorum farkları ağırlıkları etkileyebilir.
SMART [44]	Kriterlerin doğrudan puanlanmasıyla basit ağırlıklandırma	Kavranması kolaydır. Tutarsızlık ve önyargı riski yüksektir.
SWARA [45]	Uzman görüşleri ve kriterlerin görece önem derecelerine göre ağırlık belirlemek	Kolay ve esnek. Yüksek öznel yorum içerir.

Tablo 2. ÇKKV Ağırlıklandırma Yöntemleri

3. ÇKKV PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILAN BAZI ARAÇLAR (SOME TOOLS UTILIZED IN THE SOLUTION OF MCDM PROBLEMS)

ÇKKV problemlerinin çözümünde elektronik hesaplama tablosu programları, özellikle Microsoft Excel yaygın kullanılan araçlardan biri olarak karşımıza çıkar [46], [47], [48]. Hesaplama tablosu programlarının sağladığı erişilebilirlik ve esneklik, karar vericilerin karmaşık analizleri hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanır. Elektronik hesaplama tablo programlarının sunduğu veri girişi, formül oluşturma ve otomasyon özellikleri, ÇKKV yöntemlerinin içerdiği kriterlerin ağırlıklandırılması, alternatiflerin sıralanması ve sonuçların analiz edilmesi gibi çok aşamalı süreçlerin kolaylıkla uygulanmasını sağlar.

Elektronik hesap tablosu programlarının ÇKKV problemlerinin çözümündeki en büyük avantajlarından biri, geniş bir formül ve fonksiyon yelpazesi sunarak manuel hesaplamaların gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır. Özellikle TOPSIS, AHP ve VIKOR gibi yaygın kullanılan ÇKKV yöntemlerinde alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması için karmaşık matematiksel işlemler gerekir [49]. Hesaplama tablosu programlarının yerleşik fonksiyonları sayesinde, bilimsel veya matematiksel

hesaplamalar kolayca yapılabilir, hesaplama hatalarına imkan vermeden ve süratle sonuçlar gözlemlenebilir.

Hesaplama tablosu yazılımlarının sunduğu bir diğer önemli özellik ise veri görselleştirme kapasiteleridir. Elektronik tablo programları, karar matrislerinin analizini ve alternatiflerin sıralamasını takiben görsel grafik araçları ile ÇKKV problemlerinin çözümlerinde karar vericilerin sonuçları daha iyi anlamalarına ve yorumlamalarına da yardımcı olur.

ÇKKV problemlerinin çözümünde elektronik tablo programları önemli bir yer tutsa da ÇKKV alanına yönelik özel olarak geliştirilmiş yazılımlar ve web tabanlı platformlar da literatürde giderek daha fazla yer almaktadır. Bu programlar, ÇKKV yöntemlerini derinlemesine ele alarak karar vericilere daha özel çözümler sunmayı amaçlar. Özellikle karar analizi, optimizasyon ve kriter ağırlıklandırma gibi karmaşık süreçleri kolaylaştırmak için tasarlanmış bu araçlar, kullanıcıların daha hızlı ve etkin sonuçlar elde etmesine olanak tanır. Ayrıca, birçok program farklı yöntemleri bir arada sunarak çeşitli yaklaşımları test etme ve karşılaştırma imkanı sağlar.

ÇKKV problemlerinde kullanılabilecek geniş bir yöntem yelpazesi sunan bu tip özel yazılımlar kullanıma hazır algoritmalar ve araçlar sunarak, elektronik hesaplama tablosu programlarının kullanıcıların kendi formüllerini ve yöntemlerini manuel olarak oluşturmasını gerektirdiği durumlarda büyük bir avantaj sağlar. Örneğin, TOPSIS, AHP, ELECTRE veya PROMETHEE gibi popüler yöntemler, bu tür yazılımlarda genellikle önceden entegre edilmiş olarak kullanıma sunulur [50].

Web tabanlı platformlar ise ÇKKV problemlerinin çözümünde yeni bir dönemin başlangıcını temsil eder. Geleneksel yazılımlardan farklı olarak, bu platformlar herhangi bir kurulum gerektirmeden internet üzerinden erişilebilirlik sağlayarak kullanıcıların karar problemlerini diledikleri cihazdan çözmelerine imkan tanır. Genellikle kullanıcı dostu arayüzleri, görselleştirme seçenekleri ve interaktif özellikleri ile öne çıkan web tabanlı araçlar, bulut tabanlı teknolojiler sayesinde de kullanıcıların projelerini kaydetmeleri ve istedikleri zaman erişimlerini mümkün hale getirir.

4. YAYGIN KULLANILAN ÇKKV ARAÇLARINDA RASTLANAN ORTAK DEZAVANTAJLAR (COMMON DRAWBACKS OF WIDELY USED MCDM TOOLS)

ÇKKV problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan kırkı aşkın yazılım ve araç; yazılım türü, desteklediği ÇKKV yöntemleri, kullanım amacı ve uygulama alanları bakımından incelenmiştir [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56]. Yazılımların bir arada değerlendirilmesi neticesinde avantaj ve dezavantajları belirlenerek kıyaslandığında karar verici açısından

dezavantajları genel olarak aşağıdaki ana başlıklar altında sınıflandırılarak ve özetlenebilir:

Öncelikle yazılımların önemli bir kısmı yalnızca belirli bir ÇKKV yöntemine veya sınırlı sayıda yönteme odaklanmıştır. Örneğin, PriESt, AHP-OS ve MACBETH for MCDA, yalnızca AHP veya belirli bir yöntemi desteklerken, diğer modern ÇKKV yöntemlerine uyum sağlayamaz. Bu durum, kullanıcıların farklı problem türleri için en uygun yöntemi seçme esnekliğini kısıtlar.

Diğer bir dezavantaj olarak yazılımların genişletilebilirlik ve özelleştirilebilirlik durumlarından bahsedilebilir. Bazı ÇKKV araçları kapalı altyapısıyla kullanıcıların yöntemleri veya algoritmaları özelleştirmesine izin vermez. Örneğin, Bubble Chart Pro OPTIMAL, D-Sight ve 1000Minds gibi yazılımlar, belirli işlevlerle sınırlıdır ve kullanıcıların yazılıma yeni yöntem veya kriter eklemesine imkan tanımaz. Bu durum hem akademik çalışmalarda hem de sektörel uygulamalarda yenilikçi yaklaşımları zorlaştırır.

ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan yazılımların önemli bir kısmının web tabanlı çalışmayı desteklememesi, kullanıcıların belirli istemci cihazlara bağımlı kalmasına neden olur. Örneğin, MCDA Package for R ve DEXi, yalnızca masaüstü tabanlı yazılımlar olup bulut üzerinden erişim veya veri paylaşımı gibi modern özellikler sunmaz. Bu durum, özellikle uzaktan çalışma ortamlarında ve hızlı erişim gereksinimlerinde dezavantaj yaratır.

Bazı ÇKKV araçlarında karşılaşılan güçlükler arasında karmaşık kullanıcı arayüzü ve öğrenme eğrisi etkisi de yer alır. Bazı yazılımlar, kullanıcı dostu olmayan arayüzlere sahip olup yeni başlayanlar için öğrenme sürecini zorlaştırır. Örneğin, DESDEO, GUIMOO ve Analytica, teknik bilgi gerektirmekte ve kullanıcıların bu yazılımları etkin bir şekilde kullanması için uzun bir öğrenme süresi gerektirir.

Bazı yazılımlar lisans ücretleri veya ek modüller için yüksek tutarlar istemektedir. Özellikle modeFRONTIER, D-Sight ve ASMO gibi araçlar, bütçe kısıtlamaları olan kullanıcılar, öğrenciler veya akademisyenler için erişilebilir değildir. Bu, daha düşük bütçeli projelerde bu tür yazılımların kullanımını zorlaştırır.

İncelenen yazılımların bir kısmında da sonuçların görselleştirilmesi ve analiz edilmesi konusunda yetersizlikler olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, utility, Multicrit ve FLO, kullanıcıların sonuçları anlamasını ve yorumlamasını kolaylaştıracak karmaşık görselleştirme ve analiz ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalır.

Bu yazılımların dezavantajları, kullanıcıların farklı problem tipleri için uygun çözümler bulma, yazılımları esnek bir şekilde uyarlama, hızlı erişim sağlama ve düşük maliyetli bir çözüm elde etme ihtiyaçlarını karşılamakta sınırlı kaldığını gösterir. Özellikle web tabanlı, kullanıcı dostu ve genişletilebilir araçların eksikliği, modern ÇKKV

problemleri için daha kapsamlı ve erişilebilir çözümlere olan ihtiyacı ortaya koyar.

5. ÇKKV PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK TASARIM ÖNERİLERİ (DESIGN SUGGESTIONS FOR THE SOLUTION OF MCDM PROBLEMS)

Karar vericilerin yararlanmasına sunulacak bir ÇKKV aracının geliştirilmesi esnasında, mevcut araçlarda gözlemlenen ortak dezavantajların giderilmesi ön planda tutulmalıdır. İlk olarak, geliştirilecek yazılım yalnızca belirli bir yöntemle odaklanmamalı, çok sayıda ÇKKV yöntemini desteklemelidir. Kullanıcıların farklı problem tipleri ve kriter setleri için en uygun yöntemi seçmesine olanak tanıyan, geniş bir yöntem çeşitliliği sunulmalıdır. Örneğin, TOPSIS, AHP, PROMETHEE, VIKOR gibi popüler yöntemlerin yanı sıra, ELECTRE ve MACBETH gibi daha az yaygın kullanılan yöntemler de entegre edilmelidir. Bu çeşitlilik, kullanıcıların aynı yazılım üzerinden farklı yaklaşımları test etmesini ve karşılaştırma yapmasını sağlayarak karar verme sürecini güçlendirecektir.

Yazılımın bir diğer önemli özelliği genişletilebilirlik ve özelleştirilebilirlik olmalıdır. Kapalı bir altyapıya sahip olan bazı mevcut yazılımların aksine, yeni yazılım açık kaynak kodlu olarak tasarlanmalıdır. Böylece karar vericiler, yeni çıkan ÇKKV yöntemlerini veya mevcut yöntemlerin farklı gerçekleştirim yöntemlerini kendi ihtiyaçlarına göre yeni algoritmalar ekleyerek mevcut yöntemleri özelleştirebilecek ve yazılımın fonksiyonlarını geliştirebilecektir.

Web tabanlı bir tasarım, yazılımın erişilebilirliği açısından büyük bir önem taşımaktadır. Yeni yazılım, herhangi bir cihazdan, herhangi bir zamanda erişim sağlayarak kullanıcıların belirli istemci cihazlara bağımlılığını ortadan kaldırmalıdır. Bu web tabanlı yaklaşım, özellikle uzaktan çalışan profesyoneller ve mobil kullanıcılar için büyük bir avantaj sağlayacaktır. Kullanıcıların projelerini bulut üzerinde kaydedebilmesi ve paylaşabilmesi, modern iş akışlarına entegrasyonu kolaylaştırıcı bir özellik olacaktır.

İncelenen yazılımların büyük çoğunluğunun genelde tek dilli (İngilizce) olarak hazırlandığını veya yazılımı geliştiren araştırmacının dilinde (örneğin, Fransızca, Japonca, Almanca, gibi) hazırlandığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle geliştirilecek yazılımın çok dilli bir arayüze sahip olması, ihtiyaç halinde yeni dillere hızla adapte olabilmesi de uluslararası kullanıcılar için erişilebilirliği artıracak, çok uluslu projeler için bilgi paylaşımını kolaylaştıracaktır.

Kullanıcı dostu bir arayüz, yazılımın kullanım kolaylığını artıran bir diğer önemli unsurdur. Karmaşık ve teknik bilgi gerektiren mevcut araçların aksine, yeni yazılım, sezgisel bir arayüz sunarak hem yeni başlayanlar hem de uzman kullanıcılar için uygun olmalıdır. Yaygın ve temel bilgisayar kullanımı bilgisinin yeterli olacağı kadar sade bir arayüz karar vericilerin öğrenme eğrisini hızlandıracaktır.

Görselleştirme araçları, alternatiflerin sıralanmasını, kriterler arasındaki ilişkileri ve sonuçların analizini kolaylaştırmalıdır. Çubuk grafikler, pasta grafikler ve interaktif tablolar gibi görselleştirme seçenekleri, karar vericilerin sonuçları daha iyi anlamasını sağlayacaktır.

Yazılım, aynı zamanda maliyet etkin bir çözüm sunulmalıdır. Mevcut yazılımların yüksek lisans maliyetleri nedeniyle akademik dünyada erişilebilirliği sınırlı kalmaktadır. Açık kaynak kodlu bir yapıya sahip olması, bu yazılımın herkes tarafından kullanılabilir olmasını sağlayarak hem öğrenciler hem de akademisyenler için önemli bir avantaj oluşturacaktır. Ayrıca, açık kaynak yaklaşımı yazılımın uzun vadede sürekli geliştirilmesini ve güncellenmesini mümkün kılacaktır.

Bu özelliklere ek olarak, yeni yazılımın kullanıcıların yöntemler arasında ayrıntılı karşılaştırma yapmasını desteklemesi gerekmektedir. Bu, farklı ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçların yan yana incelenmesi ve karar verme sürecine dair daha derin bir anlayış geliştirilmesi için önemlidir. Özellikle, yazılımın birden fazla yöntemi aynı anda çalıştırarak sonuçları görselleştirme ve analiz etme yeteneği hem akademik çalışmalar hem de profesyonel uygulamalar için büyük bir değer katacaktır.

Bu özelliklerin bir araya gelmesiyle geliştirilecek yeni ÇKKV yazılımı, akademik ve profesyonel dünyada modern karar verme süreçleri için güçlü bir araç olacaktır. Yazılım, kullanıcı dostu yapısı, geniş yöntem desteği, esnek altyapısı ve maliyet etkinliği ile mevcut araçların eksikliklerini gidererek karar analizi alanında yeni bir standart oluşturabilir. Bu yaklaşım, kullanıcıların ÇKKV problemlerine daha yenilikçi, erişilebilir ve etkili çözümler geliştirmesine olanak tanıyacaktır.

Python gibi güçlü bir programlama diline dayalı bir altyapı, bu genişletilebilirliği ve esnekliği sağlamak için ideal bir çözüm sunacaktır. Ayrıca, kullanımı sürekli yaygınlaşan Python [57], geniş matematik ve akademik kütüphaneleri ile akademisyenlerin ve araştırmacıların yenilikçi yaklaşımlarını yazılıma kolayca entegre edebilmesini sağlayarak yazılımın uzun vadeli değerini artıracaktır.

6. ÇKKV PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK MODERN BİR YAZILIM: KRİTİK SEÇİM (A MODERN SOFTWARE FOR THE SOLUTION OF MCDM PROBLEMS: KRİTİK SEÇİM)

Geliştirilen Kritik Seçim ÇKKV yazılımı, karar vericilerin kullanımını kolayca öğrenebilecekleri, ÇKKV alanında ilave bir bilgi veya teknik detaya ihtiyaç duymadan kullanabilecekleri, farklı yöntem ve senaryoları aynı problem üzerinde pratik bir şekilde uygulayabilecekleri ve sonuçları rahatça karşılaştırarak değerlendirebilecekleri web tabanlı bir platform sunmaktadır.

Kritik Seçim Yazılımı, incelenen diğer yazılımların avantajlarını bünyesinde birleştirirken farklı yazılımlarda

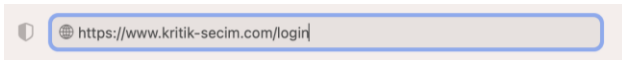
ortaya çıkan dezavantajları da ortadan kaldırmaktadır. Bu doğrultuda Kritik Seçim tarafından sağlanan kolaylıklar ve yararlar şu şekilde sıralanabilir.

1. Web tabanlı teknoloji ile karar vericilerin her hangi bir bilgisayara bağlı kalmadan yazılıma her ortamdan rahatlıkla erişebilmesi sağlanmaktadır.
2. Benzer yazılımların aksine, kolay menü yapısı ile hızlı bir şekilde çözüme ulaşmayı ve sonuçları izlemeyi kolaylaştırmaktadır.
3. Benzer yazılımların çoğunun aksine, karar vericiye karar probleminin türüne göre geniş bir yelpazeden ÇKKV yöntemlerini seçme imkanı vermektedir.
4. Özellikle hesaplama tablosu ile ÇKKV problemlerini çözmek isteyen karar vericilere Excel bilgisi gerektirmeden kolaylıkla veri girişi imkanı sağlamaktadır.
5. Sisteme yüklenen karar matrislerindeki olası eksik ve tutarsız verileri belirleyerek otomatik düzeltme imkanı sunmaktadır.
6. ÇKKV probleminden sonra sonuçları kolay ve hızlı bir şekilde tek ekranda göstermektedir.
7. Aynı problem için farklı yöntemler, farklı parametreler ile farklı senaryolar geliştirilmesine ve çözümlerin tek ekranda karşılaştırmalı olarak incelenmesine imkan tanımaktadır.
8. Çözümlere yönelik duyarlılık analizlerini kriter ağırlıkları ve alternatif değerleri için ayrı ayrı yaparak çözümlerin geçerlilik ve tutarlılığını hızlı ve kolay şekilde gösterebilmektedir.
9. Akademisyenler ve öğrencilerin kullanımı için ÇKKV yöntemlerinin uygulanmasındaki ara hesaplama adımlarını ve ara sonuçları göstererek detayların incelenmesine imkan tanımaktadır.

Kritik Seçim Yazılımının, yukarıda özetlenen yenilik ve avantajları detaylı olarak aşağıda açıklanmaktadır.

6.1. Tamamen Web Tabanlı Geliştirme: Her Yerden ve Her Zaman Kolay Erişim (Fully Web Based Development: Easy to Access Anywhere and Anytime)

Kritik Seçim yazılımının en önemli avantajlarından biri, tamamen web tabanlı bir platform olmasıdır. Kullanıcılar, herhangi bir cihazdan, herhangi bir zamanda yazılıma erişebilir ve karar verme süreçlerini kolaylıkla yönetebilirler. Bu özellik, özellikle mobil ve uzaktan çalışma ortamlarında büyük bir avantaj sağlar. Web tabanlı yapısı sayesinde, kullanıcılar yazılıma bağımlı bir kurulum yapmadan erişim sağlayarak, cihaz bağımsız bir deneyim yaşayabilirler. Herhangi bir web tarayıcısından, Şekil 1'de gösterilen Kritik Seçim yazılımının bağlantısı girilerek yazılımın tüm fonksiyonlitesine ve daha önce girilen veri ve çözümlere erişmek mümkündür.



Şekil 1. Kritik Seçim Yazılımı Bağlantı Adresi
(URL Link for the Kritik Seçim Software)

Ayrıca, kullanıcıların proje verilerini bulutta saklama imkanı, veri kaybı riskini azaltarak ortak çalışma süreçlerini destekler. Bulut tabanlı yapı, yalnızca esneklik sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kullanıcıların verilerini güvenli saklamalarını ve ihtiyaç duyduklarında bu verilere hızlıca erişmelerini mümkün kılar. Geleneksel masaüstü yazılımlarda sıkça karşılaşılan veri senkronizasyon sorunları bu sayede ortadan kalkar. Kullanıcılar, aynı problem üzerinde farklı cihazlarda çalışabilir ve yazılım, her oturumda en güncel veriyi sağlar.

6.2. Kullanıcı Dostu ve Kolay Kullanım: 3 Tıklama Yaklaşımı (User Friendly and Easy Usage: The 3-click Approach)

Kritik Seçim, kullanıcı dostu bir arayüz sunarak, karar verme süreçlerini olabildiğince kolaylaştırır. Yazılımın "3 tıklama yaklaşımı" ile kullanıcılar, her fonksiyona hızlı bir şekilde erişebilir. Örneğin, bir karar matrisi yüklemek, yöntemi seçmek ve çözümü almak yalnızca üç basit adımda tamamlanır.

Kullanıcı dostu yapısı aynı zamanda, karmaşık karar süreçlerini sezgisel bir şekilde yönetmeyi de mümkün kılar. Örneğin, yöntemler arasında geçiş yapmak, ağırlıklandırma tekniklerini değiştirmek veya yeni bir senaryo tanımlamak gibi işlemler birkaç tıklama ile gerçekleştirilebilir. Kullanıcıların ek bir eğitime ihtiyaç duymadan yazılımı etkili bir şekilde kullanabilmeleri hem bireysel hem de ekip çalışmalarında büyük bir zaman tasarrufu sağlar.

6.3. Geniş Yöntem Yelpazesi; 30 ÇKKV Sıralama ve 10 Ağırlıklandırma Yöntemi (Wide Method Selection: 30 MCDM Sorting and 10 Weighting Methods)

Kritik Seçim, karar verme süreçlerinde kullanıcıların ihtiyaç duyduğu tüm yöntemleri tek bir platformda sunar. Yazılım, yaygın olarak kullanılan yöntemlerden (TOPSIS, AHP, ELECTRE gibi) modern ve yenilikçi yöntemlere kadar 30 farklı sıralama ve 10 farklı ağırlıklandırma yöntemini desteklemektedir.

Bu çeşitlilik, kullanıcıların farklı problem türleri ve kriterler için en uygun yöntemi seçmelerine olanak tanır. Karar vericinin problemine uygun sıralama ve ağırlıklandırma yöntemini seçebileceği ekran aracılığıyla aralarından seçebileceği yazılım tarafından desteklenen ÇKKV sıralama ve ağırlıklandırma yöntemleri sırasıyla, Tablo 1 ve Tablo 2 gösterilmiştir.

Yöntemlerin kapsamlı entegrasyonu özellikle akademik araştırmalarda ve farklı sektörlerde çalışan profesyonellere, aynı karar matrisinde farklı yöntemleri deneyip sonuçları karşılaştırarak en uygun kararı verebilme imkanı tanıdığı için büyük bir avantaj sağlar.

6.4. Uzman Excel Bilgisi Gerektirmez (No need for Expert Excel Knowledge)

Kritik Seçim, kullanıcıların Excel veya diğer hesaplama tablolarının bilgisine olan bağımlılığını minimize eder. Yazılım, karar tablolarını Excel formatında kolayca yükleme ve sonuçları aynı formatta dışa aktarma imkanı sunmaktadır. Kullanıcılar, karmaşık Excel formülleri veya makroları öğrenmek zorunda kalmadan, mevcut verilerini yükleyerek çözüm sürecine hızlı bir şekilde başlayabilirler. Bu, özellikle teknik bilgiye sahip olmayan kullanıcılar için büyük bir kolaylık sağlar. Tablo 3'te karar verici tarafından sisteme yüklenecek 5 alternatif ve 5 kriterli bir örnek elektronik hesap tablosu görülmektedir. Karar vericinin, karmaşık formüller, fonksiyonlar, vb. bilmesine gerek kalmadan yalın veriyi yüklemesi yeterlidir. Bir elektronik hesap tablosu yazılımı kullanmayan kullanıcılar için ise ekrandan tablo formatında veri girişi imkanı bulunmaktadır.

	Kriter-1	Kriter-2	Kriter-3	Kriter-4	Kriter-5
Alternatif-1	20	4	24	2	2500
Alternatif-2	21	2	27	1	2400
Alternatif-3	23	3	31	1	2100
Alternatif-4	22	3	33	3	2200
Alternatif-5	24	5	42	2	2000
Ağırlıklar	0,1968	0,174	0,217	0,1989	0,2133
Kriter Tipi	1	1	1	1	-1

Tablo 3. Yazılıma Yüklenen Excel Tablo Yapısı
(Format of the Excel Spreadsheet Uploaded to the Software)

6.5. Karar Matrislerindeki Eksik veya Tutarsız Verileri Kolayca Tanıma ve Düzeltme (Easy Identification and Correction of Missing or Inconsistent Data in the Decision Matrices)

Kritik Seçim, kullanıcıların karar matrislerindeki eksik veya tutarsız verileri hızlı bir şekilde tespit etmelerine yardımcı olarak, veri girişindeki hataları veya eksiklikleri otomatik olarak algılar ve kullanıcıya bu sorunları düzeltme önerileri sunar. Bu, özellikle büyük ve karmaşık matrislerde manuel olarak hata bulma sürecini büyük ölçüde kısaltır. Şekil 2'de karar verici tarafından yazılıma yüklenen veri tablosu üzerinde belirlenen hatalar ve karar matrisi üzerindeki eksik veya hatalı verilerin doldurulmasına yönelik seçenekler gösterilmektedir.

Şekil 2. Veri Seti Doğrulama Ekranı
(Screen for Data Verification)

Yazılımın veri hatalarının otomatik tespiti ve düzeltilmesi özelliği, kullanıcıların daha güvenilir ve tutarlı analizler yapmasına imkan tanır. Hataların tespiti ve düzeltilmesi hem zamandan tasarruf sağlar hem de sonuçların doğruluğunu artırır. Örneğin, bir kriterin ağırlığının yanlış girildiği bir senaryoda, yazılım bu durumu işaret ederek kullanıcıya düzeltilmiş bir çözüm önerir.

6.6. Tek Tıkla Çözüm: Kolay Çözüm ve Çözüm Sonuçlarının Gösterimi (Single Click to Solution: Easy to Solve and Observe Solutions)

Kritik Seçim yazılımının en dikkat çeken özelliklerinden biri, "tek tıkla çözüm" yaklaşımıdır. Kullanıcılar, karar matrislerini yükledikten ve yöntemlerini seçtikten sonra, yalnızca bir tıklama ile problemin çözümüne ulaşabilirler. Bu basit ve hızlı işlem, kullanıcıların karmaşık yöntemleri bile kolaylıkla uygulamalarına olanak tanır. Çözüm sürecinin otomatikleştirilmiş olması, manuel hesaplamalarda oluşabilecek hataları önler ve zaman tasarrufu sağlar. Karar verici tarafından karar matrisinin yüklenmesi ve doğrulanmasını takiben çözümün gösterildiği ekran Şekil 3'te verilmiştir. Karar verici, sonuçları artan veya azalan şekilde sıralayarak sonuçları rahatlıkla analiz edebilmektedir.

Tek tıkla çözüm aynı zamanda sonuçların net ve anlaşılır bir biçimde sunulmasını sağlayarak kullanıcılara alternatiflerin sıralamasını, kriterlerin ağırlıklarının etkisini ve diğer önemli parametreleri bir arada görme imkanını sunar.

Senaryo - 1 : Uzman Ağırlıkları ile Çözümü	
Proje: Yatırım Yeri Seçimi	
Kullanıcı: Atilla Turgut	
Artan Sırala	Azalan Sırala
Orijinal Sıra	PDF Olarak Yazdır
Geri	
Unnamed: 0	
Alternatif-1	0.444612
Alternatif-2	0.080685
Alternatif-3	0.256948
Alternatif-4	0.651310
Alternatif-5	0.687663

Şekil 3. ÇKKV Problemi Çözüm Ekranı
(Solution Screen for MCDM Problem)

6.7. Senaryolarla Yaklaşım: Aynı Problem İçin Yeni Senaryoları Kolayca Tanımlama (Approach with Scenarios: Easy Definition of New Scenarios for the Same Problem)

Kritik Seçim, kullanıcıların aynı problem üzerinde yeni senaryolar oluşturmasını ve bu senaryoları kolayca çözümlemesini mümkün kılar. Kullanıcılar, mevcut karar matrislerini ve kriter setlerini tekrar tekrar girmek zorunda kalmadan farklı senaryoları tanımlayabilir. Örneğin, kriter ağırlıklarının değiştirilmesi, yeni alternatiflerin eklenmesi veya farklı yöntemlerin uygulanması gibi senaryo değişiklikleri hızlıca yapılabilir.

Şekil 4'te yazılıma daha önce girilen bir ÇKKV problemi için tanımlanan üç farklı senaryo gösterilmektedir. İlk senaryo TOPSIS yöntemini uzman değerlendirmesi ağırlıkları ile hesaplarken, ikinci ve üçüncü senaryolar ağırlıkları ENTROPY yöntemi ile belirlemiş, sırasıyla, TOPSIS ve CODAS sıralama yöntemlerini uygulamışlardır.

Ayrıca, Senaryo İşlemleri ekranında, her senaryonun veri setinin yüklenip yüklenmediği, çözümün gerçekleştirilmesi ve duyarlılık analizinin yapılması gibi durumlar da takip edilmektedir.

Sıralama ve ağırlıklandırma yöntemlerinin yanı sıra, belirli alternatiflerin değerlerindeki değişiklikler, farklı ağırlıklar veya farklı alternatifler de senaryolar içinde değerlendirilebilir. Bu özellikler, "ne olursa" (what - if) türündeki analizler için son derece önemlidir. Kullanıcılar, bir karar problemine dair çeşitli senaryoları kolayca oluşturabilir ve bu senaryoların sonuçlarını hızlıca karşılaştırabilir. Böylece hem akademik hem de profesyonel çalışmalarda daha derinlemesine analiz yapma imkanı karar vericilere sunulabilir.

Senaryo İşlemleri									
Kullanıcı: Atilla Turgut Proje Adı: Yatırım Yeri Seçimi									
Seç	Senaryo Adı	Tanım	Sıralama Yöntemi	Ağırlıklandırma Yöntemi	Veri Seti	Çözüm	Duyarlılık Analizi	Oluşturulma Zamanı	Değiştirilme Zamanı
☐	Senaryo - 1 : Uzman Ağırlıkları ile	Uzmanlar tarafından belirlenen kriter ağırlıkları ile	TOPSIS	Uzman Görüşü	Yüklendi	Çözüldü	Yapıldı	2024-11-24 19:20	2024-11-24 19:26
☐	Senaryo 2 : Ağırlıkların ENTROPY Yöntemi ile belirlenmesi	Yatırım yeri seçimi için kriter ağırlıklarının ENTROPY yöntemi ile belirlenmesi	TOPSIS	ENTROPY	Yüklendi	Çözüldü	Yapılmadı	2024-11-24 19:30	2024-11-24 19:34
☐	Senaryo 3 : ENTROPY ve CODAS yöntemleri ile değerlendirme	Yatırım yeri seçimi için Kriter ağırlıklarının ENTROPY yöntemi ile belirlenmesi ve CODAS Yöntemi ile değerlendirilmesi	CODAS	ENTROPY	Yüklendi	Çözüldü	Yapılmadı	2024-11-24 19:32	2024-11-24 19:34
Yatırım Seç Gözetile Yöntem Güncelle Veri Seti İşlemleri Senaryoyu Çöz Duyarlılık Analizi İşlemleri									
Senaryo Çözümünü Gör Senaryo Ağırlıklarını Gör Ana Çözümleri Gör Senaryoları Karşılaştır Geri									

Şekil 4. ÇKKV Problemi için Farklı Senaryo Girişleri
(Scenario Entry Screen for a MCDM Problem)

6.8. Farklı Senaryoların Çözümlerini Yan Yana Kolayca Karşılaştırma (Side by Side Comparison of Different Scenarios)

Kritik Seçim, farklı senaryoların çözüm sonuçlarını yan yana karşılaştırma imkanı sunar. Kullanıcılar, aynı problem üzerinde tanımladıkları farklı senaryoları tek bir ekranda inceleyebilir ve bu senaryolardan elde edilen sonuçları detaylı bir şekilde kıyaslayabilir. Bu özellik, karar verme sürecinde alternatif çözümler arasında en uygun olanı seçmeyi kolaylaştırır.

	Senaryo 3 : ENTROPY ve CODAS yöntemleri ile değerlendirme	Senaryo - 1 : Uzman Ağırlıkları ile	Senaryo 2 : Ağırlıkların ENTROPY Yöntemi ile belirlenmesi
	CODAS Çözüm	TOPSIS Çözüm	TOPSIS Çözüm
Alternatif-1	0.405454	0.444612	0.519213
Alternatif-2	-2.098414	0.080685	0.017832
Alternatif-3	-1.469586	0.256948	0.126143
Alternatif-4	1.974199	0.65131	0.775901
Alternatif-5	1.188346	0.687663	0.572511

Şekil 5. Senaryo Sonuçlarının Birlikte Değerlendirilme Ekranı
(Comparison of Scenario Results Together)

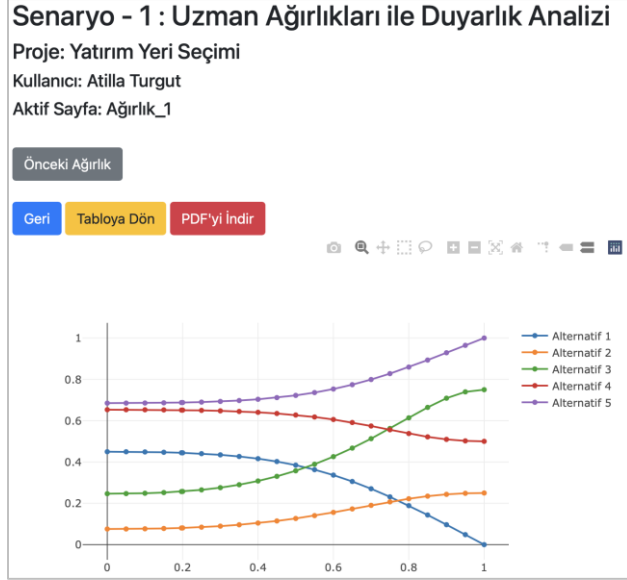
Karar verici tarafından belirlenen farklı senaryoların sonuçları aynı ekran üzerinde yan yana izlenebildiği yazılımın sonuç ekranı Şekil 5'te verilmiştir.

Yan yana karşılaştırma özelliği, görsel olarak desteklenmiş bir arayüzle kullanıcıya sunulur. Grafikler ve tablolar yardımıyla, kullanıcılar farklı senaryolar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları kolayca görebilirler. Örneğin, bir senaryoda bir kriterin ağırlığının artırılmasının, alternatiflerin sıralamasını nasıl etkilediği net bir şekilde görülebilir.

6.9. Duyarlılık Analizleri (Sensitivity Analyses)

Duyarlılık analizi, karar verme süreçlerinde kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin sıralamasının nasıl etkilendiğini anlamak için kritik bir öneme sahiptir. Kritik Seçim, kullanıcılarına farklı türde duyarlılık analizleri yapma imkanı sunar. Örneğin, kriter ağırlıklarının küçük değişimlerle alternatiflerin sıralamasına etkisi detaylı bir şekilde analiz edilebilir.

Kritik Seçim, çözüm sonuçlarını ve duyarlılık analizlerini kullanıcıya anlaşılır bir şekilde sunmak için grafik gösterim imkanı sunar. Görsel araçlar, kullanıcıların analiz sonuçlarını daha net bir şekilde anlamalarına olanak tanır. Şekil 6'da karar verici tarafından senaryonun ilk kriterinin ağırlık değeri üzerinde yaptığı duyarlılık analizinin sonucu grafik olarak gösterilmektedir. Kritik ağırlıklarındaki değişime göre alternatiflerin alacağı sonuç değerlerindeki değişim görsel olarak izlenerek, optimal çözümlerin değişimi takip edilebilir.



Şekil 6. Ağırlıklar Üzerine Duyarlılık Analizi Grafiği
(Sensitivity Analysis Graph on the Weights)

Duyarlılık analizlerinin mevcudiyeti, kullanıcıların karar süreçlerini daha güvenilir ve sağlam bir temele oturtmasına olanak tanır. Örneğin, karar verici bir kriterin ağırlığının artırılması durumunda sıralamanın nasıl değişeceğini önceden görebilir ve bu doğrultuda kararını şekillendirebilir. Bu özellik, özellikle dinamik ve değişken koşullar altında yapılan analizlerde büyük bir avantaj sağlar. Grafiksel gösterimler ise özellikle çok kriterli problemlerde kullanıcıların farklı kriterler arasındaki ilişkileri ve etkileri daha iyi anlamalarına yardımcı olur. Kullanıcılar, grafiklerden yola çıkarak alternatifler arasındaki farkları ve benzerlikleri hızlı bir şekilde fark edebilir ve kararlarını bu doğrultuda şekillendirebilir.

6.10. Ara Hesaplamaların ve Adımların Gösterimi (Display of Intermediate Calculations and Steps)

Kritik Seçim, çözüm sürecindeki ara hesaplamaları ve adımları kullanıcıya detaylı olarak sunar. Bu özellik, kullanıcıların sadece nihai sonuca değil, aynı zamanda bu sonuca nasıl ulaşıldığına dair detaylı bilgilere erişmesini sağlar. Örneğin, kriterlerin normalizasyonu, ağırlıklandırma adımları ve yöntemlerin uygulama süreçleri detaylı bir şekilde gösterilir.

Bu şeffaf yaklaşım, özellikle akademik çalışmalarda ve eğitim süreçlerinde büyük bir avantaj sağlar. Kullanıcılar, ara adımları inceleyerek yöntemlerin nasıl çalıştığını daha

iyi anlayabilir ve gerektiğinde bu adımları dışa aktararak raporlarına ekleyebilirler. Ara hesaplamaların dışa aktarımı, özellikle yöntemlerin doğruluğunu kontrol etmek veya sonuçların tekrarlanabilirliğini sağlamak isteyen kullanıcılar için kritik bir öneme sahiptir.

6.11. Flask Tabanlı Basit Web Arayüzü ve Geniş JavaScript Desteği (Flask-based Simple Web Interface and Wide JavaScript Support)

Kritik Seçim yazılımının altyapısı, Flask tabanlı bir web çerçevesi üzerinde inşa edilmiştir. Flask'ın minimal ve esnek yapısı, yazılımın performanslı ve hızlı bir şekilde çalışmasını sağlar. Kullanıcı dostu bir arayüzle desteklenen bu yapı, karar verme süreçlerinin kolaylıkla yönetilmesine olanak tanır. Yazılım, karmaşık işlemleri arka planda gerçekleştirirken kullanıcılar için sade bir deneyim sunar. Flask'ın getirdiği esneklik sayesinde, yazılımın farklı modüllerle entegrasyonu da kolaydır ve bu, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre özelleştirme yapılmasını mümkün kılar.

Ayrıca, geniş JavaScript desteği, yazılımın interaktif ve dinamik bir kullanıcı deneyimi sunmasını sağlar. Örneğin, kullanıcıların girdikleri veri veya seçtikleri yöntemlere göre arayüzün anında güncellenmesi, JavaScript destekli bir yapıyla mümkün olmaktadır. Bu özellik, kullanıcıların veri girişlerinde veya seçimlerinde anlık geri bildirim almasını sağlayarak işlemleri daha sezgisel ve hatasız hale getirir. Örneğin, kriterlerin ağırlıkları girildiğinde veya yöntemler arasında geçiş yapıldığında, kullanıcılar ekranlarında anında değişiklikleri görebilir.

6.12. Python Tabanlı Kod Geliştirme, Açık Kaynak Bir Platform Olarak Yeni İşlevlerin Özelleştirilmesi ve Uyarlanması (Python-based Development, Open Source Platform for the Adaptation of New Functionality)

Kritik Seçim, Python tabanlı bir altyapıya sahiptir ve bu, yazılımın genişletilebilirliği ve özelleştirilebilirliği açısından önemli avantajlar sunar. Python'un geniş kütüphane desteği ve esnek yapısı, kullanıcıların yazılıma yeni algoritmalar ve yöntemler eklemesine olanak tanır. Örneğin, mevcut yöntemlerin dışında kullanıcıların kendi araştırmaları doğrultusunda geliştirdikleri yeni bir ÇKKV yöntemini sisteme entegre etmeleri oldukça kolaydır. Bu özellik, özellikle akademik ve Ar-Ge çalışmalarında büyük bir değer yaratır.

Açık kaynak bir platform olması, sadece kullanıcılar için değil, aynı zamanda geliştiriciler için de önemli bir avantaj sağlar. Geliştiriciler, yazılımın kod tabanına erişerek mevcut özellikleri özelleştirebilir veya tamamen yeni modüller geliştirebilir. Örneğin, bir kullanıcı, spesifik bir sektöre yönelik olarak tasarlanmış özel bir analiz yöntemi oluşturabilir ve bunu Kritik Seçim'in genel yapısına entegre edebilir. Açık kaynak kodlu olması sayesinde, yazılım topluluk desteği ile sürekli olarak geliştirilip güncellenebilir. Bu da yazılımın uzun vadede karar vericiler açısından güncel ve işlevsel kalmasını sağlar.

Python altyapısının sağladığı bir diğer önemli avantaj ise, geniş veri işleme kütüphaneleri desteklemesidir. Örneğin, Pandas, NumPy ve Scikit-learn gibi kütüphaneler, kullanıcıların verileri daha etkili bir şekilde analiz etmesini ve karmaşık hesaplamaları kolaylıkla gerçekleştirmesini mümkün kılar. Bu altyapı, Kritik Seçim'i sadece bir ÇKKV yazılımı olmaktan öte, kullanıcıların karar analizi süreçlerinde daha derinlemesine analiz yapabilecekleri güçlü bir platform haline getirir.

7. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışma, karmaşık ÇKKV problemlerinin çözümüne yönelik geliştirilen web tabanlı, açık kaynaklı bir yazılım olan Kritik Seçim'in teknik ve işlevsel katkılarını kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur. Yazılım, yalnızca mevcut yöntemleri uygulamakla kalmayıp, karar verme sürecinin bütünsel yapısını kullanıcı dostu bir arayüz ve esnek bir altyapı ile destekleyerek karar destek sistemleri literatürüne yenilikçi bir katkı sunmaktadır. Farklı kullanıcı profillerine hitap eden bu platformun erişilebilirliği, genişletilebilirliği ve karar kalitesine olan etkisi hem uygulamalı analizlerde hem de kurumsal karar süreçlerinde yeni açılımlar sağlamaktadır.

7.1. Teknolojik Açıdan Değerlendirme (Evaluation in Terms of Technical Perspective)

Açık kaynaklı, Python tabanlı bir platformun esnekliğini tamamen web tabanlı bir arayüzün erişilebilirliği ile birleştiren Kritik Seçim, farklı eğitim ve deneyimlere sahip karar vericilerin karmaşık ÇKKV problemlerini verimli bir şekilde çözmesine destek olur.

Kritik Seçim yazılımı, mevcut ÇKKV yazılımlarında gözlemlenen önemli eksikliklerin üstesinden gelmek için tasarlanmış yenilikçi özellikleri karar vericilere sunmaktadır. Geleneksel masaüstü yazılımlarının kurulum gereksinimlerinden ve veri senkronizasyon sorunlarından farklı olarak tamamen web tabanlı yapısı sayesinde kullanıcılar herhangi bir cihazdan ve zamanda yazılıma daha önce Şekil 1'de de gösterildiği üzere erişim sağlayabilir. Bu özellik hem uzaktan çalışma ortamlarında hem de mobil erişim senaryolarında büyük bir avantaj sağlar. Kullanıcıların proje verilerini bulutta saklama imkanı, veri kaybı riskini azaltırken ekip içi işbirliğini de kolaylaştırır. Ayrıca, kullanıcıların yalnızca üç tıklamayla karar matrislerini yükleyip sonuçlara ulaşmasını sağlayan arayüzü hem bireysel kullanıcılar hem de ekipler için zaman tasarrufu sağlar.

Yazılımın genişletilebilir altyapısı, kullanıcıların farklı ÇKKV yöntemlerini bir arada deneyip sonuçları karşılaştırmasına olanak tanımaktadır. TOPSIS, VIKOR ve GİA gibi yaygın yöntemlerin yanı sıra, kullanıcılar Tablo 1'de sunulan otuz sıralama ve Tablo 2'de gösterilen on ağırlıklandırma yönteminden ihtiyaçlarına en uygun olanını seçebilir. Bu çeşitlilik, özellikle akademik ve profesyonel projelerde derinlemesine analiz yapılmasını mümkün kılar. Ayrıca, karar matrislerindeki eksik veya

tutarsız verileri tespit eden ve düzeltme önerileri sunan mekanizması (Şekil 2), manuel hata kontrol süreçlerini büyük ölçüde azaltarak daha güvenilir analizler yapılmasını sağlar. Kritik Seçim, bu yönleriyle hem teknik bilgiye sahip olmayan kullanıcılar hem de akademik araştırmacılar için güçlü bir araç sunmakta ve ÇKKV problemlerine yönelik çözümlerde yenilikçi ve kolay kullanılabilir bir alternatif oluşturmaktadır.

Yazılımın, "tek tıkla çözüm" ve dinamik grafiksel gösterimler gibi tasarım özellikleri, teknik uzmanlık ile kullanıcı dostu deneyim arasındaki boşluğu doldurarak problemlerin çözüm ve sonuçların analiz süreçlerini kolaylaştırır.

Kritik Seçim, işlevselliğinin ötesinde, kullanıcı ihtiyaçlarına göre uyarlanma ve büyüme yeteneği ile öne çıkmaktadır. Python tabanlı geliştirme çerçevesi ve Flask web yapısı, yazılımı son derece genişletilebilir ve özelleştirilebilir bir platform haline getirir. Kullanıcılar geliştiriciler, yeni yöntemler entegre edebilir, algoritmaları değiştirebilir veya mevcut işlevsellikleri özel karar verme bağlamlarına uygun şekilde geliştirebilir. Açık kaynak geliştirme ilkelerini benimseyerek, Kritik Seçim yeniliği, iş birliğini ve uzun vadeli sürdürülebilirliği teşvik eder. Bu uyarlanabilirlik, yazılımın akademik, profesyonel ve araştırma uygulamaları arasında geniş bir yelpazede kullanılabilirliğini garanti altına alır ve birçok disiplin için değerli bir araç haline gelir.

7.2. Akademik Uygulamalar Açısından Değerlendirme (Evaluation in Terms of Academic Practices)

Kritik Seçim, akademisyenler için yalnızca bir karar destek aracı değil, aynı zamanda metodolojik çeşitliliği deneyimleyebilecekleri esnek bir araştırma laboratuvarı işlevi görür. Yazılımın 30 farklı sıralama ve 10 ağırlıklandırma yöntemini içermesi, araştırmacıların farklı ÇKKV algoritmalarını aynı veri seti üzerinde uygulayarak yöntem karşılaştırması yapmalarına olanak tanır. Bu özellik, akademik yayınlar için alternatifli modelleme, duyarlılık analizleri ve metodolojik katkı üretme açısından büyük bir avantaj sağlar. Ayrıca, karar matrislerindeki eksik veri analizleri ve hata tespit mekanizmaları, çalışmalarda metodolojik doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından kalite güvence sunar.

Öğrenciler açısından bakıldığında, Kritik Seçim hem öğrenme sürecini destekleyen hem de uygulamalı analiz becerisi kazandıran bir dijital öğrenme aracı niteliğindedir. Arayüzün basitliği, yazılımın erişilebilirliği ve yöntemler arası geçiş kolaylığı sayesinde öğrenciler karmaşık karar problemlerini sezgisel olarak deneyimleyebilir. Bu durum, teorik olarak öğrenilen ÇKKV tekniklerinin gerçek verilerle uygulanmasını ve sonuçların grafiksel olarak yorumlanmasını mümkün kılar. Böylece öğrenciler yalnızca matematiksel algoritmaları öğrenmekle kalmaz, aynı zamanda karar verme süreçlerinin mantıksal yapısını kavrayarak analitik düşünme becerilerini geliştirir.

Ek olarak, yazılımın açık kaynaklı yapısı, bilgisayar mühendisliği, endüstri mühendisliği, işletme analitiği ve yönetim bilişim sistemleri gibi disiplinlerde proje geliştirme fırsatları sunar. Öğrenciler yazılımın altyapısını inceleyerek kendi yöntemlerini entegre edebilir, kodlamaya dayalı yenilikçi çözüm önerileri geliştirebilir ya da disiplinler arası çalışmalar için platformu özelleştirebilir. Bu yönüyle Kritik Seçim, klasik öğretim materyallerinin ötesine geçerek deneyimsel öğrenme ve dijital üretkenliğe dayalı çağdaş bir eğitim ortamı sağlar.

7.3. Yönetimsel Uygulamalar Açısından Değerlendirme (Evaluation in Terms of Administrative Practices)

Kritik Seçim yazılımının iş dünyasındaki yönetimsel karar alma süreçlerine katkısı, dijitalleşen organizasyonel yapılarda analitik yetkinliğin yaygınlaştırılması açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Web tabanlı yapısı sayesinde coğrafi sınırları ortadan kaldıran yazılım, çok paydaşlı karar verme süreçlerinde bilgiye eşzamanlı erişim ve ortak değerlendirme imkanları sunarak stratejik uyumu ve kurumsal çevikliği desteklemektedir. Özellikle dağınık yapıdaki şirketlerde, uluslararası iş birliklerinde veya proje bazlı çalışan organizasyonlarda bu tür bir platform, karar süreçlerinin merkezileşmesini değil, demokratikleşmesini teşvik eder. Bu yönüyle, yazılım yalnızca teknik bir araç değil, aynı zamanda çağdaş yönetim biçimlerinin destekleyicisi konumundadır.

İkinci olarak, Kritik Seçim'in esnek yöntem seçimi ve modüler yapısı, yöneticilere karar problemlerini farklı senaryolara göre analiz stratejileri oluşturma imkanı verir. Günümüz işletmelerinde karar vericiler yalnızca nicel verilere değil; paydaş değerleri, sosyal etkiler ve belirsizlik koşullarına da duyarlılık göstermek zorundadır. Kritik Seçim'in sunduğu TOPSIS, VIKOR, GİA gibi çok sayıda yöntemle yapılan karşılaştırmalı analizler, bu bağlamları çok boyutlu olarak değerlendirebilme gücü kazandırır. Ayrıca eksik veri tespiti ve duyarlılık analizleri gibi özellikler, karar alma süreçlerinin şeffaflığını ve hesap verebilirliğini artırarak kurumsal risk yönetimi ve denetim süreçlerine de katkı sağlar.

Son olarak, yazılımın açık kaynak felsefesi ile geliştirici ekipler veya iç kaynaklar aracılığıyla organizasyonlara özgü metodolojiler yazılıma entegre edilebilir, bu da bilgi teknolojileri stratejilerinde dış bağımlılığı azaltır. Özellikle büyük veri, makine öğrenmesi veya kurumsal performans yönetimi gibi ileri analitik uygulamaların gündemde olduğu sektörlerde, Kritik Seçim hem teknik bir temel platform hem de sürekli gelişime açık bir karar destek altyapısı olarak değerlendirilebilir. Bu özellikleriyle yazılım, dijital dönüşüm süreçlerinin yalnızca operasyonel düzeyde değil, yönetimsel ve stratejik düzeyde de etkili bir bileşeni haline gelir.

7.4. Geliştirilecek Özellikler (Features to be Improved)

Kritik Seçim yazılımının ileriye dönük gelişiminde bulanık mantık tabanlı modüllerin entegrasyonu, karar vericilerin

belirsizlik ve sezgisel yargılarla çalıştığı durumlarda analitik esneklik sağlaması açısından önemli bir adım olacaktır. Geleneksel ÇKKV yöntemleri çoğunlukla kesin ve sayısal verilere dayanırken, gerçek dünyadaki birçok karar problemi, belirsiz, çelişkili ya da sözel olarak ifade edilen bilgilerle şekillenir. Bu bağlamda, bulanık AHP, bulanık TOPSIS ya da bulanık VIKOR gibi yöntemlerin yazılıma entegre edilmesi, karar vericilerin dilsel değişkenlerle çalışmasını kolaylaştırarak hem bireysel hem de grup temelli karar ortamlarında anlamlılık ve duyarlılık sağlayacaktır. Aynı zamanda bu yapı, psikoloji, kamu yönetimi ve sosyal bilimler gibi nicel verilerin sınırlı olduğu alanlardaki uygulamalara kapı açacaktır.

Yapay zeka destekli özelliklerin eklenmesi ise yazılımın karar destek sisteminden akıllı bir öneri sistemine evrilmesini mümkün kılacaktır. Özellikle geçmiş karar matrislerinden öğrenme yoluyla önerilen yöntem seçimi, ağırlıklandırma yaklaşımı ya da senaryo bazlı analiz seçenekleri, kullanıcıya kişiselleştirilmiş ve bağlamsal olarak uygun çözüm yolları sunabilir. Makine öğrenmesi algoritmalarının entegre edilmesiyle, kullanıcı davranışları analiz edilerek sistemin zaman içinde kendi performansını optimize etmesi sağlanabilir. Ayrıca, doğal dil işleme (NLP) modülleriyle entegre edilecek bir arayüz sayesinde, kullanıcıların sözel ifadelerle karar problemlerini tanımlayıp çözüm alabilmesi, yazılımın erişilebilirliğini ve yaygınlığını önemli ölçüde artıracaktır.

7.5. Sonuç (Conclusion)

Sonuç olarak, Kritik Seçim erişilebilirlik, uyarlanabilirlik ve güvenilirlik ilkelerini benimseyerek yalnızca bir yazılım çözümünden daha fazlasını karar vericilere sunan kapsamlı bir karar destek sistemidir. Senaryo yönetimi, duyarlılık analizi ve gelişmiş görselleştirme araçları gibi özellikleri ile kullanıcıların karmaşık karar verme süreçlerini hassasiyetle ve güvenle ele almalarını sağlar. Geleneksel araçların eksikliklerini giderip ÇKKV problemlerine yenilikçi bir yaklaşım sunarak Kritik Seçim, karar analizi alanında yeni bir standart getirmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] V. Belton, T. J. Stewart, Multiple Criteria Decision Analysis: **An Integrated Approach**. Springer Science & Business Media, Springer New York, NY, A.B.D., 2002.
- [2] İ. Korkmaz, A. H. Turgut, Ş. Gökmen, "Examination of EU 2020 Sustainable Growth Goals with Genetic Algorithms", **IV. International Applied Statistics Congress**, Sarajevo, 29 September 2023.
- [3] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, "Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods in Economics: An Overview", *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397-427, 2011.
- [4] Ş. N. Aydın, A. Sevinç, "CRITIC ve MABAC Yöntemleri ile Türkiye'de Yazılım Sektörünün Performans Analizi", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 17(4), 295-308, 2024.
- [5] E. Triantaphyllou, Multi-Criteria Decision-Making Methods: **A Comparative Study**, Springer New York, NY, A.B.D., 2000.

- [6] A. Ishizaka, P. Nemery, "General Introduction", **Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software**, Wiley, NJ, A.B.D., 1-9, 2013.
- [7] T. L. Saaty, **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, London, 1980.
- [8] T. L. Saaty, Decision Making with Dependence and Feedback: **The Analytic Network Process**, RWS Publications, Pittsburgh, 1996.
- [9] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, "A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making", *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159–172, 2010.
- [10] M. K. Ghorabae, E. K. Zavadskas, L. Olfat, Z. Turskis, "Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS)", *Informatica*, 27(2), 193–214, 2016.
- [11] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, V. Sarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects", *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131–139, 1994.
- [12] D. Wu, D. L. Olson, "Enterprise risk management: A DEA VaR approach in vendor selection", *International Journal of Production Research*, 48(16), 4919–4932, 2010.
- [13] M. K. Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, "Multi-criteria decision making for green supplier selection using COPRAS method with interval type-2 fuzzy sets", *Technological and Economic Development of Economy*, 21(4), 626–650, 2015.
- [14] B. Roy, "Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE)", *Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle*, 2(8), 57–75, 1968.
- [15] J. Deng, "Control problems of grey systems", *Systems & Control Letters*, 1(5), 288–294, 1982.
- [16] D. Pamučar, G. Čirović, "The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC)", *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016–3028, 2015.
- [17] C. A. Bana e Costa, J. C. Vansnick, "MACBETH: An interactive path towards the construction of cardinal value functions", *International Transactions in Operational Research*, 1(4), 489–500, 1994.
- [18] W. K. M. Brauers, E. K. Zavadskas, "Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies", *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5–24, 2010.
- [19] R. L. Keeney, H. Raiffa, **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs**, Wiley, New Jersey, 1976.
- [20] W. K. M. Brauers, E. K. Zavadskas, "The MOORA method and its application to privatization in a transition economy", *Control and Cybernetics*, 35(2), 445–469, 2006.
- [21] W. K. M. Brauers, **Optimization Methods for a Stakeholder Society: A Revolution in Economic Thinking by Multi-Objective Optimization**, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 2004.
- [22] D. Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655, 2008.
- [23] M. Roubens, "Fuzzy sets and decision analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 6(3), 199–208, 1982.
- [24] R. R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision-making", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 18(1), 183–190, 1988.
- [25] J. P. Brans, P. Vincke, "A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM", *Management Science*, 31(6), 647–656, 1985.
- [26] Z. D. Durmuşoğlu, "A new decision-making approach: Fuzzy TOPSIS and its application", *International Journal of Economics and Finance Studies*, 10(1), 1–14, 2018.
- [27] P. C. Fishburn, "Additive utilities with incomplete product sets: Applications to priorities and assignments", *Operations Research*, 15(3), 537–542, 1967.
- [28] R. Lahdelma, J. Hokkanen, P. Salminen, "SMAA – stochastic multi-criteria acceptability analysis", *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137–143, 1998.
- [29] L. F. A. M. Gomes, M. M. P. Lima, "TODIM: Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts", *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 16(4), 113–127, 1992.
- [30] C. L. Hwang, K. Yoon, **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
- [31] E. Jacquet-Lagrange, Y. Siskos, "Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making: The UTA method", *European Journal of Operational Research*, 10(2), 151–164, 1982.
- [32] S. Opricovic, **Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems**, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
- [33] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision-making units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444, 1978.
- [34] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, S. Kildienė, "State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods", *Technological and Economic Development of Economy*, 18(4), 672–695, 2012.
- [35] R. L. Miller, M. K. Starr, **Executive Decisions and Operations Research**, Prentice Hall, New Jersey, 1969.
- [36] M. Amiri, V. R. Ghezavati, "An integrated approach for multi-criteria group decision-making based on CILOS and EDAS methods", *Soft Computing*, 25(3), 2163–2180, 2021.
- [37] D. Diakoulaki, G. Mavrotas, L. Papayannakis, "Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method", *Computers & Operations Research*, 22(7), 763–770, 1995.
- [38] W. Edwards, "How to use multi attribute utility measurement for social decision making", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (1), 326–340, 1977.
- [39] W. Edwards, F. H. Barron, "SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multi attribute utility measurement", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3), 306–325, 1994.
- [40] J. Figueira, S. Greco, B. Roy, R. Slowinski, "An overview of ELECTRE methods and their recent extensions", *European Journal of Operational Research*, 161(2), 331–352, 2005.

- [41] E. Fontela, A. Gabus, A, “The DEMATEL Observer”, *Geneva Research Centre Battelle Memorial Institute*, 1976.
- [42] V. Keršulienė, Z. Turskis, E. K. Zavadskas, “Selection of rational dispute resolution method by applying new stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA)”, *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243–258, 2010.
- [43] D. Pamučar, G. Čirović, “The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC)”, *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016–3028, 2015.
- [44] J. Rezaei, “Best-worst multi-criteria decision-making method”, *Omega*, 53, 49–57, 2015.
- [45] M. Zeleny, **Multiple Criteria Decision Making**, McGraw-Hill, London, 1982.
- [46] E. Ayçin, **Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2019.
- [47] M. Kabak, Y. Çınar, **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel Çözümlü Uygulamalar**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2020.
- [48] C. Kahraman, İ. Kaya, **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulamaları**, Springer, İstanbul, 2010.
- [49] Ö. F. Ünal, “Performans Değerlemede Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Uygulamaları”, *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 37–55, 2012.
- [50] İnternet: MCDM Society, MCDM Maker Software, <https://mcdmaker-software.web.app/app.html>, 20.12.2024.
- [51] M. Atan, Ş. Altan, **Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**, Gazi Kitabevi, Ankara, 2020.
- [52] H. Bircan, **Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2020.
- [53] G. Demir, A. T. Özyalçın, H. Bircan, **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve ÇKKV Yazılımı ile Problem Çözümü**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2021.
- [54] K. D. Goepel, “Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS)”, *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3), 2018.
- [55] C. Z. Radulescu, A. Balog, L. Bajenaru, D. M. Radulescu, “Multi-criteria Decision Making Software Products - A Comparison and Ranking in Terms of Usability and Functionality” **Proceedings of the 12th Romanian Conference on Human-Computer Interaction (RoCHI 2015)**, Bucharest, Romania, 11-14, 24 - 25 September 2015.
- [56] S. Siraj, L. Mikhailov, J. A. Keane, “PriEsT: An Interactive Decision Support Tool to Estimate Priorities from Pairwise Comparison Judgments”, *International Transactions in Operational Research*, 20(6), 807-825, 2013.
- [57] İnternet: IEEE Spectrum, The Top Programming Languages 2023. <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2023>, 20.12.2024.