


İklim Değişikliğiyle Mücadelede Etkili Faktörlerin ve Politika Alternatiflerinin Önceliklendirilmesi için Grup Karar Vermeye Dayalı Küresel Bulanık VIKOR Yaklaşımı

Müslüm Öztürk¹ 

ÖZET

Amaç: İklim değişikliğiyle mücadele, belirsizlik içeren karmaşık karar problemlerini beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, paydaş görüşleri ve kriter belirsizliklerini dikkate alarak, etkili faktörleri önceliklendirmek ve politika alternatiflerini sıralamak amacıyla grup karar vermeye dayalı Küresel Bulanık VIKOR (SF VIKOR) modelini önermektedir. Model, sürdürülebilirlik, ekonomik etki ve sosyal kabul gibi çok boyutlu kriterleri bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır.

Yöntem: Çalışmada, iklim politikalarını değerlendirmek amacıyla 10 kriter dört boyut altında ele alınmış, 8 uzman görüşleri doğrultusunda 6 alternatif politika senaryosu analiz edilmiştir. Alternatifler, küresel bulanık ortamda SF VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiş; kriter ağırlıkları grup karar verme yaklaşımıyla belirlenmiş ve belirsizlik küresel bulanık sayılarla modellenmiştir.

Bulgular: Analiz sonuçlarına göre A4 (Elektrikli ulaşım ve temiz taşıma sistemleri) ve A5 (Karbon yakalama ve depolama teknolojileri) en yüksek performans göstererek en etkili alternatifler olarak öne çıkmıştır. A1 (Yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması) ve A3 (Karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemleri) orta düzeyde katkı sağlarken, A2 (Enerji verimliliği ve talep yönetimi politikaları) ve A6 (Ormanlaştırma ve doğa temelli çözümler) daha düşük performans sergilemiştir. Duyarlılık analizi, A4 ve A5'in farklı koşullarda da en kararlı alternatifler olduğunu ve modelin güvenilir sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, iklim politikalarının önceliklendirilmesinde grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımıyla literatüre yenilikçi katkı sunmakta, belirsizliği modelleyerek çok kriterli karar verme sürecini bütüncül ele almakta ve politika yapıcılar için güvenilir bir karar destek çerçevesi sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel Bulanık VIKOR, Karar Verme, İklim Politikaları, Sürdürülebilirlik.

JEL Kodları: Q54, Q56, D81, C44.

Prioritization of Effective Factors and Policy Alternatives in Climate Change Mitigation Using a Group Decision-Making Based Spherical Fuzzy VIKOR Approach

ABSTRACT

Purpose: Combating climate change leads to complex decision problems involving uncertainty. This study proposes a group decision-making-based Spherical Fuzzy VIKOR (SF VIKOR) model to prioritize effective factors and rank policy alternatives by considering stakeholder opinions and criterion uncertainty. The model addresses multidimensional criteria such as sustainability, economic impact, and social acceptance in a holistic manner.

Methodology: In the study, 10 criteria under four dimensions were used to evaluate climate policies, and 6 alternative scenarios were analyzed based on 8 experts' opinions. The alternatives were assessed using the SF VIKOR method in a spherical fuzzy environment, with criterion weights determined through group decision-making and uncertainty modeled by spherical fuzzy numbers.

Findings: According to the analysis, A4 (Electric transportation and clean mobility systems) and A5 (Carbon capture and storage technologies) showed the highest performance, while A1, A3, A2, and A6 exhibited moderate to lower performance. Sensitivity analysis confirmed that A4 and A5 remained the most stable alternatives under varying conditions.

Originality: This study provides a novel contribution by applying a group decision-making-based SF VIKOR approach to the prioritization of climate policies. It addresses multi-criteria decision-making in a holistic manner by modeling uncertainty and provides a reliable decision-support framework for policymakers.

Keywords: Spherical Fuzzy VIKOR, Decision Making, Climate Policies, Sustainability.

JEL Codes: Q54, Q56, D81, C44.

¹ Kilis 7 Aralık University, Department of Computer Technologies, Kilis, Türkiye

Corresponding Author: Müslüm Öztürk, mozturk@kilis.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1884575

Research Article | Submitted: 08.02.2026 | Accepted: 23.03.2026

Cite: Öztürk, M. (2026). "İklim Değişikliğiyle Mücadelede Etkili Faktörlerin ve Politika Alternatiflerinin Önceliklendirilmesi için Grup Karar Vermeye Dayalı Küresel Bulanık VIKOR Yaklaşımı", *Verimlilik Dergisi*, 60(2), 647-676.

EXTENDED ABSTRACT

Climate change mitigation presents complex and uncertain decision-making challenges, requiring the consideration of multiple criteria and diverse stakeholder perspectives. This study proposes a group decision-making approach based on the Spherical Fuzzy (SF) VIKOR method to prioritize effective factors in climate change mitigation and rank alternative policy scenarios. The framework is designed to integrate environmental, economic, technological/operational, and social/political dimensions, providing a holistic evaluation of sustainability, policy effectiveness, and stakeholder acceptance.

The analysis employs ten criteria, categorized under environmental, economic, technological/operational, and social/political dimensions, and considers six alternative policy scenarios. Eight experts contributed linguistic assessments, which were transformed into spherical fuzzy numbers to model uncertainty and aggregate group preferences. The SF VIKOR method was applied to calculate compromise solutions and derive priority rankings for the alternatives, taking into account both criteria weights and expert judgments.

Results indicate that alternatives A4 and A5 achieve the highest compromise solution scores, suggesting that these strategies are most effective for addressing climate change challenges. Alternatives A1 and A3 demonstrate moderate performance, contributing selectively through strong performance in specific criteria, while A2 and A6 generally exhibit lower effectiveness. Sensitivity analysis shows that even when criterion weights are varied by $\pm 30\%$, A4 and A5 remain the most robust and reliable alternatives, highlighting the consistency and resilience of the proposed SF VIKOR framework under uncertainty.

This study contributes methodologically by applying a group decision-making SF VIKOR approach to a multi-criteria, uncertain environment, capturing both stakeholder perspectives and criterion uncertainty in climate policy prioritization. Practically, the results provide decision-makers and policy stakeholders with a structured, transparent, and data-driven framework to evaluate climate policies, supporting evidence-based prioritization and sustainable planning.

Limitations of the study include the restricted number of experts and policy alternatives, which may affect generalizability. Future research may expand the model to include additional criteria, explore alternative fuzzy aggregation techniques, and apply simulation-based scenario testing to examine broader policy contexts.

The findings demonstrate that SF VIKOR provides a robust and adaptable tool for multi-criteria evaluation under uncertainty, reinforcing its potential as a practical decision-support mechanism in climate change mitigation strategies.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, günümüzde yalnızca çevresel bir sorun olmaktan çıkmış; ekonomik, teknolojik, sosyal ve politik boyutlarıyla küresel ölçekte çok boyutlu bir karar problemi hâline gelmiştir. Artan sera gazı emisyonları, enerji sistemlerinin fosil yakıtlara olan bağımlılığı ve doğal kaynaklar üzerindeki baskı, ülkeleri iklim değişikliğiyle mücadelede daha etkili, bütüncül ve sürdürülebilir politika ve stratejiler geliştirmeye zorlamaktadır (Avrupa Çevre Ajansı, 2025; Altan ve Sağbaş, 2020). Bu bağlamda, iklim değişikliğiyle mücadelede uygulanabilecek alternatif politika ve stratejilerin sistematik biçimde değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi, karar vericiler için kritik bir gereklilik hâline gelmiştir.

İklim politikalarının başarısı yalnızca çevresel faydaların maksimize edilmesiyle sınırlı olmayıp, ekonomik uygulanabilirlik, teknolojik yeterlilik, toplumsal kabul ve kurumsal uyum gibi çok sayıda değişkenin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu gerçek, iklim değişikliğiyle mücadele süreçlerini doğası gereği birden fazla kriter altında aynı anda değerlendirilmeyi gerektiren karmaşık ve çok paydaşlı bir yapıya dönüştürmektedir. Özellikle farklı disiplinlerden uzmanların yer aldığı grup karar verme bağlamında, değerlendirmeler genellikle nicel verilerden ziyade uzman deneyimi ve öznelliğe dayalı olup bu da belirsizlik ve subjektifliği artırmaktadır. Bu tür çok boyutlu ve çelişkili kriterlerin bulunduğu karar problemleri, klasik tek kriterli yöntemlerin ötesinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımını zorunlu kılmaktadır (Pérez-Pérez ve diğerleri, 2024). ÇKKV, birden fazla kriterin eş zamanlı olarak dikkate alındığı ve alternatifler arasındaki uzlaşmanın sağlandığı karar problemlerine uygun yapılar geliştirmeyi amaçlamaktadır (Dymova ve diğerleri, 2021). Ancak iklim politikaları gibi yüksek düzeyde belirsizlik içeren ve subjektif uzman yargılarına dayalı problemlerde, klasik ÇKKV yöntemleri bu belirsizliği yeterince temsil edemeyebilmektedir. Bu nedenle, belirsizliğin ve uzman görüşlerindeki farklılıkların daha gerçekçi biçimde modellenebileceği gelişmiş karar verme yaklaşımlarına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu da bulanık küme teorisi gibi yumuşak hesaplama tekniklerinin ÇKKV bağlamında kullanılmasını destekleyen literatürün artmasını beraberinde getirmiştir (Edjossan-Sossou ve diğerleri, 2025).

Gerçek yaşam problemlerinin büyük bir bölümü, kesin ve tam olarak tanımlanabilen nicel verilerden ziyade, belirsizlik, eksik bilgi ve öznel değerlendirmeler içermektedir (Öztürk, 2026a). Özellikle iklim değişikliğiyle mücadele gibi çok boyutlu ve karmaşık karar problemlerinde, uzman yargıları çoğu zaman "yüksek", "orta", "düşük" gibi dilsel ifadelerle şekillenmekte; bu durum klasik matematiksel ve deterministik yaklaşımların yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu tür belirsizlikleri modellemek amacıyla geliştirilen bulanık küme teorisi, karar verme literatüründe önemli bir paradigma değişimini temsil etmektedir (Zadeh, 1965). Bulanık küme teorisi, bir elemanın bir kümeye aitliğini yalnızca 0 veya 1 gibi kesin değerlerle değil, $[0,1]$ aralığında değişen üyelik dereceleriyle ifade ederek belirsizliği ve esnekliği karar modeline dâhil etmektedir. Bu yaklaşım, özellikle insan algısı ve uzman deneyimine dayalı değerlendirmelerin daha gerçekçi biçimde temsil edilmesine olanak sağlamaktadır (Zimmermann, 2011: 11). Böylece, karar vericilerin kesin sınırlar yerine dereceli tercihleri modele yansıtılabilmektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinde bulanık kümelerin kullanımı, kriterler arasındaki görelî önemlerin ve alternatiflerin performanslarının daha tutarlı ve esnek biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Öztürk, 2026b). Literatürde, bulanık yaklaşımların; çevresel planlama, enerji sistemleri, sürdürülebilirlik değerlendirmeleri ve kamu politikaları gibi alanlarda karar kalitesini artırdığı ve belirsizlik kaynaklı bilgi kayıplarını azalttığı sıklıkla vurgulanmaktadır (Kahraman ve diğerleri, 2015). Özellikle grup karar verme ortamlarında, farklı uzmanların bilgi düzeyi, deneyimi ve bakış açılarındaki çeşitlilik, değerlendirmeler arasında kaçınılmaz bir belirsizlik oluşturmaktadır. Bulanık küme teorisi, bu farklılıkları tek bir kesin değer yerine esnek üyelik fonksiyonları aracılığıyla temsil ederek grup karar verme süreçlerinde daha dengeli ve uzlaşmacı sonuçların elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Büyüközkan ve diğerleri, 2018; Öztürk, 2026c). Bu yönleriyle bulanık kümeler, iklim değişikliğiyle mücadelede stratejik politika ve alternatiflerin değerlendirilmesinde, karar vericilerin belirsiz ve öznel yargılarını sistematik bir çerçeveye oturtmak için güçlü bir teorik altyapı sunmaktadır.

Tip-1 bulanık kümeler belirsizliği modellemede etkili olmakla birlikte, özellikle grup karar verme problemlerinde uzmanlar arasındaki değerlendirme farklılıklarını ve belirsizlik düzeyindeki değişkenliği yeterince yansıtamayabilmektedir. Bu sınırlılık, daha gelişmiş bulanık yapıların geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, küresel bulanık kümeler, belirsizliği yalnızca kriter ve alternatif düzeyinde değil, aynı zamanda uzmanlar arası farklılıkları da kapsayacak şekilde ele alarak karar modellerine daha esnek ve gerçekçi bir yapı kazandırmaktadır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019a). Ayrıca Tip-2 bulanık kümeler de üyelik derecelerinin de belirsiz olduğu durumları modelleyebilmesi sayesinde, dilsel değerlendirmeler ve uzman görüşlerindeki tutarsızlıkların daha etkin biçimde temsil edilmesine olanak sağlamaktadır (Abdullah ve Otheman, 2017).

Küresel bulanık kümelerle dayalı çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olarak Küresel Bulanık VIKOR (Spherical Fuzzy VIKOR, SF VIKOR), klasik VIKOR'un bulanık küme uzantısı olup belirsizlik ile uzman değerlendirmeleri arasındaki farkları daha kapsamlı bir şekilde temsil edebilmektedir. SF VIKOR, alternatifler arasındaki uzlaşmacı çözümü belirlemek için üyelik, üye olmama ve kararsızlık/belirsizlik derecelerini üç boyutlu küresel bir yapı ile modelleyerek değerlendirme yapmaktadır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019b). Böylece bu yöntem, VIKOR'un temel prensiplerini korurken, uzman görüşlerindeki belirsizliği ve dilsel değerlendirmelerden kaynaklanan değişkenliği daha esnek biçimde ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili politika ve uygulamaların belirlenmesi, yalnızca çevresel boyutla sınırlı olmayan; ekonomik, teknolojik, sosyal ve yönetsel kriterlerin eş zamanlı olarak değerlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir karar verme problemi olarak ele alınmaktadır. Söz konusu faktörlerin görece önemlerinin belirlenmesi süreci, farklı disiplinlerden uzmanların bilgi, deneyim ve algılarına dayandığından, doğası gereği belirsizlik ve öznel yargılar içermektedir. Bu durum, klasik kesin değerli değerlendirme yaklaşımlarının karar vericilerin düşünce yapısını ve belirsizlik içeren ifadelerini yeterince yansıtamamasına neden olmaktadır. Bu gereklilikten hareketle, belirsizliği daha gerçekçi biçimde modelleyebilen küresel bulanık kümeler ve bu yapılarla bütünleştirilmiş ÇKKV yöntemleri, iklim politikalarının önceliklendirilmesinde güçlü bir analitik çerçeve sunacaktır. Özellikle grup karar verme yapısını destekleyen SF VIKOR yöntemi, farklı uzman görüşleri arasında uzlaşmacı bir çözüm üretme yeteneği sayesinde, iklim değişikliğiyle mücadelede hangi faktörlerin daha öncelikli ele alınması gerektiğinin sistematik ve tutarlı biçimde ortaya konulmasına olanak tanıyacaktır. Bu yönüyle çalışma, karar vericilere bilimsel temelli, şeffaf ve uygulanabilir politika öncelikleri sunmayı amaçlayan bütüncül bir değerlendirme yaklaşımı ortaya koyacağı umulmaktadır.

Bu çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede politika alternatiflerinin değerlendirilmesine yönelik literatüre hem yöntemsel hem de uygulamaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Öncelikle, çalışma kapsamında karar vericilerin belirsizlik içeren değerlendirmelerini daha gerçekçi biçimde modelleyebilmek amacıyla grup karar vermeye dayalı SF-VIKOR yaklaşımı kullanılmıştır. Küresel bulanık kümeler, üyelik, üye olmama ve belirsizlik/tereddüt derecelerini aynı anda ifade edebilmesi sayesinde Tip-1 bulanık yaklaşımlara kıyasla karar vericilerin düşünce yapısını daha esnek biçimde temsil edebilmektedir. İkinci olarak, çalışma iklim değişikliğiyle mücadele politikalarının değerlendirilmesinde çevresel, ekonomik, teknolojik ve yönetsel kriterleri bütüncül bir karar çerçevesi içinde ele alan çok kriterli bir analiz yaklaşımı sunmaktadır. Üçüncü olarak, önerilen modelden elde edilen sonuçlar SF-TOPSIS ve SF-ELECTRE III yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak analiz edilerek model sonuçlarının tutarlılığı ve sağlamlığı test edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hem küresel bulanık ÇKKV yöntemlerinin politika değerlendirme süreçlerinde uygulanabilirliğini göstermesi hem de iklim değişikliğiyle mücadelede öncelikli politika alanlarının belirlenmesine analitik çerçeve sunması bakımından literatüre özgün katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışmanın geri kalanı şu şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde literatür taramasından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın önemi ele alınmış; dördüncü bölümde materyal ve metod kısmı açıklanmıştır. Beşinci bölümde Küresel Bulanık VIKOR yönteminin uygulanması gösterilmiş, altıncı bölümde SF VIKOR yöntemine ait duyarlılık analizi sunulmuştur. Yedinci bölümde bulgular ve yorumlar paylaşılmış, sekizinci bölümde ise sonuç, tartışma ve öneriler kısmı yer almıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik literatürde yer alan çalışmalar kapsamlı biçimde incelenmiştir. İklim değişikliği, çevresel, ekonomik, teknolojik, sosyal ve politik boyutlarıyla çok yönlü bir problem olduğundan, bu alanda yürütülen araştırmalar farklı disiplinlerden yaklaşımları ve karar destek yöntemlerini içermektedir. Özellikle politika geliştirme, stratejik planlama ve kaynak tahsisi süreçlerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve öncelik sıralamasının yapılması amacıyla ÇKKV yöntemlerine dayalı çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar; kullanılan yöntemler, ele alınan kriterler, uzman görüşlerinin değerlendirilme biçimleri ve belirsizliğin ele alınışı açısından analiz edilerek özetlenmiştir. Böylece mevcut literatürün genel eğilimleri ve sınırlılıkları ortaya konulmuş ve bu çalışmada önerilen grup karar vermeye dayalı SF VIKOR modelinin literatürdeki konumu netleştirilmeye çalışılmıştır.

Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019b) tarafından yapılan çalışmada, klasik VIKOR yönteminin küresel bulanık kümeler ile genişletilmesi sağlanmış ve yöntem, depo yer seçimi problemleri için uygulanarak belirsizlik ve uzman değerlendirmelerinin yeni küresel bulanık yapıyla nasıl modellenebileceği ayrıntılı şekilde gösterilmiştir. Bu çalışma, SF VIKOR'un temel teorik çerçevesini ortaya koyan öncül bir örnek çalışma olmuştur. Irawan ve Surendro (2024) tarafından yapılan çalışmada, REDD+ projeleri için uygun lokasyonların belirlenmesinde ÇKKV yöntemleri AHP, SAW, WPM, TOPSIS ve VIKOR birlikte kullanılan bir karşılaştırmalı çerçeve önerilerek, iklim değişikliğiyle mücadele ve sera gazı emisyonlarının azaltılması

açısından önceliklendirme yapılmıştır. Gündoğdu ve Aytekin (2022) tarafından yapılan çalışmada, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar ile iklim eylemi hedefleri bağlamında ülkelerin değerlendirilmesinde DEMATEL ve PIV yöntemleri kullanılarak çok kriterli analiz gerçekleştirilmiş ve karbon ayak izi ile yenilenebilir enerji gibi faktörlerin önemi ortaya konmuştur. Özdemir ve Elmacioğlu (2025) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin çevresel dirençliliğinin değerlendirilmesinde MEREK ve COPRAS gibi ÇKKV yöntemleri ile çevresel göstergelerin önceliklendirilmesi yapılmış ve bu sayede iklim adaptasyonu ve sürdürülebilirlik politikalarındaki kritik faktörler belirlenmiştir. Ersoy ve Keleş (2023) tarafından yapılan çalışmada, G20 ülkelerinin son beş yıldaki iklim değişikliği performansı çok kriterli karar verme yaklaşımıyla analiz edilerek çeşitli çevresel ve politika kriterlerine göre ülkelerin sıralaması yapılmıştır. Vural (2026) tarafından yapılan çalışmada, sürdürülebilir turizmde karbon ayak izi azaltma stratejilerinin değerlendirilmesinde AHP ve TOPSIS gibi ÇKKV yöntemleri bir arada kullanılarak farklı önceliklendirme sonuçları elde edilmiştir. Böylece iklim değişikliği ile ilişkili stratejilerin performans sıralaması yapılmıştır. Köçer (2025) tarafından yapılan sistematik literatür taramasında, iklim değişikliği risk algısını etkileyen bilişsel, sosyo-kültürel ve deneyimsel faktörler incelenmiş; bireylerin risk algılarının değerlendirilmesindeki çeşitli belirleyiciler ortaya konmuştur. Yüksel ve diğerleri (2025) tarafından yapılan çalışmada, iklim değişikliği politika stratejilerinin önceliklendirilmesinde küresel bulanık ve makine öğrenimi tabanlı çok kriterli karar verme modelleri geliştirilerek politika değerlendirme sürecinde yeni bir çerçeve ortaya konmuştur. Kim ve diğerleri (2023) tarafından yapılan çalışmada, su kaynakları yönetiminde paydaş katılımıyla iklim değişikliğine uyum seçeneklerinin önceliklendirilmesi için ÇKKV yaklaşımı uygulanmış ve TOPSIS yöntemi kullanılarak farklı uyum stratejilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu sayede karar vericilere esnek ve bütüncül öncelik listeleri sunulmuştur. Ahmed ve diğerleri (2020) yapılan çalışmada, iklim değişikliği politika hedeflerinin sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda önceliklendirilmesi için bulanık AHP ve bulanık VIKOR gibi çok kriterli karar verme yöntemleri entegre edilerek politika hedefleri değerlendirilmiş ve hem kriter hem alternatif düzeyinde sistematik öncelik sonuçları elde edilmiştir. Ekmekcioğlu ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada, iklim değişikliğinin etkilerine yanıt olarak su kıtlığı azaltma stratejilerinin önceliklendirilmesinde entegre bulanık AHP–bulanık TOPSIS çerçevesi kullanılmış olup, bu yöntem sayesinde sürdürülebilir şehir planlaması ve iklim değişikliği uyum stratejilerinin öncelikleri belirlenmiştir. Soam ve diğerleri (2023) tarafından yapılan çalışmada, iklim değişikliği hafifletme seçeneklerinin ve ormancılık yönetimi stratejilerinin önceliklendirilmesi için AHP tabanlı bir grup karar destek aracı geliştirilmiş ve bu aracın saha uygulaması ile ÇKKV çerçevesinin etkinliği gösterilmiştir. Tablo 1'de, iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında çok kriterli karar verme yaklaşımlarına dayalı literatürde yer alan çalışmalar özetlenmiştir.

Literatürdeki mevcut çalışmalar, iklim değişikliğiyle mücadelede ÇKKV ve bulanık yaklaşımların önemini ortaya koymakla birlikte, belirsizliğin daha kapsamlı biçimde modellenmesine olanak tanıyan küresel bulanık yapıların ve özellikle SF VIKOR yönteminin bu alandaki uygulamalarının sınırlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çevresel, ekonomik, teknolojik ve sosyo-politik kriterlerin birlikte ele alındığı grup karar verme problemlerine yönelik bütüncül yaklaşımlar literatürde yeterince ele alınmamıştır olup sosyal/politik kriterlerin yetersiz değerlendirildiği, küresel bulanık uygulama sayısının az olduğu, SF VIKOR yönteminin iklim değişikliği bağlamındaki uygulamalarının sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesi problemine grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımını entegre ederek söz konusu literatür boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır.

2.1. ÇKKV Dışı Yaklaşımlar ve Politika Uygulamaları

Yukarıda ele alınan problem çoğunlukla bulanık ÇKKV tabanlı yaklaşımlarla çözülmüş olsa da iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin ve politika alternatiflerinin önceliklendirilmesi için farklı yöntemler ve politika uygulamaları da mevcuttur. Literatürde, iklim politikalarının tasarımı ve stratejik planlama süreçlerinde simülasyon ve sistem dinamiği tabanlı modellerin kullanıldığı görülmüştür. Bu yaklaşımlar, politika etkilerinin uzun dönemli dinamiklerini ve geri bildirim mekanizmalarını analiz etme imkânı sunmaktadır (Doukas ve Nikas, 2020). Ekonomik ve finansal araçlar, karbon fiyatlandırma, vergi ve teşvik mekanizmaları aracılığıyla iklim politikalarının önceliklendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Nordhaus, 2017). Sektörel uygulamalarda ise enerji, ulaşım ve tarım alanlarına yönelik teknoloji ve operasyonel analizler, iklim değişikliği uyum stratejilerinin etkinliğini belirlemede kullanılmaktadır (IPCC, 2019). Sosyo-politik boyutta, karar vericilerin ve toplumun kabulü, politika entegrasyonu ve uygulanabilirlik, başarılı iklim stratejilerinin kritik unsurları olarak öne çıkmaktadır (Leiserowitz ve diğerleri, 2024). Ayrıca, ekonomik, çevresel ve sosyal göstergeleri bir arada değerlendirerek politika alternatiflerinin performansını bütüncül biçimde inceleyen çalışmalar, karar vericilere kapsamlı bir analiz sunmaktadır (Alpdoğan, 2023). Bu bağlamda, mevcut literatür hem ÇKKV yöntemleri hem de diğer disiplinler arası yaklaşımlar aracılığıyla iklim değişikliği stratejilerinin önceliklendirilmesi için çeşitli çözüm yolları geliştirmiştir; ancak grup karar vermeye dayalı SF VIKOR gibi bütüncül ve belirsizliği kapsayan modellerin uygulamaları hâlen sınırlı olduğu görülmüştür.

Tablo 1. İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında çok kriterli karar verme yaklaşımlarına dayalı literatür özeti

Yazar(lar)	Kullanılan Yöntem	Uygulama Alanı	Belirlenen Araştırma Boşlukları	Mevcut Çalışmanın Ayırt Edici Özellikleri	Değerlendirme Boyutları			
					Çevresel	Ekonomik	Teknolojik	Sosyal ve Politik
Opricovic ve Tzeng (2004)	VIKOR ve TOPSIS	Sürdürülebilir karar verme	Belirsizlik ve grup karar verme dikkate alınmamıştır	Küresel ve bulanık yapıyla belirsizlik ve grup karar verme ele alınmaktadır	✓	✓		
Opricovic ve Tzeng (2007)	Genişletilmiş VIKOR	Çevresel politika değerlendirme	Bulanık veri ve uzman görüşü sınırlıdır	Küresel bulanık yapı ile uzman belirsizliği modellenmektedir	✓	✓		✓
Büyüközkan ve Çifçi (2012)	Bulanık AHP–VIKOR	Sürdürülebilir tedarik zinciri	Küresel çevresel riskler ele alınmamıştır	İklim değişikliği bağlamında küresel risk faktörleri bütünlük ele alınmaktadır	✓	✓	✓	
Kahraman ve diğerleri (2014)	Bulanık VIKOR	Enerji politikası seçimi	Sosyal ve politik boyutlar sınırlıdır	osyal ve politik sürdürülebilirlik açık biçimde modele dâhil edilmiştir	✓	✓	✓	
Wang ve diğerleri (2016)	Bulanık VIKOR	Düşük karbon stratejileri	Grup karar verme yeterince modellenmemiştir	Grup karar vermeye dayalı küresel yaklaşım sunulmaktadır	✓	✓	✓	
Luthra ve diğerleri (2018)	AHP–VIKOR	İklim değişikliğiyle mücadele politikaları	Dinamik belirsizlik ihmal edilmiştir	Küresel bulanık yaklaşım ile dinamik yapı ele alınmaktadır	✓	✓	✓	✓
Kim ve diğerleri (2023)	TOPSIS	İklim değişikliğine uyum stratejilerinin önceliklendirilmesi	Belirsizlik ve grup karar verme yapısı sınırlı	Uzman görüşlerindeki belirsizliğin küresel bulanık yapı ile modellenmesi ve uzlaşmacı çözümün SF VIKOR ile elde edilmesi	✓	✓		✓
Awad ve diğerleri (2024)	Bulanık VIKOR	Çevresel ve su kaynakları yönetimi	Kararsızlık derecelerinin açıkça ele alınmaması	Üyelik, karşıtlık ve kararsızlık derecelerini içeren küresel bulanık VIKOR ile daha kapsamlı belirsizlik temsili	✓	✓		
Qiu ve diğerleri (2024)	SF-SWARA + SF-WASPAS	Düşük karbon politikaları	Uzlaşmacı çözüm yaklaşımı eksik	Grup karar vermeye dayalı SF VIKOR ile alternatifler arasında uzlaşmacı sıralama yapılması	✓	✓	✓	✓
Teng ve diğerleri (2025)	AHP	Kıyı bölgelerinde iklim uyum stratejileri	Uzman yargılarındaki belirsizlik yeterince ele alınmamış	Dilsel değerlendirmelerin küresel bulanık VIKOR yapısına aktarılması	✓	✓		✓

3. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında geliştirilen politika ve stratejilerin etkinliği, çok sayıda çevresel, ekonomik, teknolojik ve sosyo-politik faktörün birlikte ve dengeli biçimde değerlendirilmesine bağlıdır. Bu tür karar problemleri, belirsizlik içeren uzman yargılarına dayanmakta ve klasik deterministik yaklaşımlarla yeterince temsil edilememektedir. Bu durum, karar verme sürecinde daha esnek ve gerçekçi modellere olan ihtiyacı artırmaktadır.

Bu çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesi probleminde grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımını entegre ederek literatüre metodolojik bir katkı sunmaktadır. Küresel bulanık kümelerin sağladığı geniş belirsizlik temsili ile VIKOR yönteminin uzlaşık çözüm yapısı bir araya getirilerek, uzman değerlendirmelerinin daha güvenilir ve tutarlı biçimde modellenmesi amaçlanmaktadır.

Ayrıca, SF VIKOR yönteminin iklim değişikliği bağlamında faktör önceliklendirme amacıyla sınırlı sayıda çalışmada ele alınmış olması, bu araştırmanın literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmasına olanak sağlayacaktır. Elde edilen bulguların, karar vericilere iklim politikalarının geliştirilmesi ve önceliklendirilmesi sürecinde analitik bir destek sunması beklenmektedir.

4. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik olarak geliştirilen grup karar vermeye dayalı küresel bulanık VIKOR modelinin metodolojik çerçevesi sunulmaktadır. Bu kapsamda sırasıyla, çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yönteminin seçimi ve gerekçesi, alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, oluşturulan uzman komitesine ait bilgiler ile uzman görüşlerine dayalı veri toplama ve işleme süreci ve küresel bulanık VIKOR yönteminin uygulama adımları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

4.1. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Seçimi

Bu çalışmada, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesi için grup karar vermeye dayalı SF-VIKOR yöntemi tercih edilmiştir. Kapsamlı literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda bu yöntem, çok sayıda ve birbiriyle çelişebilen kriterin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlaması, grup karar verme yapısını desteklemesi ve uzlaşmacı çözüm yaklaşımını esas alması nedeniyle uygun görülmüştür. Ayrıca literatürde SF-VIKOR uygulamalarının iklim politikaları bağlamında sınırlı sayıda bulunması, çalışmayı bu yöntemi kullanmaya motive etmiştir.

Ayrıca, klasik VIKOR veya Tip-1 bulanık VIKOR yöntemleri, uzman görüşlerindeki belirsizliği ve dilsel ifadelerden kaynaklanan değişkenliği yeterince modelleyememektedir. Oysa küresel bulanık sayılar, üyelik, üye olmama ve belirsizlik/kararsızlık derecelerini aynı anda ifade edebilme kapasitesi sayesinde, yüksek belirsizlik ve öznel değerlendirmelerin yoğun olduğu iklim politikası problemleri için idealdir. Bu yönüyle SF-VIKOR, alternatifler arasındaki uzlaşmacı çözümü daha gerçekçi biçimde belirleyebilmekte ve karar vericilerin karmaşık çok kriterli değerlendirmelerini güvenilir bir şekilde modele yansıtmaktadır. Böylece yöntem hem literatürdeki boşluğu doldurmaya hem de çalışmanın uygulama bağlamında özgün katkı sağlamasına imkân tanımaktadır. Bu nedenlerle, yukarıda belirtilen avantajlar ve literatürdeki boşluk dikkate alınarak, çalışmada küresel bulanık sayılara dayalı VIKOR yöntemi tercih edilmiştir.

4.2. Alternatifler ve Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik karar probleminin çözümü amacıyla, literatür incelemesi ve oluşturulan uzman komitesinin görüşleri doğrultusunda değerlendirme kriterleri ve alternatifler belirlenmiştir. Belirlenen kriterler, çevresel, ekonomik, teknolojik/operasyonel ile sosyal ve politik boyutları kapsayacak şekilde yapılandırılmış; her bir kriterin fayda veya maliyet yönlü niteliği karar probleminin yapısı dikkate alınarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen kriterler ve özellikleri Tablo 2’de, alternatifler ise Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Çalışma kapsamında kullanılan değerlendirme kriterleri

Boyut	Kriter Adı	Kriter Kodu	Yönü	Açıklama
Çevresel	Sera gazı emisyon azaltım potansiyeli	C1	Fayda	Politikanın sera gazı emisyonlarını azaltma kapasitesini ifade eder ve iklim değişikliğiyle mücadelede temel bir göstergedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024).
	Enerji verimliliğine katkı	C2	Fayda	Daha az enerji kullanımıyla aynı çıktının elde edilmesini sağlayarak emisyonları düşürmeye katkı sunar (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024).
	Doğal kaynak korunumu	C3	Fayda	Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve çevresel bozulmanın azaltılmasını temsil eder (Lu ve Wang, 2023).
Ekonomik	Uygulama maliyeti	C4	Maliyet	Politikanın hayata geçirilmesi için gereken yatırım ve işletme maliyetlerini ifade eder (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).
	Uzun dönem ekonomik fayda	C5	Fayda	Politikanın uzun vadede ekonomik büyüme ve mali kazanım sağlamasını ifade eder T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).
Teknolojik / Operasyonel	Teknolojik uygulanabilirlik	C6	Fayda	Mevcut teknolojik altyapı ile politikanın uygulanabilirliğini gösterir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024)
	Ölçeklenebilirlik	C7	Fayda	Politikanın farklı bölgelerde ve ölçeklerde uygulanabilme potansiyelini ifade eder (Akusta ve Cergibozan, 2025).
Sosyal ve Politik	Toplumsal kabul düzeyi	C8	Fayda	Toplumun politika ve uygulamalara verdiği destek seviyesini temsil eder (Ščasný ve diğerleri, 2017).
	Yasal ve kurumsal uyum	C9	Fayda	Mevcut yasal ve kurumsal yapılarla politikanın uyum düzeyini ifade eder (Fullbrook ve Vince, 2026).
	Politika entegrasyon kapasitesi	C10	Fayda	Politikanın diğer ulusal strateji ve politikalarla bütünleşebilme düzeyini gösterir (UNFCCC, 1992/2014 — ACE).

Tablo 3. Çalışmada değerlendirilen alternatifler

Alternatif Adı	Alternatif Kodu	Açıklama
Yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması	A1	Yenilenebilir enerji yatırımları, iklim değişikliği azaltım teknolojileri ve çevre vergileri gibi çevreci mali araçlarla birlikte sera gazı emisyonlarını düşürmede önemli rol oynar (Bashir ve Jamaani, 2025).
Enerji verimliliği ve talep yönetimi politikaları	A2	Enerji verimliliği ve talep tarafı yönetimi, enerji tüketimini azaltarak sera gazı emisyonlarını düşüren temel stratejilerden biridir ve yeşil yatırım süreçlerinde kritik bir araçtır (Jahangir ve Aman-Ullah, 2024).
Karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemleri	A3	Karbon vergileri ve emisyon ticaret sistemleri gibi karbon fiyatlandırma mekanizmaları, fosil yakıt kullanımını azaltıp düşük karbon teknolojilere yönlendirerek iklim değişikliği ile mücadelede etkili araçlardır (Xu ve Yang, 2024).
Elektrikli ulaşım ve temiz taşıma sistemleri	A4	Ulaşımında düşük karbonlu teknolojiler ve elektrikli araçların yaygınlaştırılması, sera gazı emisyonlarının özellikle ulaşım sektöründe önemli ölçüde azaltılmasına katkı sağlar (Yengil Bülbül ve Baydar, 2025).
Karbon yakalama ve depolama teknolojileri	A5	Karbon yakalama ve depolama (CCS) gibi teknolojiler, karbon dioksiti atmosferden uzaklaştırmak ve depolamak için tasarlanmış olup, mevcut teknolojiler arasında önemli bir potansiyele sahiptir (Rasool ve Hashmi, 2025).
Ormanlaştırma ve doğa temelli çözümler	A6	Orman tabanlı çözümler ve ağaçlandırma stratejileri, atmosferik karbonu yutak olarak tutarak iklim değişikliği azaltımında etkili doğal yöntemler arasındadır (Psistaki ve diğerleri, 2024).

4.3. Uzman Bilgileri ve Veri Toplama Süreci

Bu çalışmada, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik değerlendirmeler, alanlarında yetkin toplam sekiz (8) uzmanın görüşlerine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Uzman komitesi, karar probleminin çok boyutlu yapısını temsil edebilmek amacıyla farklı disiplinlerden seçilmiştir. Bu kapsamda uzmanlar; iklim değişikliği ve çevre mühendisliği, enerji ve sürdürülebilirlik, kamu politikaları ve çevre yönetimi alanlarında akademik ve uygulamalı deneyime sahip kişilerden oluşmaktadır. Akademisyenler ile sektör uzmanlarının birlikte yer alması, değerlendirmelerin hem teorik hem de pratik bakış açılarını yansıtmasını sağlamıştır. Çalışmada yer alan uzman profilleri ve deneyimleri şu şekildedir:

- Uzman 1: İklim değişikliği / Çevre mühendisliği alanında akademisyen; çevresel kriterler öncelikli, 12 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 2: Enerji ve sürdürülebilirlik alanında sektör uzmanı; teknolojik ve ekonomik kriterler öncelikli, 15 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 3: Kamu politikaları / Çevre yönetimi alanında akademisyen; sosyal ve politik kriterler öncelikli, 10 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 4: İklim değişikliği / Enerji entegrasyonu alanında akademisyen + sektör uzmanı; çevresel ve ekonomik kriterler öncelikli, 18 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 5: Enerji ve sürdürülebilirlik alanında akademisyen; teknolojik kriterler öncelikli, 8 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 6: Kamu politikaları / Çevre yönetimi alanında sektör uzmanı; sosyal ve politik kriterler öncelikli, 11 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 7: Çevre mühendisliği / Enerji alanında akademisyen + sektör; çevresel ve teknolojik kriterler öncelikli, 5 yıllık deneyime sahip.
- Uzman 8: Enerji ve sürdürülebilirlik alanında akademisyen; ekonomik ve ölçeklenebilirlik kriterleri öncelikli, 9 yıllık deneyime sahip.

Veri toplama sürecinde, belirlenen alternatifler ve değerlendirme kriterleri uzmanlara sunulmuş; uzmanlardan her bir alternatifi ilgili kriterler açısından dilsel ifadeler kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Elde edilen bireysel değerlendirmeler, grup karar verme yaklaşımı doğrultusunda küresel bulanık sayılar yardımıyla birleştirilmiş ve analizlerde kullanılmak üzere bütüncül bir karar matrisi oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, uzman yargılarındaki belirsizlik ve öznel farklılıkların karar sürecine daha gerçekçi biçimde yansıtılmasına olanak sağlamıştır.

4.4. Küresel Bulanık VIKOR Yöntemine Ait İşlem Adımları

Çalışmada önerilen yöntemin işlem adımları aşağıda sistematik olarak sunulmuştur.

Adım 1: Karar probleminin yapılandırılması. Bu adımda, değerlendirmede kullanılacak alternatifler ve kriterler tanımlanır. Alternatifler kümesi ve kriterler kümesi sırasıyla Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’de verilmiştir (Opricovic ve Tzeng, 2007; Öztürk, 2025).

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\} \quad (1)$$

$$C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \quad (2)$$

Adım 2: Dilsel terimlerin ve küresel bulanık karar matrisinin oluşturulması. Bu adımda, kriter önem derecelerinin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak dilsel terimler ile bu terimlere karşılık gelen küresel bulanık sayılar belirlenir. Her bir değerlendirme, Eşitlik 3’te gösterilen küresel bulanık sayı ile ifade edilir:

$$\tilde{x}_{ij} = (\mu_{ij}, \vartheta_{ij}, \pi_{ij}) \quad (3)$$

Burada; μ_{ij} : üyelik derecesini, ϑ_{ij} : üye olmama derecesini ve π_{ij} : kararsızlık/belirsizlik derecesini ifade etmektedir. Küresel bulanık kümelerde her zaman Eşitlik 4’teki koşul sağlanmalıdır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019).

$$\mu_{ij}^2 + \vartheta_{ij}^2 + \pi_{ij}^2 \leq 1 \quad (4)$$

Adım 3: Ağırlıklı grup karar matrisinin oluşturulması. Birden fazla uzmanın değerlendirmelerinin sözcüğü olduğu grup karar verme problemlerinde, bireysel küresel bulanık karar matrisleri uygun küresel bulanık toplama operatörleri kullanılarak birleştirilir. Böylece tek bir bütüncül küresel bulanık karar matrisi elde edilir. Literatürde önerilen Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) operatörü, küresel bulanık sayıların bileşen yapısına (üyelik, üyelik dışılık ve belirsizlik dereceleri) uygun olarak geliştirilmiş bir agrega yöntemidir. SWAM operatörü, her bir uzmanın değerlendirme ağırlığını dikkate alarak toplu

karar matrisinin oluşturulmasını sağlar. Burada her bir karar vericinin ağırlığı w_i , uzmanların deneyim düzeylerini veya çalışmaya katkı derecelerini ifade eden k_i katsayılarından elde edilir. Bu kapsamda uzman ağırlıkları Eşitlik 5'teki gibi normalize edilir.

$$w_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^m k_i} \quad (5)$$

Burada $m = 8$ uzman sayısını temsil etmektedir. Daha sonra, herhangi bir kriter veya alternatif–kriter ikilisi için karar vericilerin küresel bulanık değerlendirme değerlendirmeleri $\tilde{A}_{S1}, \tilde{A}_{S2}, \dots, \tilde{A}_{Sm}$ ile gösterildiğinde, bu değerlendirmelerin SWAM yöntemiyle birleştirilmiş hali Eşitlik 6'da gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \tilde{A}_{S2}, \dots, \tilde{A}_{Sm}) = w_1 \tilde{A}_{S1} + w_2 \tilde{A}_{S2} + \dots + w_n \tilde{A}_{Sn} \\ = \left\{ \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \prod_{i=1}^m (v_{\tilde{A}_{Si}})^{2w_i}, \left[\prod_{i=1}^m (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} \right]^{1/2} \right\} \quad (6)$$

Bu işlem sonucunda, her bir alternatif ve kriter için uzman görüşlerinin bütünlüklü hâli olan tek bir küresel bulanık sayı elde edilir. Böylece, farklı uzmanların değerlendirme belirsizliği minimize edilerek, SF VIKOR yönteminin sonraki adımlarında kullanılacak toplu karar matrisi oluşturulur (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019a).

Adım 4: Küresel bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi. Bu adımda, her bir kriter için küresel bulanık en iyi (\tilde{f}_j^+) ve en kötü (\tilde{f}_j^-) değerleri belirlenir. Fayda ve maliyet yönlü kriterler dikkate alınarak bu değerler Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'de gösterildiği şekilde hesaplanır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019b).

$$\tilde{f}_j^+ = \max_i \tilde{x}_{ij} \quad (7)$$

$$\tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{x}_{ij} \quad (8)$$

Burada, küresel bulanık sayıların (μ, ϑ, π) bileşenleri üzerinden max ve min değerlerin belirlenmesi, klasik (crisp) sayılardan farklıdır. Fayda kriterlerinde en iyi değer, üçlü bileşenlerin üyelik derecesi (μ) en yüksek, üye olmama derecesi (ϑ) en düşük ve belirsizlik derecesi (π) optimum olacak şekilde belirlenir. Maliyet kriterlerinde ise en iyi değer, üyelik derecesi (μ) en düşük, üye olmama derecesi (ϑ) en yüksek ve belirsizlik (π) optimum olacak şekilde alınır. Bu yaklaşım, SF VIKOR yönteminde pozitif ve negatif idealin belirlenmesinde kullanılan küresel bulanık sayının geometrik yapısına uygun bir seçim mekanizmasıdır.

Adım 5: Küresel bulanık uzaklık ölçümlerinin hesaplanması. Bu adımda, her bir alternatife her bir kriter açısından küresel bulanık en iyi (ideal) değere olan uzaklığı hesaplanır. Küresel bulanık sayılar arasındaki uzaklık, Öklidyen temelli küresel bulanık mesafe ölçüsü kullanılarak belirlenmektedir. İki küresel bulanık sayı (\tilde{A} ve \tilde{B}) arasındaki uzaklık Eşitlik 9'da gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\mu_A - \mu_B)^2 + (v_A - v_B)^2 + (\pi_A - \pi_B)^2]} \quad (9)$$

Bu kapsamda, her bir alternatife i kriter j için küresel bulanık en iyi değere olan uzaklığı Eşitlik 10'da gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{1}{3} [(\mu_{ij} - \mu_j^*)^2 + (v_{ij} - v_j^*)^2 + (\pi_{ij} - \pi_j^*)^2]} \quad (10)$$

Burada $(\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$, i . alternatife j . kriter için küresel bulanık değerlendirilmesini; $(\mu_j^*, v_j^*, \pi_j^*)$, j . kriter için küresel bulanık en iyi (ideal) değeri; d_{ij} , i . alternatife j . kriter açısından küresel bulanık uzaklığını ifade etmektedir (Büyüközkan ve Güler, 2016).

Adım 6: S_i ve R_i ölçütlerinin hesaplanması. Bu adımda, her bir alternatif için toplam grup faydasını temsil eden S_i ve maksimum bireysel pişmanlığı temsil eden R_i ölçütleri Eşitlik 11 ve Eşitlik 12'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$S_i = w_j d_{ij} \quad (11)$$

$$R_i = \max_j [w_j d_{ij}] \quad (12)$$

Burada w_j , j . kriterin ağırlığını ifade etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2007).

Adım 7: Q_i uzlaşık çözüm indeksinin hesaplanması. Bu adımda, her bir alternatif için uzlaşık çözüm indeksi Q_i , Eşitlik 13'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

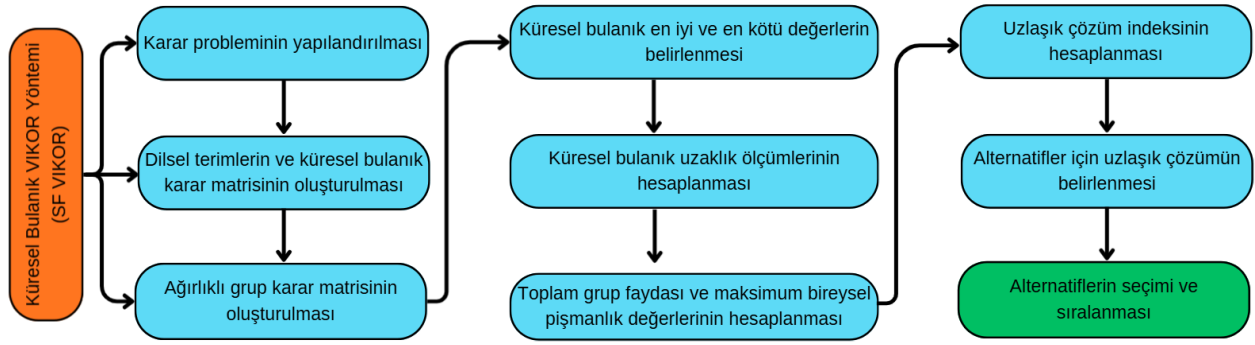
$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (13)$$

Burada v , grup faydasına verilen ağırlığı (genellikle $v = 0.5$); S^* , S^- , R^* ve R^- , sırasıyla en iyi ve en kötü değerleri ifade etmektedir (Opricović & Tzeng, 2007).

Adım 8: Alternatiflerin sıralanması ve uzlaşık çözümün belirlenmesi. Bu adımda, alternatifler Q_i değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. En küçük Q_i değerine sahip alternatif, uzlaşık çözüm olarak belirlenir. Burada kabul edilebilir avantaj ve istikrar koşulları sağlandığında nihai karar elde edilir (Ahmet ve Majid, 2019).

- Kabul edilebilir avantaj koşulu (ΔQ): En iyi alternatif ile ikinci en iyi alternatif arasındaki Q_i farkı, belirlenen eşik değer $1/(m-1)$ ile karşılaştırılır. Eğer fark eşik değerinden büyükse, en iyi alternatif tek başına uzlaşık çözüm olarak kabul edilir. Aksi durumda, en iyi alternatif ile ikinci en iyi alternatif birlikte uzlaşık çözüm kümesini oluşturur.
- Kabul edilebilir istikrar koşulu (S_i/R_i): En iyi alternatifin, toplam grup faydasını temsil eden S_i veya maksimum bireysel pişmanlığı temsil eden R_i ölçütlerinden en az birine göre de en iyi performansı göstermesi gerekir. Bu koşul sağlanmazsa, alternatif uzlaşık çözüm olarak önerilemez.

Çalışma kapsamında kullanılan SF VIKOR yöntemine ait akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. SF VIKOR yöntemine ait akış şeması

5. KÜRESEL BULANIK VIKOR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Bu bölümde, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik olarak geliştirilen grup karar vermeye dayalı küresel bulanık VIKOR modelinin uygulama süreci sunulmaktadır. Belirlenen alternatifler ve değerlendirme kriterleri doğrultusunda elde edilen uzman görüşleri kullanılarak, küresel bulanık VIKOR yönteminin işlem adımları sırasıyla uygulanmış ve alternatiflerin uzlaşık çözüme göre sıralaması elde edilmiştir.

Adım 1: Karar probleminin yapılandırılması. Bu adımda, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik karar problemi yapılandırılmıştır. Değerlendirmede kullanılacak alternatifler ve kriterler, literatür incelemesi ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Çalışmada ele alınan değerlendirme kriterleri Tablo 2'de, alternatifler ise Tablo 3'te verilmiştir.

Adım 2: Bu adımda, kriterlerin ve alternatiflerin performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak küresel bulanık dilsel terimler belirlenmiş ve bu terimlere karşılık gelen küresel bulanık sayılar tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan küresel bulanık dilsel değerlendirme ölçeği, Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019a) tarafından önerilen küresel bulanık küme tanımına dayalı olarak uyarlanmıştır. Her bir dilsel terime karşılık gelen küresel bulanık sayılar, $(\mu^2 + v^2 + \pi^2)$ koşulunu sağlayacak şekilde belirlenmiş ve ilgili dilsel terimler Ek A Tablo A1'de verilmiştir. Uzmanlar tarafından yapılan dilsel değerlendirmeler doğrultusunda, kriterlere ve kriter–alternatif çiftlerine ait küresel bulanık karar matrisleri ise Ek A Tablo A2 ve Tablo A3'te verilmiştir.

Adım 3: Ağırlıklı grup karar matrisinin oluşturulması. Bu adımda, her bir uzmanın kriterlere ve alternatiflere ilişkin bireysel küresel bulanık değerlendirmeleri, uygun bir küresel bulanık toplama operatörü kullanılarak birleştirilmiş ve böylece uzman görüşlerini bütünlük biçimde temsil eden tek bir küresel bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Bu amaçla, küresel bulanık sayıların üyelik, üyelik dışılık ve belirsizlik bileşen yapısını dikkate alan Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) operatörü kullanılmıştır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019a). SWAM operatörünün uygulanabilmesi için öncelikle uzmanların göreceli ağırlıkları belirlenmiştir. Uzman ağırlıklarının hesaplanmasında, literatürde yaygın olarak kullanılan ve uzmanların yetkinlik düzeylerini dikkate alan öznel ağırlıklandırma yaklaşımı benimsenmiştir (Mianabadi & Afshar, 2008). Bu kapsamda, uzmanların akademik ve sektörel deneyimleri, uzmanlık alanları ve çalışma konusuyla olan ilişkileri dikkate alınarak, literatürde önerilen yaklaşımlar doğrultusunda araştırmacı/araştırmacılar tarafından her bir uzmana 1–5 aralığında bir önem katsayısı (k_i)

atanmıştır. Bu doğrultuda İklim değişikliği ve enerji entegrasyonu alanlarında hem akademik hem de sektörel deneyime sahip ve 18 yıllık deneyimi bulunan Uzman 4'e en yüksek önem katsayısı olan 5 atanmıştır. Enerji ve sürdürülebilirlik alanında 15 yıllık sektörel deneyime sahip Uzman 2 ile iklim değişikliği ve çevre mühendisliği alanında 12 yıllık akademik deneyime sahip Uzman 1'e 4 önem katsayısı verilmiştir. Kamu politikaları ve çevre yönetimi alanında 10 yıllık akademik deneyime sahip Uzman 3 ile aynı alanda 11 yıllık sektörel deneyime sahip Uzman 6'ya 3 önem katsayısı atanmıştır. Enerji ve sürdürülebilirlik alanında 9 yıllık akademik deneyime sahip Uzman 8 ile aynı alanda 8 yıllık akademik deneyime sahip Uzman 5'e 2 önem katsayısı verilmiştir. Çevre mühendisliği ve enerji alanlarında akademik ve sektörel deneyime sahip olmakla birlikte deneyim süresi daha sınırlı olan Uzman 7'ye ise 1 önem katsayısı atanmıştır. Katsayılar Eşitlik 5 kullanılarak normalize edilmiş ve sekiz uzmanın nihai ağırlıkları w_i değerleri sırasıyla $w_1 = 0,167$, $w_2 = 0,167$, $w_3 = 0,125$, $w_4 = 0,208$, $w_5 = 0,083$, $w_6 = 0,125$, $w_7 = 0,042$ ve $w_8 = 0,083$ olarak elde edilmiştir. Daha sonra Eşitlik 6 kullanılarak karar vericilerin değerlendirmeleri birleştirilmiş ve birleştirilen bu değerler Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Bu yaklaşım, uzman ağırlıklarının daha nesnel ve metodolojik olarak tutarlı bir biçimde belirlenmesini sağlamış ve SWAM operatörü aracılığıyla tüm uzman görüşlerinin dengeli biçimde karar matrisine yansıtılmasına imkân tanımıştır.

Tablo 4. SWAM operatörüne göre birleştirilmiş kriter ağırlıkları ve skor fonksiyonu değerleri

Kriterler	Birleştirilmiş Kriter Ağırlıkları	Skor Fonksiyonu Değeri ($S = \mu - \pi$)
C1	(0,751, 0,039, 0,232)	0,751 - 0,232 = 0,519
C2	(0,665, 0,087, 0,320)	0,665 - 0,320 = 0,345
C3	(0,689, 0,074, 0,325)	0,689 - 0,325 = 0,364
C4	(0,554, 0,175, 0,429)	0,554 - 0,429 = 0,125
C5	(0,742, 0,043, 0,249)	0,742 - 0,249 = 0,493
C6	(0,676, 0,081, 0,345)	0,676 - 0,345 = 0,331
C7	(0,629, 0,109, 0,361)	0,629 - 0,361 = 0,268
C8	(0,690, 0,076, 0,341)	0,690 - 0,341 = 0,349
C9	(0,679, 0,086, 0,364)	0,679 - 0,364 = 0,315
C10	(0,693, 0,065, 0,284)	0,693 - 0,284 = 0,409

Tablo 5. Alternatiflerin kriterlere göre SWAM tabanlı birleşik (ağırlıklı) küresel bulanık değerleri

Alternatifler	C1	C2	C3	C4	C5
A1	(0,676, 0,078, 0,317)	(0,556, 0,173, 0,427)	(0,507, 0,232, 0,487)	(0,510, 0,231, 0,485)	(0,559, 0,169, 0,422)
A2	(0,556, 0,173, 0,427)	(0,798, 0,022, 0,180)	(0,500, 0,250, 0,500)	(0,592, 0,150, 0,441)	(0,690, 0,071, 0,316)
A3	(0,511, 0,233, 0,487)	(0,452, 0,287, 0,560)	(0,414, 0,354, 0,610)	(0,565, 0,162, 0,412)	(0,634, 0,110, 0,373)
A4	(0,511, 0,233, 0,487)	(0,519, 0,223, 0,478)	(0,500, 0,250, 0,500)	(0,593, 0,138, 0,411)	(0,524, 0,205, 0,463)
A5	(0,553, 0,189, 0,466)	(0,380, 0,396, 0,667)	(0,377, 0,343, 0,594)	(0,614, 0,129, 0,480)	(0,513, 0,219, 0,477)
A6	(0,638, 0,102, 0,347)	(0,343, 0,440, 0,671)	(0,836, 0,013, 0,125)	(0,453, 0,303, 0,569)	(0,477, 0,263, 0,513)
Alternatifler	C6	C7	C8	C9	C10
A1	(0,578, 0,146, 0,398)	(0,588, 0,145, 0,403)	(0,536, 0,199, 0,455)	(0,529, 0,208, 0,464)	(0,536, 0,199, 0,455)
A2	(0,648, 0,101, 0,361)	(0,701, 0,065, 0,304)	(0,596, 0,137, 0,394)	(0,571, 0,175, 0,450)	(0,546, 0,185, 0,441)
A3	(0,414, 0,354, 0,610)	(0,438, 0,316, 0,590)	(0,471, 0,261, 0,562)	(0,634, 0,110, 0,373)	(0,631, 0,113, 0,385)
A4	(0,529, 0,202, 0,460)	(0,516, 0,214, 0,472)	(0,424, 0,321, 0,578)	(0,500, 0,250, 0,500)	(0,505, 0,230, 0,486)
A5	(0,575, 0,168, 0,498)	(0,450, 0,298, 0,622)	(0,276, 0,579, 0,808)	(0,473, 0,271, 0,524)	(0,416, 0,336, 0,608)
A6	(0,438, 0,325, 0,584)	(0,515, 0,228, 0,482)	(0,719, 0,054, 0,274)	(0,500, 0,250, 0,500)	(0,483, 0,259, 0,510)

Adım 4: Küresel bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi. Bu adımda, her bir kriter için küresel bulanık en iyi (\tilde{f}_j^+) ve en kötü (\tilde{f}_j^-) değerler belirlenir. Küresel bulanık sayılarının karakteristiği nedeniyle, max ve min işlemleri klasik (crisp) değerlerden farklı şekilde uygulanmaktadır. Her bir küresel bulanık sayı üç parametre ile tanımlandığından (μ, ϑ, π) , en iyi değer belirlenirken her parametrenin ayrı ayrı karşılaştırılması yapılır: sol (μ), orta (ϑ) ve sağ (π) değerler alternatifler arasında karşılaştırılır ve fayda kriterleri için maksimum, maliyet kriterleri için minimum değerler alınır. Benzer şekilde, en kötü değer belirlenirken fayda kriterlerinde minimum, maliyet kriterlerinde maksimum değerler seçilir. Bu işlem Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'de gösterildiği şekilde uygulanmıştır (Kutlu Gündoğdu & Kahraman, 2019b). Birleşik (ağırlıklı) küresel bulanık karar matrisi (Bkz. Tablo 5) kullanılarak her bir kriter (fayda ve maliyet durumuna göre) için alternatifler arasındaki küresel bulanık en iyi (ideal) ve küresel bulanık en kötü (anti-ideal) değerler Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan küresel bulanık en iyi (\tilde{f}_j^+) ve en kötü (\tilde{f}_j^-) değerler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Küresel bulanık en iyi ve en kötü değerler

Kriterler	En İyi (\tilde{f}_j^+)	En Kötü (\tilde{f}_j^-)
C1	(0,676, 0,233, 0,487)	(0,511, 0,078, 0,317)
C2	(0,798, 0,440, 0,671)	(0,343, 0,022, 0,180)
C3	(0,836, 0,354, 0,610)	(0,377, 0,013, 0,125)
C4	(0,453, 0,129, 0,411)	(0,614, 0,303, 0,569)
C5	(0,690, 0,263, 0,513)	(0,477, 0,071, 0,316)
C6	(0,648, 0,354, 0,610)	(0,414, 0,101, 0,361)
C7	(0,701, 0,316, 0,622)	(0,438, 0,065, 0,304)
C8	(0,719, 0,579, 0,808)	(0,276, 0,054, 0,274)
C9	(0,634, 0,271, 0,524)	(0,473, 0,110, 0,373)
C10	(0,631, 0,336, 0,608)	(0,416, 0,113, 0,385)

Adım 5: Küresel bulanık uzaklık ölçümlerinin hesaplanması. Bu adımda, her bir alternatifin her bir kriter açısından küresel bulanık en iyi (ideal) değere olan uzaklığı hesaplanmıştır. Küresel bulanık sayılar arasındaki uzaklıkların belirlenmesinde, Öklidyen temelli küresel bulanık mesafe ölçüsü kullanılmış olup, iki küresel bulanık sayı arasındaki uzaklık Eşitlik 9 ve Tablo 5 ve Tablo 6'da yer alan verilen kullanılarak her bir alternatif–kriter çifti için uzaklık hesaplaması Eşitlik 10 yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Alternatiflerin kriterler bazında küresel bulanık ideal çözüme olan uzaklık değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Alternatiflerin kriterler bazında küresel bulanık en iyi (ideal) değere olan uzaklıkları (d_{ij})

Alternatifler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	0,133	0,251	0,215	0,080	0,107	0,176	0,173	0,318	0,079	0,131
A2	0,085	0,372	0,213	0,083	0,159	0,205	0,234	0,357	0,079	0,139
A3	0,095	0,228	0,244	0,067	0,124	0,135	0,153	0,273	0,127	0,182
A4	0,095	0,233	0,213	0,081	0,106	0,141	0,150	0,262	0,080	0,118
A5	0,076	0,243	0,265	0,101	0,107	0,132	0,145	0,256	0,093	0,124
A6	0,113	0,263	0,342	0,136	0,123	0,123	0,144	0,432	0,080	0,112

Adım 6: S_i ve R_i ölçütlerinin hesaplanması. Bu adımda, SF VIKOR yöntemi kapsamında her bir alternatif için toplam grup faydasını temsil eden S_i ve maksimum bireysel pişmanlığı temsil eden R_i ölçütleri hesaplanmıştır. Bu amaçla, kriter ağırlıkları Tablo 4'te verilen skor fonksiyonu değerleri kullanılarak skaler hâle getirilmiş ve her bir alternatifin kriterler bazında küresel bulanık ideal çözüme olan uzaklıkları Tablo 7'de sunulan d_{ij} değerleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Toplam grup faydasını ifade eden S_i değeri, her bir kriter için hesaplanan uzaklık değerlerinin ilgili kriter ağırlıkları ile çarpılarak toplanmasıyla elde edilirken, maksimum bireysel pişmanlığı temsil eden R_i değeri ise ağırlıklandırılmış uzaklıklar arasındaki en büyük değer seçilmesiyle belirlenmiştir. S_i ve R_i ölçütlerinin hesaplanmasında sırasıyla Eşitlik 11 ve Eşitlik 12 kullanılmıştır. Hesaplanan S_i ve R_i değerleri ise Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflere ait S_i ve R_i Değerleri

Alternatifler	S_i	R_i
A1	0,590	0,111
A2	0,675	0,128
A3	0,582	0,095
A4	0,521	0,092
A5	0,537	0,097
A6	0,652	0,151

Adım 7: Q_i uzlaşık çözüm indeksinin hesaplanması. Bu adımda, alternatiflerin toplam grup faydasını temsil eden S_i ve maksimum bireysel pişmanlığı temsil eden R_i ölçütleri birlikte değerlendirilerek uzlaşık çözüm indeksi olan Q_i hesaplanmaktadır. Burada Q_i değeri, karar vericinin çoğunluk kuralına dayalı grup faydası ile en kötü duruma karşı duyarlılığı arasındaki dengeyi yansıtmaktadır. Her bir alternatif için uzlaşık çözüm indeksi Q_i , Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanmış ve hesaplanan Q_i değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Alternatiflere ait Q_i uzlaşık çözüm indeksleri

Alternatifler	Uzlaşık Çözüm İndeksi (Q_i) Değerleri
A1	0,386
A2	0,811
A3	0,227
A4	0,000
A5	0,095
A6	0,926

Adım 8: Alternatiflerin sıralanması ve uzlaşık çözümün belirlenmesi. Bu adımda, her bir alternatif için hesaplanan Q_i uzlaşık çözüm indeksleri kullanılarak alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. En küçük Q_i değerine sahip alternatif, ideal çözüme en yakın alternatif olarak belirlenmiştir (A4). Bununla birlikte, SF VIKOR yöntemine göre nihai uzlaşık çözümün kabul edilebilmesi için iki koşulun sağlanması gerekmektedir:

- Kabul edilebilir avantaj koşulu, yani en iyi ve ikinci en iyi alternatifler arasındaki Q_i farkının $(0,095) \frac{1}{m-1} = \frac{1}{5} = 0,200$ eşik değerinden büyük olması
- Kabul edilebilir istikrar koşulu, yani en iyi alternatifin aynı zamanda S_i veya R_i ölçütlerinden en az birine göre de en iyi performansı göstermesidir (Ahmet ve Majid, 2019).

Elde edilen sonuçlara göre, en düşük Q_i değerine sahip olan A4 alternatifi, aynı zamanda S_i ve R_i ölçütlerine göre de en iyi değerleri sağlamış ve böylece kabul edilebilir istikrar koşulunu karşılamıştır. Ancak A4 ve ikinci en iyi alternatif olan A5 arasındaki Q_i farkının belirlenen eşik değerden küçük olması ($0,095 < 0,200$) nedeniyle kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanamamıştır. Bu nedenle, SF VIKOR yöntemi çerçevesinde A4 ve A5 alternatifleri birlikte uzlaşık çözüm kümesi olarak önerilmektedir. Elde edilen Q_i değerlerine göre alternatiflerin nihai sıralaması, en iyi uzlaşık çözümden en zayıf alternatife doğru $A4 = A5 > A3 > A1 > A2 > A6$ şeklinde belirlenmiştir.

6. SF VIKOR YÖNTEMİNE AİT DUYARLILIK ANALİZİ

Duyarlılık analizi, ÇKKV yöntemlerinde elde edilen sonuçların karar parametrelerindeki değişimlere ne kadar hassas olduğunu test etmek için kullanılır ve modelin güvenilirliğini ile önerilen çözümün kararlılığını değerlendirmeye olanak sağlar. Literatürde, duyarlılık analizi genellikle iki şekilde uygulanmaktadır:

- Kriter ağırlıklarındaki değişimlerin alternatif sıralamalarına etkisi,
- Farklı ÇKKV yöntemleriyle elde edilen sonuçların karşılaştırmalı değerlendirilmesi (Demir ve Arslan, 2022; Rachman ve diğerleri, 2024).

Bu çalışmada da kriter ağırlıklarının değiştirilmesi ve diğer ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırmalı sonuçların analizi yoluyla SF VIKOR yönteminin kararlılığı ve güvenilirliği incelenmiştir. Böylece önerilen yöntemin hem ağırlık belirsizliklerine hem de metodolojik farklılıklara karşı dayanıklılığı ortaya konmuştur.

6.1. Kriter Ağırlıklarının Değiştirilmesine Yönelik Duyarlılık Analizi

Bu bölümde, SF VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen alternatif sıralamalarının, kriter ağırlıklarındaki olası değişimlere karşı duyarlılığı incelenmiştir. Amaç, kriter ağırlıklarında meydana gelebilecek artış veya azalışların, karar sonuçlarını ne ölçüde etkilediğini ortaya koymak ve elde edilen sıralamaların kararlılığını test etmektir. Bu amaçla en önemli kriter olarak görülen (Bkz. Tablo 4) C1 (Sera gazı emisyon azaltım potansiyeli) kriterinin ağırlığı sistematik şekilde azaltılıp-artırılarak aşağıda 12 senaryo oluşturulmuştur. Her senaryoda C1'in ağırlığı -30% ve $+30\%$ aralığında azaltılıp artırılırken, diğer kriterlerin ağırlıkları oransal olarak yeniden normalize edilmiştir (toplam ağırlık 1 kalacak şekilde). Bu senaryolar aşağıda Tablo 10'da özetlenmiştir.

Tablo 10. C1 kriteri ağırlığındaki değişime dayalı senaryo bazlı normalize edilmiş kriter ağırlıkları

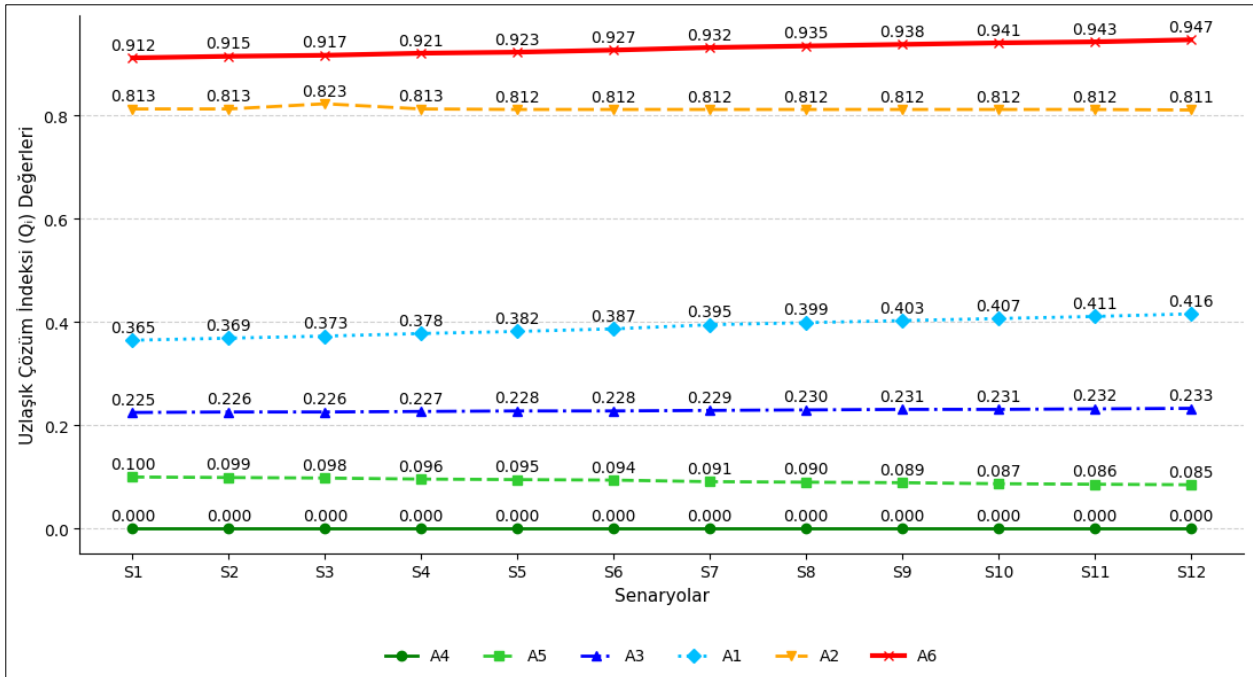
Senaryolar	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
S1 (-%30)	0,108	0,103	0,108	0,037	0,147	0,098	0,080	0,104	0,094	0,122
S2 (-%25)	0,116	0,102	0,107	0,037	0,145	0,097	0,079	0,103	0,093	0,121
S3 (-%20)	0,124	0,101	0,106	0,036	0,143	0,096	0,078	0,102	0,092	0,120
S4 (-%15)	0,131	0,100	0,105	0,036	0,141	0,095	0,077	0,101	0,091	0,119
S5 (-%10)	0,139	0,099	0,104	0,035	0,139	0,094	0,076	0,100	0,090	0,118
S6 (-%5)	0,146	0,098	0,103	0,035	0,137	0,093	0,075	0,099	0,089	0,117
S7 (+%5)	0,159	0,096	0,101	0,034	0,134	0,091	0,073	0,097	0,087	0,115
S8 (+%10)	0,165	0,095	0,100	0,034	0,133	0,090	0,072	0,096	0,086	0,114
S9 (+%15)	0,171	0,094	0,099	0,033	0,131	0,089	0,071	0,095	0,085	0,113
S10 (+%20)	0,177	0,093	0,098	0,033	0,129	0,088	0,070	0,094	0,084	0,112
S11 (+%25)	0,183	0,092	0,097	0,032	0,128	0,087	0,069	0,093	0,083	0,111
S12 (+%30)	0,189	0,091	0,096	0,032	0,126	0,086	0,068	0,092	0,082	0,110

Tablo 10'da verilen senaryo durumlarına göre alternatiflerin almış oldukları uzlaşık çözüm indeksi Q_i değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Duyarlılık senaryolarına göre alternatiflerin uzlaşık çözüm indeksi (Q_i) değerleri

Senaryolar	A1	A2	A3	A4	A5	A6
S1 (-%30)	0,365	0,813	0,225	0,000	0,100	0,912
S2 (-%25)	0,369	0,813	0,226	0,000	0,099	0,915
S3 (-%20)	0,373	0,823	0,226	0,000	0,098	0,917
S4 (-%15)	0,378	0,813	0,227	0,000	0,096	0,921
S5 (-%10)	0,382	0,812	0,228	0,000	0,095	0,923
S6 (-%5)	0,387	0,812	0,228	0,000	0,094	0,927
S7 (+%5)	0,395	0,812	0,229	0,000	0,091	0,932
S8 (+%10)	0,399	0,812	0,230	0,000	0,090	0,935
S9 (+%15)	0,403	0,812	0,231	0,000	0,089	0,938
S10 (+%20)	0,407	0,812	0,231	0,000	0,087	0,941
S11 (+%25)	0,411	0,812	0,232	0,000	0,086	0,943
S12 (+%30)	0,416	0,811	0,233	0,000	0,085	0,947

Senaryo durumlarına göre alternatiflerin uzlaşık çözüm indeksi Q_i değerlerindeki değişimler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Duyarlılık senaryolarına göre alternatiflerin performans değişimi

Tablo 9'da sunulan temel sonuçlar incelendiğinde, A4 ($Q_i = 0,000$) ve A5 ($Q_i = 0,095$) alternatiflerinin uzlaşık çözüm yaklaşımı kapsamında birlikte en iyi performansı sergileyen alternatifler olduğu, bunları A3

(0,227) alternatifinin izlediği görülmüştü. Duyarlılık senaryoları altında elde edilen sonuçlar (Tablo 11), bu genel yapının büyük ölçüde korunduğunu göstermiştir.

C1 kriter ağırlığının azaltıldığı ve artırıldığı tüm senaryolarda A4 alternatifinin her durumda en düşük Q_i değerine sahip olması, bu alternatifin model açısından son derece kararlı (robust) bir çözüm sunduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, A5 alternatifinin de tüm senaryolarda en iyi çözüm kümesi içerisinde yer almaya devam etmesi, elde edilen uzlaşık çözümün kriter ağırlıklarındaki değişimlerden sınırlı düzeyde etkilendiğini göstermiştir. Bu durum, önerilen ÇKKV yaklaşımının karar verici tercihleri karşısında tutarlı ve güvenilir sonuçlar ürettiğine işaret etmektedir.

Öte yandan, A1 ve A3 alternatiflerinin Q_i değerlerinde sınırlı ve kademeli değişimler gözlemlenmiş, ancak bu değişimler alternatiflerin genel performans gruplarını anlamlı ölçüde etkilememiştir. A2 ve A6 alternatifleri ise tüm senaryolarda yüksek Q_i değerlerine sahip olmaya devam etmiş, dolayısıyla düşük performanslı alternatifler olarak konumlarını korumuşlardır. Özellikle A6 alternatifinin C1 kriter ağırlığı arttıkça Q_i değerinin yükselmesi, bu alternatifin ilgili kriterdeki değişimlere karşı daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kriter ağırlıklarındaki $\pm 30\%$ luk değişim aralığında alternatiflerin uzlaşık çözüm yapısında herhangi bir tersine dönüş veya yapısal bozulma gözlemlenmemiştir. Bu bulgu, çalışmamızda kullanılan SF VIKOR yaklaşımının hem metodolojik açıdan güçlü hem de karar verici belirsizliklerine karşı yüksek düzeyde dayanıklı olduğunu doğrulamaktadır.

6.2. Farklı ÇKKV Yöntemleriyle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Bu bölümde, çalışma kapsamında kullanılan SF VIKOR yönteminin geçerliliği ve güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla karşılaştırmalı bir analiz sunulmuştur. Aynı kriter ağırlıkları ve birleştirilmiş karar matrisi temel alınarak, alternatiflerin sıralamaları küresel bulanık karar ortamında SF VIKOR, küresel bulanık TOPSIS (SF TOPSIS) ve küresel bulanık ELECTRE III (SF ELECTRE III) yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, duyarlılık analizi kapsamında kullanılan SF VIKOR yöntemi, farklı karar felsefelerini temsil eden SF-TOPSIS ve SF-ELECTRE III yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Çalışmada uygulanan küresel bulanık yöntemler, literatürdeki özgün versiyonlarına dayanmaktadır. SF VIKOR, Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019b) tarafından önerilen küresel bulanık uzantı temel alınarak uygulanmıştır. SF TOPSIS, Öztürk (2026b) tarafından sürdürülebilir hidrojen üretimi için ekipman tedarikçisi seçimi bağlamında geliştirilmiş olan küresel bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Bu yaklaşım grup kararlarını ve belirsizlikleri bütüncül biçimde ele almaktadır. SF ELECTRE III ise, Zahid ve Akram (2023) tarafından küresel bulanık ELECTRE III uzantısını içeren ve enerji üretiminde çok kriterli grup karar problemlerini ele alan ve literatür çalışması temel alınarak uygulanmıştır. Bu bağlamda, üç farklı SF yöntemi, özgün literatür referanslarına dayalı versiyonlarıyla hesaplanmış ve elde edilen alternatif sıralamaları karşılaştırmalı bir şekilde analiz edilmiştir.

SF VIKOR, uzlaşık çözüm ve maksimum grup faydasını esas alan yaklaşımıyla karar vericilerin tercih edilebilirliğini optimize etmeye odaklanırken; SF TOPSIS, ideal ve anti-ideal çözümlere olan uzaklıklara dayalı yapısıyla alternatiflerin göreceli yakınlıklarını ölçmektedir. SF-ELECTRE III ise kriterler arası üstünlük ilişkilerini ve kısmi sıra analizini temel alarak alternatiflerin göreceli üstünlüklerini değerlendirerek çözüme ulaşır. Bu farklı felsefi temellere sahip yöntemlerin kullanımı, SF VIKOR ile elde edilen sıralamaların diğer küresel bulanık yaklaşımlarla karşılaştırılması için uygun bir zemin oluşturmaktadır.

Gerçekleştirilen karşılaştırmalı analiz, SF VIKOR yöntemiyle elde edilen alternatif sıralamalarının tutarlılığını ve diğer yöntemlerle ortaya çıkabilecek olası farklılıkları sistematik biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular tablo ve istatistiksel göstergeler aracılığıyla sunulmuş; böylece SF VIKOR yaklaşımının güvenilirliği, tutarlılığı ve karar destek aracı olarak uygulanabilirliği kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Kullanılan yöntemlere göre alternatiflerin sıralama performansları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12'ye göre elde edilen bulgular, kullanılan küresel bulanık ÇKKV yöntemleri arasında genel eğilimlerin büyük ölçüde örtüşüğünü, ancak bazı alternatiflerde yöntemlere özgü farklılıkların ortaya çıktığını göstermektedir. SF VIKOR'a göre A4 ve A5 alternatifleri en yüksek performansa sahipken (sıralama değeri 0.000 ve 0.095), A6 en düşük performans sergilemektedir (0.926). Bu durum, SF VIKOR'un uzlaşmacı çözüm ve grup faydasına dayalı yapısının, belirli alternatifleri öne çıkarırken bazılarını geride bırakma eğilimini yansıtmaktadır.

Tablo 12. Önerilen yaklaşımın diğer ÇKKV yaklaşımları ile karşılaştırmalı analizi

Alternatifler	SF VIKOR		SF TOPSIS		SF ELECTRE III	
	Sıralama Değeri	Sıralama Performansı	Sıralama Değeri	Sıralama Performansı	Sıralama Değeri	Sıralama Performansı
A1	0,386	4	2,401	5	1,332	5
A2	0,811	5	3,264	6	1,248	6
A3	0,227	3	1,524	3	1,744	3
A4	0,000	1	1,462	2	2,209	2
A5	0,095	1	0,000	1	2,215	1
A6	0,926	6	2,280	4	1,556	4

SF TOPSIS sonuçları incelendiğinde, A5'in en yüksek performans değerine (0,000) sahip olduğu ve A2'nin en düşük performansla (3,264) alt sıralarda yer aldığı görülmektedir. SF TOPSIS'in ideal ve anti-ideal çözüme uzaklık temelli yaklaşımı, alternatiflerin göreceli yakınlıklarını ölçmekte ve özellikle A5'in güçlü performansını net biçimde ortaya koymaktadır. SF ELECTRE III, kısmi sıra ve üstünlük ilişkilerini temel aldığı için A5 ve A4'ü üst sıralarda (1 ve 2), A2 ve A1'i alt sıralarda (6 ve 5) konumlandırmış; bu da yöntemin alternatifler arası göreceli üstünlükleri vurgulama yaklaşımına uygun düştüğü görülmüştür.

Genel olarak, üst ve alt sıralardaki alternatifler açısından yöntemler arası güçlü bir tutarlılık gözlenmiştir. SF VIKOR ve SF TOPSIS sonuçlarına göre A4 ve A5 alternatifleri çoğu yöntemde üst sıralarda yer alırken, A2 ve A6 alt sıralarda konumlanmıştır. Orta sıralardaki alternatifler (A3) ise yöntemler arasında sınırlı farklılıklar göstermiştir. Bu durum, sıralama varyasyonlarının kullanılan yöntemin matematiksel yapısı ve karar felsefesinden kaynaklandığı söylenebilir. Elde edilen bulgular, SF VIKOR, SF TOPSIS ve SF ELECTRE III yöntemlerinin karar problemini ayırt edici biçimde temsil ettiğini ve çalışmada kullanılan SF VIKOR yaklaşımının diğer yöntemlerle yüksek düzeyde tutarlılık sergilediğini göstermiştir.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan SF VIKOR yaklaşımı, belirsizlik ve karmaşıklık içeren çok kriterli karar ortamlarında karar vericilere güvenilir, ayırt edici ve sistematik bir karar destek mekanizması sunduğu söylenebilir. Farklı ÇKKV yöntemleri ile elde edilen sıralamalar arasındaki ilişkinin nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla, Spearman Sıra Korelasyon analizi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Yöntemler arası Spearman sıra korelasyon değerleri (ρ)

	SF VIKOR	SF TOPSIS	SF ELECTRE III
SF VIKOR	1,000		
SF TOPSIS	0,800	1,000	
SF ELECTRE III	0,800	1,000	1,000

Tablo 13'te verilen Spearman sıra korelasyon katsayıları, SF VIKOR, SF TOPSIS ve SF ELECTRE III yöntemleri arasında genel olarak yüksek ve pozitif yönlü bir ilişki bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Tabloya göre, SF VIKOR ve SF TOPSIS arasındaki korelasyon katsayısı $\rho = 0,800$ ve yine SF VIKOR ve SF ELECTRE III arasındaki korelasyon katsayısı da $\rho = 0,800$ olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, SF TOPSIS ve SF ELECTRE III arasındaki korelasyon katsayısı $\rho = 1,000$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, özellikle SF TOPSIS ve SF ELECTRE III sıralamaları arasında neredeyse tam bir tutarlılık olduğunu göstermekte, SF VIKOR ile diğer yöntemler arasındaki yüksek (0,800) korelasyon ise yöntemler arasında güçlü bir uyum bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Genel olarak elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan SF VIKOR yaklaşımının kararlı, tutarlı ve güvenilir sonuçlar ürettiğini, aynı zamanda literatürde sıkça kullanılan farklı ÇKKV yöntemleriyle yüksek düzeyde uyum sağladığını ortaya koymuştur. Bu çerçevede, önerilen yaklaşımın benzer karar problemlerinde destekleyici bir karar verme aracı olarak kullanılmasının uygun olacağı söylenebilir.

7. BULGULAR ve YORUMLAR

Bu çalışma kapsamında önerilen grup karar vermeye dayalı SF VIKOR modeli kullanılarak iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörler önceliklendirilmiş ve alternatif politikalar bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular hem kriterlerin göreceli önem düzeylerini hem de alternatiflerin uzlaşık çözüme göre performanslarını açık biçimde ortaya koymaktadır.

Elde edilen kriter ağırlıkları incelendiğinde, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin çok boyutlu bir yapı sergilediği açıkça görülmektedir. Çalışma kapsamında en yüksek önem düzeyine sahip kriterlerin sırasıyla C1 (sera gazı emisyon azaltım potansiyeli), C5 (uzun dönem ekonomik fayda) ve C10 (politika entegrasyon kapasitesi) olduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4). Bu bulgu, iklim politikalarının yalnızca çevresel kazanımlarla sınırlı kalmaması, aynı zamanda uzun vadeli ekonomik sürdürülebilirlik ve uygulanabilir politika çerçeveleri ile desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle C1 kriterinin

baskınlığı, karar vericilerin iklim değişikliğiyle mücadelede doğrudan emisyon azaltımına öncelik verdiğini ortaya koyarken; karar vericilerin iklim politikalarında kısa vadeli kazanımlar yerine uzun vadeli çevresel sürdürülebilirliği önceliklendirdiğini ortaya koymaktadır. C5'in yüksek ağırlık alması, ekonomik faydaların ve mali sürdürülebilirliğin karar süreçlerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Bununla birlikte, C10 kriterinin üst sıralarda yer alması, geliştirilen strateji ve politikaların mevcut politika yapılarıyla uyumlu ve bütünlük olmasının, etkin bir iklim eylemi için kritik bir unsur olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, iklim değişikliğiyle mücadelede çevresel, ekonomik ve sosyal-politik boyutların birlikte ele alınması gerektiğini savunan literatürle de yüksek düzeyde örtüştüğü görülmektedir (Soimu ve diğerleri, 2025; Tan, 2023).

Alternatiflerin uzlaşık çözüme göre sıralanması incelendiğinde, A4 ve A5 alternatiflerinin birinci sırayı paylaştığı görülmüştür. A4 alternatifinin üst sıralarda yer almasının temel nedeni, yüksek öneme sahip kriterlerin büyük bölümünde dengeli ve güçlü bir performans sergilemesidir (Bkz. Tablo 5). Özellikle çevresel etkiyi azaltma ve uzun vadeli etkililik açısından A4'ün sunduğu avantajlar, bu alternatifin uzlaşık çözüme oldukça yakın bir konumda yer almasını sağlamıştır. Bu durum, A4 alternatifinin farklı kriterler arasında denge kurabilen bir politika seçeneği olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde A5 alternatifi de kritik öneme sahip kriterlerde gösterdiği yüksek performans sayesinde üst sıralarda yer almıştır. A5'in öne çıkmasında, özellikle uygulanabilirlik ve etki düzeyi açısından sağladığı avantajlar belirleyici olmuştur. Bununla birlikte, bazı kriterlerde A4'e kıyasla daha sınırlı bir performans sergilemesine rağmen, genel denge yapısı A5'in uzlaşık çözüme yakın alternatiflerden biri olmasını sağlamıştır (Bkz. Tablo 5). Bu bulgu, A4 ve A5 alternatiflerinin farklı güçlü yönleri ile birlikte, bütüncül değerlendirme sonucunda benzer düzeyde tercih edilebilir çözümler sunduğunu göstermektedir.

A1 alternatifi incelendiğinde, bazı kriterlerde görece güçlü değerlere sahip olmasına rağmen, yüksek ağırlıkla değerlendirilen kritik kriterlerde beklenen performansı gösteremediği görülmüştür. Özellikle çevresel etki ve sürdürülebilirlik odaklı kriterlerdeki görece zayıf değerler, A1 alternatifinin uzlaşık çözümden uzaklaşmasına neden olmuştur. Bu durum, tekil bazı güçlü özelliklerin, genel sıralamada üst sıralara çıkmak için yeterli olmadığını ortaya koymaktadır.

A2 alternatifi, değerlendirme sürecinde çoğu kriter açısından orta düzeyde bir performans sergilemiştir. Ancak yüksek öneme sahip kriterlerde belirgin bir üstünlük sağlayamaması, bu alternatifin sıralamada orta seviyelerde yer almasına yol açmıştır. Benzer biçimde A3 alternatifi de belirli kriterlerde kabul edilebilir değerlere sahip olmakla birlikte, kriterler arası dengeyi yeterince sağlayamadığı için uzlaşık çözüme daha uzak bir konumda yer almıştır. Bu iki alternatif için elde edilen bulgular, VIKOR yönteminin yalnızca belirli kriterlerdeki yüksek performansı değil, tüm kriterler boyunca sağlanan dengeyi esas aldığını açık biçimde ortaya koymaktadır.

A6 alternatifinin tüm analiz sonuçlarında son sırada yer alması, bu alternatifin özellikle çalışmada en yüksek ağırlığa sahip olan C1 (sera gazı emisyon azaltım potansiyeli), C5 (uzun dönem ekonomik fayda) ve C10 (politika entegrasyon kapasitesi) kriterleri açısından görece zayıf bir performans sergilemesinden kaynaklandığı görülmüştür. Elde edilen bulgular, A6 alternatifinin çevresel etkileri azaltma kapasitesinin sınırlı kaldığını, uzun vadeli ekonomik kazanımlar açısından yeterince güçlü bir yapı sunmadığını ve mevcut politika çerçeveleriyle entegrasyon düzeyinin düşük olduğunu göstermiştir. Bu durum, SF VIKOR'un uzlaşık çözüm mantığı çerçevesinde A6'nın grup faydasını maksimize edemeyen ve karar verici beklentileriyle yeterince örtüşmeyen bir alternatif olarak değerlendirilmesine yol açmıştır. Ayrıca duyarlılık analizi sonuçları da A6 alternatifinin, özellikle kritik kriterlerin ağırlıkları artırıldığında Q_i değerinin daha da yükseldiğini ve bu alternatifin ağırlık değişimlerine karşı daha hassas bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla A6'nın son sırada yer alması, yalnızca tek bir kritere bağlı bir durum olmayıp, çevresel, ekonomik ve politik boyutların bütüncül olarak ele alındığı karar yapısında yapısal bir performans düşüklüğünün doğal bir sonucu olduğu söylenebilir.

Bu bulgular, çalışma kapsamında gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Kriter ağırlıkları üzerinde yapılan senaryo temelli değişiklikler incelendiğinde, özellikle üst sıralarda yer alan A4 ve A5 alternatiflerinin sıralama konumlarının büyük ölçüde korunduğu gözlemlenmiştir (Bkz. Tablo 11). Bu durum, söz konusu alternatiflerin yalnızca başlangıç ağırlıklarına bağlı olarak değil, farklı ağırlık dağılımları altında da uzlaşık çözüme yakın performans sergilediğini göstermiştir. Buna karşılık, A1 ve A3 alternatiflerinin duyarlılık senaryoları altında Q_i değerlerinde kademeli ve sınırlı değişimler gözlemlenmiş; ancak bu değişimler söz konusu alternatiflerin genel sıralama konumlarında anlamlı bir yer değişimine yol açmamıştır. Bu durum, A1 ve A3'ün orta düzey performans sergileyen ve kriter ağırlıklarındaki değişimlere karşı görece dengeli bir yapı sunduğunu göstermiştir. A2 alternatifi ise tüm senaryolarda yüksek Q_i değerlerine sahip olmaya devam etmiş ve sıralama açısından belirgin bir iyileşme göstermemiştir. Bu da A2'nin özellikle yüksek ağırlığa sahip kriterler karşısında daha hassas ve düşük uzlaşık çözüm kapasitesine sahip bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık, A4 ve A5

alternatiflerinin tüm senaryolarda en düşük Q_i değerlerine sahip olmaya devam etmesi, bu alternatiflerin kriter ağırlıklarındaki değişimlerden en az etkilenen ve en kararlı çözümler olduğunu açıkça göstermiştir. Elde edilen bu bulgular, SF VIKOR yöntemiyle ulaşılan sıralamaların rastlantısal olmadığını; aksine makul ağırlık değişimleri altında dahi tutarlılığını koruyan, sağlam ve güvenilir bir karar yapısı sunduğunu doğrulamıştır.

Genel olarak elde edilen bulgular, SF VIKOR yaklaşımının iklim değişikliğiyle mücadelede hem kriter önceliklerini hem de politika alternatiflerinin göreceli üstünlüklerini bütüncül ve dengeli bir biçimde ortaya koyabildiğini göstermektedir.

8. SONUÇ, TARTIŞMA ve ÖNERİLER

İklim değişikliğiyle mücadele, çevresel, ekonomik, teknolojik ve sosyo-politik boyutları eş zamanlı olarak dikkate almayı gerektiren, yüksek belirsizlik içeren ve çok faktörlü bir karar problemidir. Bu bağlamda geliştirilen politika ve stratejilerin etkinliği, yalnızca tek bir performans göstergesine değil; farklı kriterlerin dengeli biçimde değerlendirilmesine ve karar vericiler arasında uzlaşının sağlanmasına bağlıdır. Özellikle iklim politikalarının tasarım sürecinde uzman yargılarına dayalı değerlendirmelerin yaygın olması, klasik deterministik yaklaşımların yetersiz kalmasına ve belirsizliği doğrudan modelleyebilen ÇKKV yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışma, söz konusu gereksinimden hareketle, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik olarak grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımını benimseyerek, karmaşık karar ortamlarında daha gerçekçi, tutarlı ve uzlaşmacı sonuçlar elde etmeyi amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, iklim değişikliğiyle mücadelede hangi tür kriterlerin daha belirleyici olduğu ve bu kriterlerin politika tasarımı sürecinde nasıl ele alınması gerektiğine ilişkin önemli çıkarımlar sunmaktadır. SF VIKOR analizine göre, çevresel boyutu temsil eden sera gazı emisyon azaltım potansiyeli (C1), ekonomik boyutta uzun dönem ekonomik fayda (C5) ve sosyal-politik boyutta politika entegrasyon kapasitesi (C10) kriterlerinin en yüksek önem düzeylerine sahip olması, iklim politikalarının yalnızca kısa vadeli çevresel kazanımlarla değil; ekonomik sürdürülebilirlik ve kurumsal uyumla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgu, iklim değişikliğiyle mücadelenin tek boyutlu teknik çözümlerden ziyade, uzun vadeli ekonomik rasyonaliteyi ve çok düzeyli politika entegrasyonunu içeren bütüncül bir yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir.

Alternatiflerin uzlaşık çözüme göre sıralanması da bu çok boyutlu yapı ile tutarlı sonuçlar üretmiştir. Elektrikli ulaşım ve temiz taşıma sistemleri (A4) ile karbon yakalama ve depolama teknolojileri (A5) alternatiflerinin en üst sırada yer alması, bu politikaların yüksek emisyon azaltım potansiyeli, uzun dönemli ekonomik katkı sağlayabilme kapasitesi ve mevcut iklim politikalarıyla bütünleşme düzeylerinin güçlü olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle A4 alternatifinin hem çevresel hem de sosyal kabul düzeyi açısından dengeli bir performans sergilemesi, ulaşım sektörünün iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir kaldıraç alanı olduğunu teyit etmektedir. A5 alternatifi ise teknolojik uygulanabilirliği ve politika entegrasyon kapasitesi sayesinde, kısa vadede yüksek maliyet içermesine rağmen uzlaşık çözüm kapsamında güçlü bir konum elde etmiştir.

Buna karşılık, yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması (A1) ve karbon vergisi ile emisyon ticaret sistemleri (A3) gibi alternatiflerin orta sıralarda yer alması, bu politikaların bazı kriterlerde güçlü performans sergilerken diğer kriterlerde görece sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır. A1 alternatifi çevresel fayda ve uzun dönem ekonomik katkı açısından olumlu bir profil sunsa da, ölçeklenebilirlik ve politika entegrasyonu gibi boyutlarda göreceli belirsizlikler barındırmaktadır. Benzer şekilde A3 alternatifi, teorik olarak güçlü bir karbon azaltım aracı olmasına rağmen, toplumsal kabul ve kurumsal uyum kriterlerinde ortaya çıkan çekinceler nedeniyle uzlaşık çözüm açısından üst sıralara yükselememiştir. Bu durum, iklim politikalarında yalnızca çevresel etkinliğin değil, uygulanabilirlik ve toplumsal meşruiyetin de belirleyici olduğunu göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmanın bulguları iklim değişikliğiyle mücadelede en etkili politikaların, çevresel etkinlik, ekonomik sürdürülebilirlik ve politika entegrasyonu arasında denge kurabilen alternatifler olduğunu ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında elde edilen bulgular, Türkiye’de son yıllarda hayata geçirilen iklim politikaları ve düzenleyici çerçeve ile de önemli ölçüde örtüşmektedir. Özellikle Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı’na uyum süreci ve Türkiye’nin 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda geliştirilen politika araçları, emisyon azaltım potansiyeli yüksek sektörlerin önceliklendirilmesine odaklanmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada en üst sırada yer alan elektrikli ulaşım ve temiz taşıma sistemleri (A4) alternatifi, Türkiye’de ulaşım sektörünün karbonsuzlaştırılmasına yönelik geliştirilen elektrikli araç teşvikleri, şarj altyapısının yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir ulaşım politikaları ile uyumlu bir politika yönelimini yansıtmaktadır. Benzer şekilde, karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin (A5) uzlaşık çözüm kapsamında üst sıralarda yer alması, enerji yoğun sanayi sektörlerinde emisyonların azaltılmasına yönelik teknolojik dönüşüm ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Öte yandan Türkiye’de karbon piyasalarına ilişkin hukuki ve kurumsal altyapının geliştirilmesine yönelik önemli adımlar atılmaktadır. Özellikle emisyon ticaret sistemi kurulmasına yönelik hazırlıklar ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarına ilişkin düzenlemeler, piyasa temelli iklim politikalarının giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Bu durum, çalışmada orta sıralarda yer alan karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemi (A3) alternatifinin mevcut politika tartışmalarıyla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak model sonuçlarının da gösterdiği üzere, bu tür piyasa temelli araçların etkinliği yalnızca çevresel performansa değil; toplumsal kabul, kurumsal kapasite ve politika entegrasyonu gibi faktörlere de bağlıdır. Dolayısıyla karbon piyasalarının başarılı biçimde uygulanabilmesi için ekonomik teşviklerin yanı sıra kurumsal uyum ve paydaş katılımını güçlendiren politika çerçevelerinin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır.

Bu çerçevede değerlendirildiğinde, çalışmanın ortaya koyduğu alternatif sıralaması yalnızca teorik bir model çıktısı değil; aynı zamanda Türkiye’de giderek şekillenen iklim politikası gündemiyle de büyük ölçüde uyumlu sonuçlar sunmaktadır. Özellikle ulaşım sektörünün elektrifikasyonu, düşük karbon teknolojilerine yatırım ve piyasa temelli karbon düzenlemeleri gibi politika araçlarının birlikte değerlendirilmesi, Türkiye’nin uzun dönemli iklim stratejilerinin etkinliğini artırabilecek bütüncül bir politika yaklaşımına işaret etmektedir. Çalışmanın bulguları hem yönetsel hem de içeriksel açıdan iklim değişikliği literatürüne çok boyutlu katkılar sunmaktadır.

Akademik açıdan, grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımının iklim değişikliğiyle mücadelede etkili faktörlerin önceliklendirilmesi problemine uygulanması, belirsizlik içeren uzman yargılarının daha gerçekçi biçimde modellenmesine olanak sağlamıştır. Küresel bulanık yapının sağladığı esneklik ile VIKOR yönteminin uzlaşmacı çözüm mantığının bütünleştirilmesi, literatürde sıklıkla eleştirilen tek boyutlu veya deterministik değerlendirme yaklaşımlarına güçlü bir alternatif sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, ÇKKV yöntemlerinin iklim politikaları bağlamında kullanımına metodolojik bir derinlik kazandırmaktadır.

Politika yapıcılar açısından, elde edilen sonuçlar iklim değişikliğiyle mücadelede hangi kriterlerin stratejik öneme sahip olduğuna dair somut ve ölçülebilir bir çerçeve sunmaktadır. Özellikle sera gazı emisyon azaltım potansiyeli (C1), uzun dönem ekonomik fayda (C5) ve politika entegrasyon kapasitesi (C10) kriterlerinin ön plana çıkması, iklim politikalarının yalnızca çevresel hedeflere odaklanmak yerine, uzun vadeli ekonomik sürdürülebilirlik ve kurumsal uyum perspektifiyle ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu durum, ulusal ve yerel düzeyde geliştirilecek iklim stratejilerinde politika bütünlüğünün ve çok paydaşlı karar süreçlerinin önemini vurgulamaktadır.

Uygulama ve sektörel bakış açısından değerlendirildiğinde ise çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede hangi politika araçlarının daha yüksek katkı potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Elektrikli ulaşım ve temiz taşıma sistemleri ile karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin uzlaşık çözüm kapsamında üst sıralarda yer alması, teknoloji temelli çözümlerin çevresel etkinlik, ekonomik fizibilite ve politika uyumu açısından birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, kamu yatırımları, özel sektör stratejileri ve yeşil finansman mekanizmaları için yol gösterici nitelikte olup, kaynakların daha etkin ve öncelikli alanlara yönlendirilmesine katkı sağlayabilecek bir karar destek altyapısı sunmaktadır.

Elde edilen bulguların literatürdeki yeri ve bu çalışma ile ilişkilendirilmesi bakımından değerlendirildiğinde, ÇKKV yaklaşımlarının iklim değişikliği bağlamında çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları birlikte değerlendirmede güçlü bir araç olduğu çeşitli çalışmalarla desteklenmektedir. ÇKKV yöntemlerinin politika analizinde kullanımı, karar vericilerin çelişkili kriterler arasında dengeli tercihleri ortaya koymasına olanak tanıdığını göstermektedir. Özellikle sürdürülebilirlik kriterleriyle bütüncül bir şekilde tasarlanmış modeller, karar süreçlerine çevresel ve ekonomik performansı aynı çerçevede dahil etme becerisiyle politika yapıcılar için daha kapsayıcı bir analiz sunmaktadır (Aktas Potur ve diğerleri, 2025). Benzer biçimde, belirsiz bilgi ortamlarında bulanık ve küresel bulanık ÇKKV yaklaşımlarının kullanılması, klasik deterministik modellerin yetersiz kaldığı koşullarda karar verici değerlendirmelerinin daha esnek, gerçekçi ve uzlaşmacı biçimde modellenmesine olanak sağlamaktadır (Kanmaz, 2025). Ayrıca, sürdürülebilir kalkınma ve politika analizinde ekonomik, sosyal ve çevresel kriterlerin birlikte ele alınmasının önemi, tarım, üretim ve enerji politikaları gibi farklı politika alanlarında da benzer sonuçlarla ortaya konmuştur. Örneğin tarım politikası değerlendirmelerinde ÇKKV yöntemleri, sosyal ve ekonomik kriterlerle çevresel kriterleri bir arada değerlendirerek dengeli politika seçimleri sağladığını göstermiştir (Atlı, 2024). Bunun yanı sıra sürdürülebilir tedarik zinciri seçiminde entegre ÇKKV tekniklerinin kullanılması, ekonomik performans ile çevresel sürdürülebilirliğin birlikte değerlendirilmesini önemli bir gereklilik olarak ortaya koymuştur (Çalık, 2020). Bununla birlikte, literatürde VIKOR gibi uzlaşmacı ÇKKV yaklaşımlarının, belirsiz bilgi ortamlarında karar vericilerin tercihlerine göre uyarlanabilir olması, model performansını artırmaktadır. Özellikle sürdürülebilir düşük karbon endüstrisi için stratejik önceliklerin belirlenmesinde ÇKKV tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar, kriter ağırlıklarının belirlenmesinin karar sonucunu doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur (Shang ve diğerleri, 2021).

Bu doğrultuda, önerilen grup karar vermeye dayalı SF VIKOR yaklaşımının, farklı paydaş görüşlerini ve belirsizlikleri bütüncül biçimde dikkate alarak iklim politikalarının önceliklendirilmesinde karar vericilere yararlı bir analitik çerçeve sunduğu değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, iklim değişikliğiyle mücadelede karmaşık ve belirsizlik içeren karar problemlerinin şeffaf ve uzlaşmacı yaklaşımlar çerçevesinde ele alınabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca sonuçlar, ÇKKV yöntemlerinin iklim politikası analizlerinde etkin biçimde kullanılabileceğini ortaya koyarken, SF VIKOR yaklaşımının bu bağlamda hem teorik hem de uygulamaya yönelik literatüre literatüre katkı sağlayabilecek önemli bir araç olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın, kullanılan yöntemsel çerçeve ve veri yapısı dikkate alındığında, bazı sınırlılıkları bulunmaktadır.

- Kriter ağırlıkları, grup karar verme yaklaşımı kullanılarak uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenmiş olup, sonuçlar karar verici grubunun bilgi ve deneyim düzeyiyle sınırlıdır.
- Kullanılan kriter seti, iklim değişikliğiyle mücadelede temel çevresel, ekonomik, sosyal ve politik boyutları kapsamakla birlikte, çalışmanın kapsamı doğrultusunda belirli sayıda kriterle sınırlandırılmıştır.
- Analiz, statik bir karar ortamında gerçekleştirilmiş olup, kriter önemlerinin ve alternatif performanslarının zaman içerisindeki olası değişimleri modele dâhil edilmemiştir.
- Çalışma sonuçları, ele alınan alternatifler ve karar bağlamı ile sınırlı olup, farklı ülke, sektör veya politika bağlamlarında farklı sonuçlar ortaya çıkabilir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, gelecekte yapılacak çalışmalar için çeşitli araştırma yönleri önerilebilir.

- Farklı uzman profilleri ve daha geniş paydaş gruplarının sürece dâhil edilmesiyle modelin genellenebilirliği artırılabilir.
- Kriter seti genişletilerek teknolojik gelişmeler, bölgesel iklim riskleri veya kurumsal kapasite gibi ek boyutlar modele entegre edilebilir.
- Dinamik veya senaryo tabanlı karar verme yaklaşımları kullanılarak uzun dönemli politika etkileri analiz edilebilir.
- Önerilen SF VIKOR yaklaşımı, diğer küresel bulanık ÇKKV yöntemleri veya yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleriyle bütünleştirilebilir.
- Modelin farklı ülkeler, sektörler veya politika alanlarında uygulanmasıyla karşılaştırmalı bulgular elde edilebilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar(lar) tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author(s).

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

This study received no funding from any governmental, commercial or non-profit organisation.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Bu çalışma için Kilis 7 Aralık Üniversitesi Etik Kurulu'nun 26.01.2026 tarihli ve 27 numaralı kararı ile onay alınmıştır.

For this study, the approval of the Ethics Committee of Kilis 7 Aralık University was obtained with the decision dated 26.01.2026 and numbered 27.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abdullah, L. ve Otheman, A. (2017). "Multi-Criteria Decision Making Method Based on Interval Type-2 Fuzzy Sets for Supplier Selection", *Journal of Informatics and Mathematical Sciences*, 9(1), 45-56.
- Ahmed, F.D. ve Majid, M.A. (2019). "Towards Agent-Based Petri Net Decision Making Modelling for Cloud Service Composition: A Literature Survey", *Journal of Network and Computer Applications*, 130, 14-38. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.12.001>
- Ahmed, W., Tan, Q., Shaikh, G.M., Waqas, H., Kanasro, N.A., Ali, S. ve Solangi, Y.A. (2020). "Assessing and Prioritizing the Climate Change Policy Objectives for Sustainable Development in Pakistan", *Symmetry*, 12(8), 1203.
- Aktas Potur, E., Aktas, A. ve Kabak, M. (2025). "A Bibliometric Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Techniques in Disaster Management and Transportation in Emergencies: Towards Sustainable Solutions", *Sustainability*, 17(6), 2644. <https://doi.org/10.3390/su17062644>
- Akusta, E. ve Cergibozan, R. (2025). "Assessment and Prioritization of Renewable Energy Alternatives to Achieve Sustainable Development Goals in Türkiye: Based on Fuzzy AHP Approach", *arXiv Preprint arXiv:2512.05444*. <https://doi.org/10.58559/ijes.1494256>
- Alpdoğan, H. (2023). "OECD Ülkelerinde Sürdürülebilir Kalkınma Politikalarının ARAS Metodu ile Performans Analizi", *Business & Management Studies: An International Journal*, 11(3), 1079-1103. <https://doi.org/10.15295/bmij.v11i3.2285>
- Altan, A.D. ve Sağbaş, A. (2020). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu", *Verimlilik Dergisi*, (1), 7-26.
- Atlı, H.F. (2024). "Sürdürülebilir Tarımsal Pazarlama İçin Tarım Politikasına Etki Eden Kriterlerin Değerlendirilmesinde BWM Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Uygulaması", *Electronic Journal of Social Sciences*, 23(92). <https://doi.org/10.17755/esosder.1499384>
- Avrupa Çevre Ajansı (EEA). (2024). "Climate Change Impacts and Adaptation in Europe", *European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-impacts-and-adaptation>, (Erişim Tarihi: 29.01.2026).
- Awad, M., Abouhawwash, M. ve Agiza, H.N. (2024). "Assessment and Ranking Ecological and Water Resources of Climate Change Under Fuzzy Decision Making Model", *Climate Change Reports*, 1, 70-78. <https://doi.org/10.61356/j.ccr.2024.1221>
- Bashir, M.F. ve Jamaani, F. (2025). "Revisiting the Relationship Between Climate Change, Renewable Energy Investments, Climate Mitigation Technologies and Environmental Fiscal Policies: A Comprehensive Analysis Using Structural Learning-Based Bayesian Neural Network", *Energy Strategy Reviews*, 60, 101811. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101811>
- Büyüközkan, G. ve Çifçi, G. (2012). "A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS to Evaluate Green Suppliers", *Expert Systems With Applications*, 39(3), 3000-3011. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.162>
- Büyüközkan, G. ve Güleriyüz, S. (2016). "Lojistik Firma Web Sitelerinin Performanslarının Çok Kriterli Değerlendirilmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(4). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.278444>
- Büyüközkan, G., Göçer, F. ve Feyzioğlu, O. (2018). "Cloud Computing Technology Selection Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy MCDM Methods", *Soft Computing-A Fusion of Foundations, Methodologies & Applications*, 22(15).
- Çalık, A. (2020). "A Comparative Perspective in Sustainable Supplier Selection by Integrated MCDM Techniques", *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(2), 835-852.
- Demir, G. ve Arslan, R. (2022). "Sensitivity Analysis in Multi-Criterion Decision-Making Problems", *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 1025-1056. <https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.1103531>
- Doukas, H., & Nikas, A. (2020). Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*, 280(1), 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.017>
- Dymova, L., Kaczmarek, K., Sevastjanov, P. ve Kulawik, J. (2021). "A Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Approach With a Complete User Friendly Computer Implementation", *Entropy*, 23(2), 203. <https://doi.org/10.3390/e23020203>
- Edjossan-Sossou, A.M., Galvez, D., Deck, O., Al Heib, M., Verdel, T., Dupont, L. ve Morel, L. (2020). "Sustainable Risk Management Strategy Selection Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 101474. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101474>

- Ekmekcioğlu, Ö., Koc, K., Dabanlı, I. ve Deniz, A. (2022). "Prioritizing Urban Water Scarcity Mitigation Strategies Based on Hybrid Multi-Criteria Decision Approach Under Fuzzy Environment", *Sustainable Cities and Society*, 87, 104195.
- Ersoy, N. ve Keleş, N. (2023). "Analyzing Climate Change Performance Over the Last Five Years of G20 Countries Using a Multi-Criteria Decision-Making Framework", *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 24(2), 13-34. <https://doi.org/10.24889/ife.1284974>
- Fullbrook, L. ve Vince, J. (2026). Policy fit: lessons from ocean governance in Australia. *Policy Sciences*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11077-026-09602-2>
- Gündoğdu, H.G. ve Aytekin, A. (2022). "İklim Değişikliği, Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar Bağlamında Çok Kriterli Bir Değerlendirme", *İnsan ve İnsan*, 9(33), 33-52. <https://doi.org/10.29224/insanveinsan.1104121>
- IPCC. (2019). "Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems", *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/srccl/>, (Erişim Tarihi:26.01.2026)
- Irawan, A.P. ve Surendro, K. (2024). "Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods in Determining REDD+ Project Location", *International Journal of Social Service and Research*, 4(8). <https://doi.org/10.46799/ijssr.v4i8.879>
- Jahangir, J. ve Aman-Ullah, A. (2024). "Climate Change Mitigation via Green Investment and Energy Consumption: The Mediating Role of Energy Efficiency", *International Journal of Business and Technopreneurship (IJBT)*, 14(1), 79-94. <https://doi.org/10.58915/ijbt.v14i1.310>
- Kahraman, C., Onar, S.C. ve Oztaysi, B. (2015). "Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(4), 637-666. <https://doi.org/10.1080/18756891.2015.1046325>
- Kahraman, C., Öztaysi, B., Uçal Sarı, İ. ve Turanoğlu, E. (2014). "Fuzzy Analytic Hierarchy Process with Interval Type-2 Fuzzy Sets", *Knowledge-Based Systems*, 59, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.01.006>
- Kanmaz, A. K. (2025). "Küresel Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Kim, J.Y., Park, C.Y., Huh, J.Y., Hyun, J.H. ve Lee, D.K. (2023). "Prioritizing Climate Change Adaptation Options: Application of Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) With Stakeholder Participation in Water Resources Management", *Journal of Climate Change Research*, 14(3), 219–239. <https://doi.org/10.15531/KSCCR.2023.14.3.219>
- Köçer, M.S. (2025). "İklim Değişikliği Risk Algısını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Sistematik Bir Literatür Taraması ve Çıkarımlar", *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (19), 42-56. <https://doi.org/10.21733/ibad.1645431>
- Kutlu Gündoğdu, F. ve Kahraman, C. (2019a). "Spherical Fuzzy Sets and Spherical Fuzzy TOPSIS Method", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36(1), 337-352. <https://doi.org/10.3233/JIFS-181401>
- Kutlu Gündoğdu, F. ve Kahraman, C. (2019b). "A Novel VIKOR Method Using Spherical Fuzzy Sets and Its Application to Warehouse Site Selection", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1), 1197-1211. <https://doi.org/10.3233/JIFS-182651>
- Leiserowitz, A., Maibach, E., Roser-Renouf, C., Rosenthal, S., Cutler, M. ve Kotcher, J. (2024). "Climate Change in the Indonesian Mind", *Yale Program on Climate Change Communication*.
- Lu, C. ve Wang, K. (2023). "Natural Resource Conservation Outpaces and Climate Change: Roles of Reforestation, Mineral Extraction, and Natural Resources Depletion", *Resources Policy*, 86, 104159. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104159>
- Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S.K. ve Garg, C.P. (2017). "An Integrated Framework for Sustainable Supplier Selection and Evaluation in Supply Chains", *Journal of Cleaner Production*, 140, 1686-1698. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.078>
- Mianabadi, H. ve Afshar, A. (2008). "A New Method to Evaluate Weights of Decision Makers and Its Application in Water Resource Management", *Proceedings of the 13th IWRA World Water Congress*, 1-10. <https://doi.org/10.13140/2.1.3416.7367>
- Nordhaus, W.D. (2017). "Revisiting the Social Cost of Carbon", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518-1523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H. (2004). "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2007). "Extended VIKOR Method in Comparison With Outranking Methods", *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020>

- Özdemir, S. ve Elmacioğlu, N. (2025). "Türkiye'nin Çevresel Dirençliliğinin Değerlendirilmesi: İklim Adaptasyonu ve Sürdürülebilirlik Üzerine Çok Kriterli Analiz", *Verimlilik Dergisi*, 59(2), 417-432. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1572483>
- Öztürk, M. (2025). "A Hybrid Approach for Battery Selection Based on Green Criteria in Electric Vehicles: DEMATEL-QFD-Interval Type-2 Fuzzy VIKOR", *Sustainability*, 17(14), 6277. <https://doi.org/10.3390/su17146277>
- Öztürk, M. (2026a). "Efficiency Analysis of Agricultural Irrigation Systems Using the Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Approach", *Verimlilik Dergisi*, 60(1), 39-60. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1716178>
- Öztürk, M. (2026b). "Equipment Supplier Selection for Sustainable Hydrogen Production: A Group Decision-Making Supported Spherical Fuzzy TOPSIS Approach", *Sustainability*, 18(4), Article 1737. <https://doi.org/10.3390/su18041737>
- Öztürk, M. (2026). Yeşil hidrojen tedarik zinciri lojistik merkezi seçimi: Yeni bir aralık Tip-2 bulanık BWM-RANCOM-ELECTRE III hibrit yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 41(1), 445-462. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1774149>
- Pérez-Pérez, J.F., Gómez, P.I., Bonet, I., Sánchez-Pinzón, M.S., Caraffini, F. ve Lochmuller, C. (2024). "Assessing Climate Transition Risks in the Colombian Processed Food Sector: A Fuzzy Logic and Multicriteria Decision-Making Approach", *arXiv Preprint arXiv:2404.16055*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.16055>
- Psistaki, K., Tsantopoulos, G. ve Paschalidou, A.K. (2024). "An Overview of the Role of Forests in Climate Change Mitigation", *Sustainability*, 16(14), 6089. <https://doi.org/10.3390/su16146089>
- Qiu, Y.J., Bouraima, M.B., Badi, I., Stević, Ž. ve Simic, V. (2024). "A Decision-Making Model for Prioritizing Low-Carbon Policies in Climate Change Mitigation", *Challenges in Sustainability*, 12(1), 1–17. <https://doi.org/10.56578/cis120101>
- Rachman, A.P., Ichwania, C., Mangkuto, R.A., Pradipta, J., Koerniawan, M.D. ve Sarwono, J. (2024). "Comparison of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Selection of Optimum Passive Design Strategy", *Energy and Buildings*, 314, 114285. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114285>
- Rasool, M.H. ve Hashmi, S.A.M. (2025). "Carbon Capture and Storage: An Evidence-Based Review of Its Limitations and Missed Promises", *Petroleum Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2025.09.005>
- Ščasný, M., Zvěřinová, I., Czajkowski, M., Kyselá, E. ve Zagórska, K. (2017). "Public Acceptability of Climate Change Mitigation Policies: A Discrete Choice Experiment", *Climate Policy*, 17(sup1), S111-S130. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1248888>
- Shang, H., Su, F., Yüksel, S. ve Dinçer, H. (2021). "Identifying the Strategic Priorities of the Technical Factors for the Sustainable Low Carbon Industry Based on Macroeconomic Conditions", *Sage Open*, 11(2), 21582440211016345. <https://doi.org/10.1177/21582440211016345>
- Soam, S.K., N., S.R., B.S., Y., Balasani, R., S.R, Marwaha S., Kumar, P. ve Agrawal, R.C. (2023). "AHP Analyser: A Decision-Making Tool for Prioritizing Climate Change Mitigation Options and Forest Management", *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1099996. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1099996>
- Soimu, O., Borges, C.E., Ferrón, L.M. ve Mugarra, A. (2025). "Towards Holistic Environmental Policy Assessment. Multi-Criteria Frameworks and Recommendations for Modelers", *npj Climate Action*, 4(1), 77. <https://doi.org/10.1038/s44168-025-00274-x>
- Tan, E.E. (2023). "İklim Değişikliği ve Sosyal Politika: Adil Bir Gelecek İçin Yol Haritası", *Ulusa: Uluslararası Çalışmalar Dergisi*, 7(2), 114-122.
- Teng, M., Zhang, F., Gong, Z., & Park, J. H. (2025). Evaluating climate adaptation strategies for coastal resilience using multi-criteria decision-making framework. *Marine Pollution Bulletin*, 217, 118060. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118060>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). "Türkiye'nin İklim Değişikliği Yedinci Ulusal Bildirimi", *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*. <https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/ikibes-ulusal-bildirimi.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.01.2026)
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). "İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030)", *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, <https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klm%20De%20%9Fi%20%9Fi%20Azalt%20%9Fi%20%9Fi%20%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20%282024-2030%29.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.01.2026)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı", *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/T%C3%BCrkiyeninEnerjiVerimlili%C4%9Fi2030StratejisiVeIIUlusalEnerjiVerimlili%C4%9FiEylemPlan%C4%B1_202401161407.pdf, (Erişim Tarihi: 22.01.2026)
- UNFCCC. (United Nations Framework Convention on Climate Change). (1992/2014). "Action for Climate Empowerment (ACE) Framework", *UNFCCC*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/action-for-climate-empowerment>, (Erişim Tarihi: 22.01.2026)

- Vural, D. (2026). "Evaluation of Carbon Footprint Reduction Strategies in Sustainable Tourism: A Multi-Criteria Decision-Making Approach", *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, 9(1), 23-35. <https://doi.org/10.53353/atrss.1657114>
- Wang, J.J., Jing, Y.Y., Zhang, C.F. ve Zhao, J.H. (2016). "Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- Xu, L. ve Yang, J. (2024). "Carbon Pricing Policies and Renewable Energy Development: Analysis Based on Cross-Country Panel Data", *Journal of Environmental Management*, 366, 121784. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121784>
- Yengil Bülbül, B. ve Baydar, M.B. (2025). "Decarbonizing Transportation: Cross-Country Evidence on Electric Vehicle Sales and Carbon Dioxide Emissions", *World Electric Vehicle Journal*, 16(12), 660. <https://doi.org/10.3390/wevj16120660>
- Yüksel, S., Dinçer, H. ve Eti, S. (2025). "A Machine Learning–Based Multi-Criteria Decision-Making Model for Prioritizing Climate Change Policy Strategies Under Spherical Fuzzy Environment", *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 14(6), 337–344. <https://doi.org/10.14419/s2d6w261>
- Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zahid, K. ve Akram, M. (2023). "Multi-Criteria Group Decision-Making for Energy Production From Municipal Solid Waste in Iran Based on Spherical Fuzzy Sets", *Granular Computing*, 8(6), 1299-1323. <https://doi.org/10.1007/s41066-023-00419-5>
- Zimmermann, H.J. (2011). "Fuzzy Set Theory—and Its Applications" (4th ed.), Springer Science & Business Media.

EK

Tablo A1. Küresel bulanık dilsel değerlendirme ölçeği

<i>Dilsel Terim</i>	<i>Küresel Bulanık Sayı Değeri (μ, ν, π)</i>
Çok Düşük (ÇD)	(0.10, 0.90, 0.30)
Düşük (D)	(0.30, 0.70, 0.30)
Orta-Düşük (OD)	(0.40, 0.55, 0.35)
Orta (O)	(0.50, 0.50, 0.30)
Orta-Yüksek (OY)	(0.60, 0.35, 0.30)
Yüksek (Y)	(0.70, 0.25, 0.25)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.85, 0.10, 0.25)

Tablo A2. Uzmanlara göre kriterlerin önem düzeyleri

<i>Kriterler</i>	<i>Uzman 1</i>	<i>Uzman 2</i>	<i>Uzman 3</i>	<i>Uzman 4</i>
C1	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C2	Y (0.70, 0.25, 0.25)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)
C3	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)
C4	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C5	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C6	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C7	O (0.50, 0.50, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C8	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)
C9	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)
C10	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
<i>Kriterler</i>	<i>Uzman 5</i>	<i>Uzman 6</i>	<i>Uzman 7</i>	<i>Uzman 8</i>
C1	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	Y (0.70, 0.25, 0.25)
C3	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C5	Y (0.70, 0.25, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)
C6	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C7	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
C8	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C9	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
C10	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)

Tablo A3. Uzmanlara göre alternatif-kriter çiftlerinin önem düzeyleri

<i>Uzman 1'e Göre</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
A1	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A2	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A5	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A6	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
<i>Uzman 2'e Göre</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
A1	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A2	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A5	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A6	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
<i>Uzman 3'e Göre</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
A1	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A5	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A6	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)

Tablo A3. (Devamı)

Uzman 4'e Göre	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A5	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A6	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
Uzman 5'e Göre	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A5	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	Y (0.70, 0.25, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A6	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
Uzman 6'ya Göre	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)
A5	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A6	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)

Tablo A3. (Devamı)

Uzman 7'ye Göre													
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
A1	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A3	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A4	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A5	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)
A6	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)
Uzman 8'e Göre													
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
A1	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A2	OY (0.60, 0.35, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)
A3	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A4	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)
A5	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	ÇD (0.10, 0.90, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)
A6	OY (0.60, 0.35, 0.30)	D (0.30, 0.70, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	OY (0.60, 0.35, 0.30)	OD (0.40, 0.55, 0.35)	D (0.30, 0.70, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	ÇY (0.85, 0.10, 0.25)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)	O (0.50, 0.50, 0.30)

