

KEMIRA-M YÖNTEMİ İLE KİŞİSEL KULLANICILAR İÇİN DRON SEÇİMİ: BİR UYGULAMANuray ARSLAN¹, Elif KILIÇ DELİCE^{2*}¹Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Erzurum
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0003-4605-6782>²Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Erzurum
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-3051-0496>

Anahtar Kelimeler	Öz
Dron Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, KEMIRA-M	<i>Dronlar; profesyonel olarak tasarlanmış kameraların dahi çekemediği fotoğraf ve video görüntülerini çekebilme özelliğine sahip uzaktan kontrol edilebilen pilotsuz hava araçlarıdır. Askeri uygulamalar, fotoğrafçılık, ölçüm, haritalama, güvenlik – arama kurtarma, bilim ve araştırma, tarım, inşaat, gazetecilik ve gösteri dünyası, spor, seyahat, pazarlama gibi birçok alanda kullanılan dronların kullanım alanlarına göre farklı özellikleri bulunmaktadır. Bununla birlikte kullanım amacına uygun dron seçimi birbiriyle çelişen birden fazla kriteri içinde barındıran bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Bu çalışmada, dron seçimi yapabilmek için ÇKKV tekniklerinden birisi olan Kemeny Median Indicator Rank Accordance-Modified (KEMIRA-M) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 6 farklı dron alternatifi ele alınmış ve bu alternatifler kamera, kontrol mesafesi, uçuş süresi, ağırlık, fiyat, estetik, kullanılabilirlik olmak üzere 7 farklı iç ve dış kriterlere göre 5 karar verici tarafından değerlendirilmiştir. İç kriterler içerisinde en önemli kriter; kamera kriteri olarak belirlenirken, dış kriterler içinde en önemli kriter kullanılabilirlik kriteri olarak tanımlanmıştır. R₁ alternatifi ise en uygun dron alternatifi olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın, KEMIRA-M yöntemi ile farklı teknolojik cihazların seçilmesi için fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.</i>

**DRONE SELECTION FOR PERSONAL USERS WITH THE KEMIRA-M METHOD:
AN APPLICATION**

Keywords	Abstract		
Drone Selection, Multi Criteria Decision Making, KEMIRA-M	<i>Drone on; remotely controlled pilots with the ability to take photos and video images that even professionally designed cameras cannot take. Drones used in many areas such as military applications, photography, measurement, mapping, security - search and rescue, science and research, agriculture, construction, journalism and show business, sports, travel, marketing have different features according to the area they are used. However, the choice of the appropriate drone is a Multiple Criteria Decision Making (MCDM) problem that contains more than one conflicting criteria. In this study, Kemeny Median Indicator Rank Accordance-Modified (KEMIRA-M) method, which is one of the MCDM techniques, was used to select the drone. Within the scope of the study, 6 different alternatives were handled and 5 decision makers according to 7 different internal and external criteria such as camera, control distance, flight time, weight, price, aesthetics, and usability evaluated these alternatives. While the most important criterion among the internal criteria is the camera criterion, the most important criterion among the external criteria is determined as the usability criterion. The R₁ alternative has emerged as the most suitable drone alternative. This study will be thought to be useful in the selection of different technological devices with the KEMIRA-M method.</i>		
Araştırma Makalesi	Research Article		
Başvuru Tarihi	: 19.03.2020	Submission Date	: 19.03.2020
Kabul Tarihi	: 30.05.2020	Accepted Date	: 30.05.2020

*Sorumlu yazar; e-posta : elif.kdelice@atauni.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte gün geçtikçe kullanımı artan dronlar; uzaktan kontrol edilen, askeri, iş ve hobi amaçlı kullanılan, görüntü kaydedebilen robotik sisteme sahip insansız hava araçlarıdır. Dronlar; ilk olarak askeri alanda insanlar tarafından yapılamayan tehlikeli ve zor görevlerde kullanılmıştır. Amerikan iç savaşı sırasında dronlar kullanılarak tehlikeli bölgelerde, ordu için görüntüler kayıt edilmiş ve bilgi toplanmıştır (Ntalakas, Dimoulas, Kalliris ve Veglis, 2017). İkinci Dünya Savaşı'nda, Japonlar bomba taşıyan dronları kullanırken, Amerika'lılar Vietnam Savaşı'nda dronların askeri faydalarından yararlanmıştır. İsrail Savunma Kuvvetleri ise; dronları 1970-1980 yıllarında güvenlik amaçlı kullanmaya başlamışlardır (Bone ve Bolkcom, 2003; Garamone, 2002; Longino, 1994).

İlk olarak, askeri alanda kullanılan dronlar; ilerleyen zamanlarda bireysel ve ticari amaçla reklamcılık sektöründen taşımacılık sektörüne kadar birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde dronlar reklamcılık ve moda sektöründe ürün ve kıyafet tanıtımlarında, yangın söndürmenin zor ve tehlikeli olduğu alanlarda havadan destek amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca dronlardan üzerlerine yerleştirilen özel sensörlerden arama kurtarma çalışmalarında hem görüntü sağlamak hem de bir yaşam belirtisi olup olmadığını tespit etmede; tarım sektöründe hasat zamanlarını takip ve kontrol etmede ve atmosferik keşiflerde yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra, gelişen teknoloji ile birlikte kullanımı artan dronlar, alışveriş sisteminde önemli bir rekabet ortamı oluşturmaktadır. DHL, Google, UPS vb. gibi birçok şirket tarafından, çevrimiçi alışveriş sistemlerinin başarılarının yanı sıra dronlar tanıtılmış ve duyurulmuştur (Davidson 2013; Heutger ve Kückelhaus 2014; Koiwanit, 2018; Stolaroff; 2014).

Dron'lar uzaktan kumandalar ve yazılımlar kullanılarak kumanda edilebilmektedirler. Ayrıca dronlar kullanım amaçlarına göre özel teknik tasarımlarla farklılaştırılmış ve gün geçtikçe daha kullanıcı dostu ürünler haline gelmişlerdir. Kullanım alanları göz önünde bulundurulduğunda dronların gündelik ve çalışma hayatını olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Aynı zamanda başka cihazlar veya teknikler kullanıldığında yüksek maliyetli olan bazı işlemler dronlar sayesinde daha düşük maliyetlerle halledilebilmektedir. Bununla birlikte; dronlar

yaygın olarak insan desteğiyle çalışmakta olup ek iş gücüne ve bazı durumlarda maliyet artışına sebep olmaktadır. Hatalı kullanım sonucu ise; dronlar hasar görebilmektedir (Gökçe ve Çetin, 2019).

Günümüzde dron kullanımının artmasıyla birlikte, farklı özelliklere sahip dronlar üretilmektedir. Bununla birlikte; bireysel kullanıcılara kendi bütçelerine uygun olarak farklı özelliklerde dron alternatifleri sunulmaktadır. Ancak, mevcut alternatifler arasından en iyi dron alternatifinin seçilebilmesi için kamera, kontrol mesafesi, uçuş süresi, estetik vb. gibi birçok birbiri ile çelişen kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle; dron seçiminde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinin kullanılması doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu çalışmada; en iyi dron alternatifini seçmek için yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden biri olan ve Krylovas, Zavadskas ve Kosareva, (2016a) tarafından geliştirilen Modified KEmeny Median Indicator Rank Accordance (KEMIRA-M) yöntemi kullanılmıştır. KEMIRA-M yöntemi, hem kriter ağırlıklarının belirlenmesinde hem de alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntem, uzmanlar arasında kriterlerin önemi konusunda fikir birliği zorunlu olmadığı veya farklı yapıdaki kriterlerin bulunduğu ÇKKV problemlerinde kullanılmaktadır. KEMIRA-M kullanılarak karar verme, değerlendirme ve seçim süreci, kendi aralarında kıyaslanamayan ve birleştirilemeyen birçok önemli kriter dikkate alınarak daha verimli ve etkin hale getirilmektedir (Kosareva Zavadskas, Krylovas ve Dadelo 2016).

KEMIRA-M yöntemi; kriterlerin kendi içinde birkaç kriter grubuna ayrıldığı durumlarda kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve bu ağırlıkların kullanılarak alternatif seçimi yapılması için önerilen bir yöntemdir. Bu yöntemin ilk aşamasında; uzmanlar tarafından kriterlerin önem sırası belirlenmektedir. Kriter sıralaması her grup için ayrı ayı yapılır, çünkü uzmanlar az sayıdaki kriteri daha kolay sıralarlar (Krylovas ve diğ., 2016a). Bununla birlikte; KEMIRA-M'de kriterler yapısal benzerliklerine göre gruplara ayrıldığından kriter sayısı artsa bile çözüm prosedürü etkin bir şekilde çalışmaktadır. KEMIRA-M yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla çok daha az başlangıç bilgisi gerektirir. Yöntem, karar verme matrisi ve kriterler ile ilgili uzmanlardan bilgi toplamanın oldukça zor olduğu veya pahalı olduğu alanlardaki uygulamalar için kullanılır. Sadece birkaç uzman tarafından belirlenen kriter sıralamaları ile bu yöntemin uygulanması için yeterlidir (Krylovas ve diğ., 2016a).

KEMIRA-M yöntemi gün geçtikçe farklı alanlarda yer alan problemlerin çözümü için kullanılmaktadır.

Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak; KEMIRA-M yöntemi ilk defa bu çalışmada Dron seçimi için kullanılmıştır. Bu yöntemde, sadece uzmanların görüşleri değil; aynı zamanda kriterlerin nicel ve nitel değerleri de dikkate alınarak alternatif seçimi yapılmaktadır. Ayrıca KEMIRA-M yönteminde az sayıda veri ve farklı kriter grupları dikkate alınarak alternatif seçimi yapılabilmektedir. Dron'lar ile ilgili veri toplamanın zorluğu, farklı kriter gruplarının olması, nicel ve nitel değerlere sahip kriterlerin olması nedeniyle bu çalışmada KEMIRA-M yöntemi kullanılmıştır. Bununla birlikte; literatürde ÇKKV yöntemleri ile kişisel kullanıcılar için Dron seçiminin yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönleri ile çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın ikinci kısmında bilimsel yazın taraması verilmiş, üçüncü kısmında KEMIRA-M yönteminden, dördüncü kısımda dron seçimi uygulamasından bahsedilmiş, son olarak sonuç kısmına yer verilmiştir. Bu çalışma; Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatür taramasında, dronların kullanım alanları ve KEMIRA-M ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Son yıllarda dronlar, birbirinden farklı görev ve hizmetlerde kullanılmaktadır. Dronlar başlangıçta askeri operasyonlarda ortaya çıkan tehlikeler ve riskler nedeniyle insanların kullandığı uçakların yerini almaları için tasarlanmıştır. 2012-13'ten sonra, ordudaki uygulamaların yanı sıra, insansız hava araçları ticari olarak da giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Luppacini ve So, 2016). Askeri operasyonların yanı sıra, dronların geniş uygulama alanlarından biri de, loistik alanındadır (Agatz, Bouman, ve Schmidt, 2018; Bamburly, 2015; Dorling, Heinrichs ve Messier, 2016; Murray ve Chu, 2015; Raj ve Sah, 2019; Yurek ve Özmütlu, 2018). Dronların diğer kullanıldığı alanlar ise: elektrik hatları, petrol ve gaz borularının hava denetimi, arama kurtarma operasyonları gibi hava denetimi ve

izleme görevleri (Silvagni, Tonoli, Zenerino ve Chiaberge, 2017); sivil ve inşaat uygulamaları (Ham, Han, Lin ve Golparvar-Fard, 2016; Mohamedve diğ., 2020); sağlık alanı (Kim, Lim, Cho ve Côté, 2017); tarım sektörü (Malveaux, Hall ve Price, 2014); kamu güvenliği ve emniyeti (He, Chan ve Guizani, 2017); madencilik (Lee ve Choi, 2016; Yücel ve Yücel 2017); görüntüleme ve insani yardım operasyonları (Sandvik ve Lohne, 2014); kablosuz sensör ağları (Ho, Grøtli, Sujit, Johansen ve Sousa, 2015); habercilik (Budak, 2019) alanlarıdır.

Dron'larla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, bu konuda genellikle matematiksel programlama yöntemleri ile sezgisellerin kullanıldığı görülmektedir. Bu kapsamda; dronların sivil uygulamalarda optimizasyon teknikleri ile kullanılması ile ilgili olarak; Otto, Agatz, Campbell, Golden ve Pesch (2018) tarafından yapılan literatür araştırması incelenebilir. Literatür incelendiğinde; dron ile ilgili ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çok az çalışma olduğu görülmüştür. Bununla birlikte; Raj ve Sah (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Gri tabanlı The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemi loistik alanında dronların neden tercih edildiklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu çalışmada ise, literatürden farklı olarak; KEMIRA-M yöntemi ile kişisel kullanıcılar için dron seçimi yapılmıştır.

İlk olarak literatürde; Krylovas, Zavadskas, Kosareva ve Dadelo, (2014) tarafından Kemeny Median Indicator Rank Accordance (KEMIRA) yöntemi kriter önceliklerinin ve alternatif sıralarının belirlenmesi için önerilmiştir. Bu çalışmada, KEMIRA yöntemi güvenlik personeli seçimi için kullanılmıştır. Daha sonra; Krylovas ve diğ. (2016a) 7 alternatif ve 7 kriterden oluşan ve 5 uzman görüşüne yer verilen, Vilnius şehrinde tehlikeli olmayan atık yakma tesisi yer seçimi problemini çözmek için KEMIRA-M yöntemini önermişlerdir. KEMIRA ve KEMIRA-M yöntemleri, gün geçtikçe daha fazla çalışmada kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1
Literatür Taraması

Yazarlar	Uygulama alanı/Problem Türü	Çalışmanın Katkısı	Metodoloji
Krylovas ve Kosareva (2015)	Atık geri dönüşüm tesisi yer seçimi	Üç yöntemin birlikte kullanılması	KEMIRA, Bulanık-ARAS, Bulanık-AHP
Kosareva ve diğ., (2016),.	Güvenlik personeli seçimi	118 personelin değerlendirilmesi	KEMIRA
Krylovas, Kosareva ve Zavadskas (2016b),	Oylama teorisindeki yaklaşımların KEMIRA tipi yaklaşımlarla karşılaştırılması	Oylama teorisi ile ilk defa karşılaştırma yapılması	KEMIRA tipi yöntemler, Monte Carlo simülasyonu
Krylovas, Dadelo, Kosareva ve Zavadskas (2017),	İnsan kaynakları seçimi	3 kriter grubunun dikkate alınması	Entropy-KEMIRA
Sarıçalı ve Kundakçı (2017)	Forklift seçimi	Bu alanda ilk defa KEMIRA-M ile seçim yapılması	KEMIRA-M yöntemi
Toktaş ve Can (2018),	Şantiyelerde risk değerlendirme	Risk türleri açısından kriterlerin yaratabilecekleri etkiler dikkate alınması	KEMIRA-M, Kalite Fonksiyon Yayılımı
Sarıçalı G. (2018)	Mermer kesme makinesinin seçimi	İki yöntemin birlikte ilk defa kullanılması	KEMIRA-M, COPRAS
Kış, Can ve Toktaş (2020)	Depo yeri seçimi	Bu alanda ilk defa KEMIRA-M ile seçim yapılması	KEMIRA-M
Toktaş ve Can, (2019)	Alışveriş merkezi seçimi	AHP yöntemi ile ağırlıklandırılma süreci kesikli düzgün dağılımdan faydalanılarak gerçekleştirilmiştir.	Stokastik KEMIRA-M, AHP
Arslan, (2020)	Acil servislerde risk değerlendirmesi	Üç yöntemin birlikte ilk defa kullanılması Risk kriter grupları için öncelikli olarak alınması gereken alternatif önlemlerin ayrı ayrı belirlenmesi	HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi

KEMIRA yöntemine göre daha az karmaşık olan ve daha kolay hesaplamalar içeren KEMIRA-M yöntemi, mutlak farkı dikkate alırken; KEMIRA yöntemi ağırlıklı ortalamalar arasındaki farkın karesini alternatiflerin sıralanmasında göz önünde bulundurmaktadır. Ayrıca KEMIRA-M'de tüm alternatifler için farkların toplamları dikkate alınırken, KEMIRA yönteminde toplam en iyi alternatif için hesaplanmaktadır. KEMIRA-M yöntemiyle problem çözme süreci, diğer ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırıldığında zor olmamakla birlikte hesaplamaların orijinal KEMIRA yöntemine kıyasla yapılması daha kolaydır.

KEMIRA-M yöntemi; ikili karşılaştırmalar ve matris işlemlerinin daha kolay yapılarak kısa zamanda ve kolay bir şekilde problemin çözülmesi için kriterleri kendi içerisinde genellikle iç ve dış kriterler olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Çözüm sürecinde, hem karar verici (KV)'lerin görüşleri hem de alternatiflerin kriterlere göre aldığı nitel ve nicel değerler dikkate alınmaktadır. Ayrıca, KV'ler birçok ÇKKV yönteminde olduğu gibi, kriter ağırlığını belirlerken bir ölçek kullanmak yerine öncelik sıralarını belirlemekte ve nihai kriter sıralamaları, KV'lerin farklı önceliklerinin bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir. Kriterlerin birleşik önceliği, KV'ler arasındaki en küçük fark dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu sıraya göre, KV'ler kriterlere ağırlıklar toplamı 1 olacak şekilde farklı ağırlıklar atayabilmekte ve bu farklı ağırlıklara bağlı olarak farklı alternatif sıralamalar ortaya çıkarmaktadır. (Kış ve diğ., 2020). Bununla birlikte, KV'lerin kriterlere istedikleri ağırlık değerlerini atayabilmeleri ve buna bağlı olarak kriter ağırlıklarının subjektif bir şekilde belirlenmesi,

$$[D_X : D_Y] = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_j^{(1)} & \dots & x_m^{(1)} & : & y_1^{(1)} & \dots & y_{j'}^{(1)} & \dots & y_n^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & : & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{(i)} & \dots & x_j^{(i)} & \dots & x_m^{(i)} & : & y_1^{(i)} & \dots & y_{j'}^{(i)} & \dots & y_n^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & : & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{(K)} & \dots & x_j^{(K)} & \dots & x_m^{(K)} & : & y_1^{(K)} & \dots & y_{j'}^{(K)} & \dots & y_n^{(K)} \end{bmatrix}$$

Burada;

$x_j^{(i)}$; i . alternatfin j . ($j=1, \dots, m$) iç kriter için aldığı değeri,

$y_{j'}^{(i)}$; i . alternatfin j' ($j'=1, \dots, n$) dış kriter için aldığı değeri göstermektedir.

KEMIRA-M'in en büyük dezavantajıdır (Toktaş ve Can, 2018).

3. KEMIRA-M Yöntemi

KEMIRA-M yöntemiyle problem çözümünün ilk aşamasında, KV'lerin değerlendirmeleri ile kriterlerin önceliği Kemeny Medyan (Kemeny Median) yöntemi ile belirlemektedir. İkinci aşamada, kriter ağırlıkları Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Üçüncü aşamada, her bir alternatif için amaç fonksiyon değeri hesaplanmakta ve alternatifler bu fonksiyon değerlerine göre sıralanmaktadır. KEMIRA-M yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Kosareva ve diğ., 2016, Kış, Can ve Toktaş 2020):

Adım 1: KV'lerin, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

İlk olarak araştırılacak konuda uzman kişilerden oluşan bir KV grubu oluşturulur ve KV_s ; $s = 1, \dots, S$ ile ifade edilir. Daha sonra x_j ; $j=1, \dots, m$, ve $y_{j'}$; $j'=1, \dots, n$; olmak üzere; KV'ler tarafından iç ve dış kriterler belirlenir. Son olarak, kriter grubuna bağlı olarak alternatifler belirlenir ve R_i ; $i=1, \dots, K$ ile ifade edilir.

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

Her bir KV için iç ve dış kriter gruplarına ait başlangıç karar matrisleri $[D_X : D_Y]$, aşağıda gösterildiği gibi oluşturulur.

KEMIRA-M'de, karar alma sürecindeki tüm kriterler fayda türüne dönüştürülmelidir. Fayda türü kriterlerinin daima daha yüksek değerlere sahip olması istenir. Başlangıç karar matrisinde $x_j^{(i)}$ veya $y_{j'}^{(i)}$ maliyet kriterleri ise bu kriterler $\frac{1}{x_j^{(i)}}$ veya $\frac{1}{y_{j'}^{(i)}}$ dönüşümü ile fayda kriterleri haline getirilir.

Adım 3: Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi

Başlangıç karar matrisi, Eşitlik (1) ile normalize edilerek iç ve dış kriter grubuna ait $[N_X : N_Y]$ normalize başlangıç karar matrisleri aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$[N_X : N_Y] = \begin{bmatrix} x_1^{(1)*} & \dots & x_j^{(1)*} & \dots & x_m^{(1)} & \vdots & y_1^{(1)*} & \dots & y_{j'}^{(1)*} & \dots & y_n^{(1)*} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{(i)*} & \dots & x_j^{(i)*} & \dots & x_m^{(i)} & \vdots & y_1^{(i)*} & \dots & y_{j'}^{(i)*} & \dots & y_n^{(i)*} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{(K)*} & \dots & x_j^{(K)*} & \dots & x_m^{(K)} & \vdots & y_1^{(K)*} & \dots & y_{j'}^{(K)*} & \dots & y_n^{(K)*} \end{bmatrix}$$

$$x_j^{(i)*} = \frac{(x_j^{(i)} - x_{min}^{(i)})}{(x_{max}^{(i)} - x_{min}^{(i)})}, \quad y_{j'}^{(i)*} = \frac{(y_{j'}^{(i)} - y_{min}^{(i)})}{(y_{max}^{(i)} - y_{min}^{(i)})} \quad (1)$$

Burada,

$x_j^{(i)*}$; i . alternatifin j . iç kriter için normalize edilmiş değerini,

$y_{j'}^{(i)*}$; i . alternatifin j' . dış kriter için normalize edilmiş değerini,

$x_{min}^{(i)}, x_{max}^{(i)}$; tüm alternatifler için iç kriterlerin en küçük ve en büyük değerini,

$y_{min}^{(i)}, y_{max}^{(i)}$; tüm alternatifler için dış kriterlerin en küçük ve en büyük değerini göstermektedir.

Adım 4: Her bir KV için kriter önceliklerinin belirlenmesi

KV'ler, birbirlerinden bağımsız bir şekilde her iki kriter grubu için ayrı ayrı kriter önceliklerini belirlerler. Kriter önceliği olarak "1" değerini alan kriterin, diğerlerinden daha önemli olduğu düşünülmektedir. KV'ler tarafından belirlenen kriter öncelikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2
Kriterler için KV'ler tarafından belirlenen öncelikler

KV_s	x_1	...	x_j	...	x_j	y_1	...	$y_{j'}$	...	$y_{j'}$
1	$(x_1)_r^1$	...	$(x_j)_r^1$	...	$(x_j)_r^1$	$(y_1)_r^1$	...	$(y_{j'})_r^1$	...	$(y_{j'})_r^1$

s	$(x_1)_r^s$	...	$(x_j)_r^s$	...	$(x_j)_r^s$	$(y_1)_r^s$	...	$(y_{j'})_r^s$	...	$(y_{j'})_r^s$
...
S	$(x_1)_r^S$	...	$(x_j)_r^S$	...	$(x_j)_r^S$	$(y_1)_r^S$	...	$(y_{j'})_r^S$	...	$(y_{j'})_r^S$

Burada;

$(x_j)_r^s$: s. KV tarafından j. iç kriter için belirlenen öncelik sırasını,

$(y_{j'})_r^s$: s. KV tarafından j'. dış kriter için belirlenen öncelik sırasını göstermektedir.

$(x_j)_r^s \in \{1, 2, \dots, m\}$ ve $(y_{j'})_r^s \in \{1, 2, \dots, n\}$ olarak ile ifade edilir.

Adım 5: Her bir KV için öncelik matrislerinin oluşturulması

Bu adımda ilk olarak; her bir KV için iç ve dış kriterlerin öncelik sırası Adım 4'de verilen Tablo 2 kullanılarak $x_{(1)}^s > x_{(2)}^s > \dots > x_{(j)}^s > \dots > x_{(m)}^s$ ve $y_{(1)}^s > y_{(2)}^s > \dots > y_{(j')}^s > \dots > y_{(n)}^s$ şeklinde oluşturulur. $x_{(j)}^s$ ve $y_{(j')}^s$ s. uzman için j. ve j'. sırada yer alan iç ve dış kriteri ifade etmektedir. Daha sonra; iç kriterler için her bir KV'nin öncelik matrisi $[A_x^s]_{m \times m}$ ve dış kriterler için $[A_y^s]_{n \times n}$ olarak tanımlanır. Bu matrislerin elemanları $(a_{jl})^s$ ve $(a_{j't})^s$ Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır.

$$(a_{jl})^s = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_{(j)}^s < x_{(l)}^s \\ 1, & \text{eğer } x_{(j)}^s > x_{(l)}^s \end{cases}, \quad (a_{j't})^s = \begin{cases} 0, & \text{eğer } y_{(j')}^s < y_{(t)}^s \\ 1, & \text{eğer } y_{(j')}^s > y_{(t)}^s \end{cases} \quad (2)$$

$[A_x^s]_{m \times m}$ ve $[A_y^s]_{n \times n}$ matrislerinde $l=1, 2, \dots, m$ ve $t=1, 2, \dots, n$ olmak üzere $x_{jj}=0$, $a_{jl}=1-a_{lj}$, $y_{j'j'}=0$, $j'=1, 2, \dots, n$, $t=1, 2, \dots, n$ ve $a_{j't}=1-a_{tj'}$, $j \neq l$ ve $j' \neq t$ şartları sağlanmaktadır.

İç kriterler için q tane olası matris olduğu durumda $A^{(q)}$ ve $A^{(s)}$ matrisleri tarafından tanımlanan iki farklı sıralama arasındaki uzaklığın ölçümü $\rho_x^1 = \rho(A^{(2)}, A^{(s)})$, Eşitlik (3)'deki gibi hesaplanır. Daha sonra, Eşitlik (4) kullanılarak bu uzaklıkların minimum değeri yani p_x bulunur ve minimum değeri veren matris medyan matrisi olarak kabul edilir. Medyan matrisinde ortaya çıkan kriter sıralaması iç kriterler için medyan öncelikli bileşenler olarak kabul edilir. Böylece Kemeny Medyan Yöntemi ile KV'lerin belirledikleri

sıralamalar birleştirilerek; iç kriterler için tek bir öncelik sıralaması belirlenmiş olur.

$$\rho_x^1 = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m |a_{jl}^{(1)} - a_{jl}^{(s)}| \quad (3)$$

$$\rho_x^2 = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m |a_{jl}^{(q)} - a_{jl}^{(s)}|$$

⋮

⋮

$$\rho_x^q = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m |a_{jl}^{(q)} - a_{jl}^{(s)}|$$

$$p_x = \min(\rho_x^1, \rho_x^2, \dots, \rho_x^q) \quad (4)$$

Dış kriterler için aynı işlemler aynı işlemler Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) yardımıyla gerçekleştirilerek p_y elde edilir.

$$\rho_y^1 = \sum_{s=1}^S \sum_{j'=1}^n \sum_{t=1}^n |a_{j't}^{(q)} - a_{j't}^{(s)}| \quad (5)$$

$$\rho_y^1 = \sum_{s=1}^S \sum_{j'=1}^n \sum_{t=1}^n |a_{j't}^{(q)} - a_{j't}^{(s)}|$$

⋮

⋮

$$\rho_y^1 = \sum_{s=1}^S \sum_{j'=1}^n \sum_{t=1}^n |a_{j't}^{(q)} - a_{j't}^{(s)}|$$

$$p_x = \min(\rho_x^1, \rho_x^2, \dots, \rho_x^q) \quad (6)$$

Eşitlik (4) ve Eşitlik (6)'yı sağlayan KV s^* 'ın kriter öncelik sıralaması $x_{(1)}^{s^*} > x_{(2)}^{s^*} > \dots > x_{(m)}^{s^*}$ ve $y_{(1)}^{s^*} > y_{(2)}^{s^*} > \dots > y_{(n)}^{s^*}$ şeklinde ortaya çıkar. Bu sıralamalar iç ve dış kriterlerin nihai öncelik sıralamaları olarak kabul edilir.

Adım 6: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Bu adımda, Sıralama Uygunluk Göstergesi yöntemi kullanılarak kriterler için ağırlık değerleri belirlenmektedir. İlk olarak; Adım 5'de belirlenen kriterlere ait öncelik sıralamalarına $(x_{(1)}^s > x_{(2)}^s >$

$\dots > x_{(j)}^s > \dots > x_{(m)}^s$ ve $y_{(1)}^s > y_{(2)}^s > \dots > y_{(j')}^s > \dots > y_{(n)}^s$) uygun olarak Eşitlik (7) ve Eşitlik (8)'de gösterilen kriter ağırlıkları sıralaması elde edilir.

$$w_{x_{(1)}}^{s*} \geq w_{x_{(2)}}^{s*} \geq \dots \geq w_{x_{(j)}}^{s*} \geq \dots \geq w_{x_{(m)}}^{s*} \quad (7)$$

$$w_{y_{(1)}}^{s*} \geq w_{y_{(2)}}^{s*} \geq \dots \geq w_{y_{(j')}}^{s*} \geq \dots \geq w_{y_{(n)}}^{s*} \quad (8)$$

Daha sonra, Eşitlik (7) ve Eşitlik (8)'deki sıralamalar dikkate alınarak ve $0 \leq w_{x_j}, w_{y_{j'}} \leq 1$ olmak üzere Eşitlik (9) ve Eşitlik (10)'de gösterildiği gibi toplamları "1" olacak şekilde kriterlere ait ağırlık kombinasyonları belirlenir.

$$w_{x_1} + w_{x_2} + \dots + w_{x_j} + \dots + w_{x_m} = 1 \quad (9)$$

$$w_{y_1} + w_{y_2} + \dots + w_{y_{j'}} + \dots + w_{y_n} = 1 \quad (10)$$

Adım 7: Alternatif Sıralamasının Belirlenmesi

Her bir alternatif için $X_{w_x}(i)$ ve $Y_{w_y}(i)$ değerleri $i=1,2,\dots,k$ olmak üzere Eşitlik (11) kullanılarak hesaplanır. $x_j^{(i)*}$ ve $y_{j'}^{(i)*}$ değerleri Eşitlik (1) kullanılarak elde edilen normalize edilmiş alternatif değerleridir.

$$X_{w_x}(i) = \sum_{j=1}^m w_{x_j} x_j^{(i)*}; \quad Y_{w_y}(i) = \sum_{j'=1}^n w_{y_{j'}} y_{j'}^{(i)*} \quad (11)$$

KEMIRA-M yönteminin amacı; $X_{w_x}(i)$ ve $Y_{w_y}(i)$ değerlerine yakın iç ve dış kriterlerin $w_x = (w_{x_1}, w_{x_2}, \dots, w_{x_m})$ ve $w_y = (w_{y_1}, w_{y_2}, \dots, w_{y_n})$ ile gösterilen ağırlık değerlerini seçmektir. Eşitlik (12), bütün

alternatifler için uygulanır ve aralarından minimum değer seçilir. Bununla birlikte, KEMIRA-M ve KEMIRA yöntemleri arasında giriş bölümünde ifade edilen temel farklılık bu eşitlik de ortaya çıkmaktadır.

$$F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum_D |X_{w_x}(i) - Y_{w_y}(i)| \quad (12)$$

En yakın ağırlık değerleri bulunduktan sonra Eşitlik (13) kullanılarak alternatif sıralaması yapılır. En büyük T_i değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir.

$$T_i = X_{w_x}(i) + Y_{w_y}(i) \quad (13)$$

4. Dron Seçimi İçin KEMIRA-M Uygulaması

Bu bölümde, kişisel dron kullanıcılarının tercih ettikleri dron alternatifleri arasında, en iyi alternatifini seçmek için KEMIRA-M yöntemi yedi adımda uygulanmıştır.

Adım 1: KV'lerin, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

Bu adımda, ilk olarak tecrübeli dron kullanıcılarından, dron satışı yapan satış personellerinden ve dron ile çalışan fotoğrafçılardan oluşan 5 kişilik KV grubu oluşturulmuştur. Daha sonra bu grubunda görüşleri alınarak; Şekil 1'de gösterilen 6 farklı dron alternatifi, Tablo 3'de gösterildiği gibi, 4 farklı iç kriter ve 3 farklı dış kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Dron Alternatifleri

Tablo 3
Dron Seçim Kriterleri

İç Kriterler	Dış Kriterler
x_1 – Kamera (mp)	y_1 – Fiyat(TL)
x_2 – Kontrol mesafesi(m)	y_2 – Estetik
x_3 – Uçuş süresi(dk)	y_3 –Kullanılabilirlik
x_4 –Ağırlık(g)	

Kullanıcılar, dron kameralarında görüntü netliğinin artması için yüksek mega pikseli tercih etmektedirler. Kontrol mesafesi ise uzakta yer alan cisimlerin kolay görüntülenip kayıt edilmesinde önemli bir etkidir. Uçuş süresi arttıkça, dronların havada kalma süresi artar ve böylece uzun süre

görüntü kayıt edebilirler. Bununla birlikte; kolay taşınması ve manevra yeteneğinin artması için dronların ağır olmaması istenmektedir. Estetik ve kullanılabilirlik kriterleri ise, kişisel dron kullanıcılarının önem verdikleri özellikler arasındadır. Özellikle kullanılabilirliği kolay olan dronlar daha fazla tercih edilmektedir.

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

İç ve dış kriterlere göre hazırlanmış olan başlangıç karar matrisi, Tablo 4’de gösterilmiştir. İç kriterlerin alternatiflere göre değerleri ile dış kriterlerden fiyat kriterinin alternatif göre değeri gerçek verilerden elde edilmiştir. Kullanılabilirlik ve estetik kriterlerinin değerleri ise KV grubunun ortak değerlendirmesi ile 1-7 arası puan (1 en düşük puan ve 7 en yüksek puan) verilerek belirlenmiştir.

Tablo 4
Başlangıç Karar Matrisi

R_i	İç Kriterler				Dış Kriterler		
	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$	$x_3^{(i)}$	$x_4^{(i)}$	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$
R_1	12	6900	27	743	6199	3	6
R_2	12,4	120	22	1950	6772	5	4
R_3	14	2000	60	500	3999	4	5
R_4	2,1	190	12	145,1	1220	4	2
R_5	13	100	9	199	1312	4	3
R_6	5	100	8	887	679	6	3

İç kriterlerden ağırlık kriteri ile dış kriterlerden fiyat kriteri maliyet yönlü kriterler oldukları için fayda yönlü kriterlere dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu nedenle ağırlık ve fiyat kriterleri için $1/x_4^{(i)}$ ve

$1/y_1^{(i)}$ dönüşümleri yapılarak; Tablo 5’de gösterildiği gibi başlangıç matrisi yeniden düzenlenmiştir.

Tablo 5
Düzenlenmiş Başlangıç Karar Matrisi

R_i	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$	$x_3^{(i)}$	$x_4^{(i)}$	$y_1^{(i)}$	$y_2^{(i)}$	$y_3^{(i)}$
R_1	12	6900	27	0,00135	0,00016	3	6
R_2	12,4	120	22	0,00051	0,00015	5	4
R_3	14	2000	60	0,00200	0,00025	4	5
R_4	2,1	190	12	0,00689	0,00082	4	2
R_5	13	100	9	0,00503	0,00076	4	3
R_6	5	100	8	0,00113	0,00147	6	3

Adım 3: Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi

Bu adımda, Tablo 5’de verilen iç ve dış kriterlerin değerleri Eşitlik (2) kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6
Normalize Edilmiş Karar Matrisi

R_i	$x_1^{(i)*}$	$x_2^{(i)*}$	$x_3^{(i)*}$	$x_4^{(i)*}$	$y_1^{(i)*}$	$y_2^{(i)*}$	$y_3^{(i)*}$
R_1	0,832	1,000	0,365	0,131	0,010	0,000	1,000
R_2	0,866	0,003	0,269	0,000	0,000	0,667	0,500
R_3	1,000	0,279	1,000	0,233	0,077	0,333	0,750
R_4	0,000	0,013	0,077	1,000	0,507	0,333	0,000
R_5	0,916	0,000	0,019	0,707	0,464	0,333	0,250
R_6	0,244	0,000	0,000	0,096	1,000	1,000	0,250

Adım 4: Her bir KV için kriter önceliklerinin belirlenmesi

Her bir KV tarafından birbirlerinden bağımsız olarak iç ve dış kriterler kendi aralarında

önceliklendirilmiştir. Kriter öncelikleri, Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7
Kriter Öncelikleri

KV_s	$(x_1)_r^s$	$(x_2)_r^s$	$(x_3)_r^s$	$(x_4)_r^s$	$(y_1)_r^s$	$(y_2)_r^s$	$(y_3)_r^s$
KV_1	1	2	3	4	2	3	1
KV_2	3	1	2	4	3	2	1
KV_3	1	3	2	4	3	1	2
KV_4	3	1	2	4	3	2	1
KV_5	1	2	3	4	2	3	1

Adım 5: Her bir KV için öncelik matrislerinin oluşturulması

İlk olarak; Adım 4'de verilen Tablo 7 kullanılarak her bir KV için kriterlerin öncelik sırası elde edilmiş ve Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8
Her bir KV için kriterlerin öncelik sıralaması

KV_s	İç kriterler	Dış kriterler
KV_1	$x_{(1)}^1 > x_{(2)}^1 > x_{(3)}^1 > x_{(4)}^1$	$y_{(3)}^1 > y_{(1)}^1 > y_{(2)}^1$
KV_2	$x_{(2)}^2 > x_{(3)}^2 > x_{(1)}^2 > x_{(4)}^2$	$y_{(3)}^2 > y_{(2)}^2 > y_{(1)}^2$
KV_3	$x_{(1)}^3 > x_{(3)}^3 > x_{(2)}^3 > x_{(4)}^3$	$y_{(2)}^3 > y_{(3)}^3 > y_{(1)}^3$
KV_4	$x_{(2)}^4 > x_{(3)}^4 > x_{(1)}^4 > x_{(4)}^4$	$y_{(3)}^4 > y_{(2)}^4 > y_{(1)}^4$
KV_5	$x_{(1)}^5 > x_{(2)}^5 > x_{(3)}^5 > x_{(4)}^5$	$y_{(3)}^5 > y_{(1)}^5 > y_{(2)}^5$

Daha sonra; iç kriterler için her bir KV'nin öncelik matrisi Eşitlik (2) kullanılarak aşağıda gösterildiği gibi tanımlanır.

$$[A_x^{(1)}]_{4 \times 4} = [A_x^{(5)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, [A_x^{(2)}] = [A_x^{(4)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, [A_x^{(3)}] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

İç kriterler için $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$ olduğu için medyan matrisi $4!=24$ olası matris arasından araştırılmalıdır. Elde edilen 5 matrisin aynı elemanları olduğu için bu

aynı elemanlar kullanılarak çözüm alanı daraltılabilmektedir. Elde edilen yeni matris formu aşağıdaki gibidir:

$$[A_x^{(M)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & 1 \\ a_{21} & 0 & a_{23} & 1 \\ a_{31} & a_{32} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Elde edilen medyan matrisinin elemanlarının sadece 3 tanesi bilinmemektedir. $a_{j1}+a_{lj}=1$ ve $j \neq l$ olma durumları göz önüne alındığında elde edilen 8 matris Tablo 9'da gösterildiği gibidir. Ayrıca Eşitlik (3) kullanılarak ρ_x^q değerleri elde edilmiş ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9
İç Kriterler için Öncelik Matrisleri ve ρ_x^q Değerleri

Permütasyon (3,2,1,4) $x_3 > x_2 > x_1 > x_4$	KV_5	(1,2,3,4) $x_1 = x_2 = x_3 > x_4$	KV_5
$[A_x^{(1)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	-	$[A_x^{(2)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	-
$\rho_x^1 = 20$		$\rho_x^2 = 18$	
Permütasyon (2,3,1,4) $x_2 > x_3 > x_1 > x_4$	$KV_2 = KV_4$	(2,1,3,4) $x_2 > x_1 > x_3 > x_4$	-
$[A_x^{(3)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_x^{(4)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
$\rho_x^3 = 14$		$\rho_x^4 = 12$	
Permütasyon (1,2,3,4) $x_1 = x_2 = x_3 > x_4$	-	(3,1,2,4) $x_3 > x_1 > x_2 > x_4$	-
$[A_x^{(5)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_x^{(6)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
$\rho_x^5 = 12$		$\rho_x^6 = 18$	
Permütasyon (1,2,3,4) $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$	$KV_1 = KV_5$	(1,3,2,4) $x_1 > x_3 > x_2 > x_4$	KV_3
$[A_x^{(7)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_x^{(8)}]_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
$\rho_x^7 = 10$		$\rho_x^8 = 16$	

Eşitlik (4) göre Tablo 9'da minimum toplam değer $\rho_x^7 = 10$ değeridir ve bu değeri ulaştığımız $[A_x^{(7)}]_{4 \times 4}$ medyan matrisidir. Bu matrisi elde etmemizi sağlayan KV_1 ve KV_5 ait sıralama iç kriterlerin medyan öncelikli bileşenleri yani nihai sıralamasıdır.

$$A_y^{(1)} = A_y^{(5)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_y^{(2)} = A_y^{(4)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_y^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Bu durumda iç kriterler için sıralama $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$ şeklindedir.

Dış kriterler için ise; Tablo 8'de verilen KV görüşlerine göre oluşturulan kriter öncelik matrisleri ise aşağıdaki gibidir:

Dış kriterler için ise $Y=(y_1, y_2, y_3)$ medyan matrisi $3! = 6$ olası matris arasından araştırılmalıdır. Bu matrisler

ve Eşitlik (5) kullanılarak elde edilen ρ_y^q değerleri Tablo 10'da gösterildiği gibidir.

Tablo 10

Dış Kriterler için Öncelik Matrisleri ve ρ_y^q Değerleri

	KV_5		KV_5
Permütasyon	(1,2,3)		(1,3,2)
	$y_1 > y_2 > y_3$	-	$y_1 > y_3 > y_2$
A matrisi	$[A_y^{(1)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_y^{(2)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
ρ	$\rho_y^1 = 24$		$\rho_y^2 = 18$
Permütasyon	(2,1,3)	-	(2,3,1)
	$y_2 > y_1 > y_3$		$y_2 > y_3 > y_1$
A matrisi	$[A_y^{(3)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_y^{(4)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
ρ	$\rho_y^3 = 2222$		$\rho_y^4 = 12$
Permütasyon	(3,1,2)	$KV_1 = KV_5$	(3,2,1)
	$y_3 > y_1 > y_2$		$y_3 > y_2 > y_1$
A matrisi	$[A_y^{(5)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$		$[A_y^{(6)}]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
ρ	$\rho_y^5 = 8$		$\rho_y^6 = 6$
			$KV_2 = KV_4$

Eşitlik (6) göre Tablo 10'da minimum toplam değer $\rho_y^6 = 6$ değeridir ve bu değeri ulaştığımız $[A_x^{(6)}]_{4 \times 4}$ medyan matrisidir. Bu matrisi elde etmemizi sağlayan KV_2 ve KV_4 ait sıralama iç kriterlerin medyan öncelikli bileşenleri yani nihai sıralamasıdır. Bu durumda iç kriterler için sıralama $y_3 > y_2 > y_1$ şeklindedir.

Adım 6: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

İç ve dış kriterler için Adım 5'de belirlenen $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$ ve $y_3 > y_2 > y_1$ sıralamasına uygun olarak

Eşitlik (7) ve Eşitlik (8) kullanılarak kriter ağırlıkları sıralaması Eşitlik (14) ve Eşitlik (15)'deki gibi elde edilmiştir.

$$w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq w_{x_3} \geq w_{x_4} \quad (14)$$

$$w_{y_3} \geq w_{y_2} \geq w_{y_1} \quad (15)$$

Eşitlik (14)'de verilen kurallara uygun olarak iç kriterlerin ağırlıkları için 23 adet olası değer elde edilmiş ve Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11
İç Kriterlere ait Ağırlık Olasılıkları

No	w_{x_1}	w_{x_2}	w_{x_3}	w_{x_4}	No	w_{x_1}	w_{x_2}	w_{x_3}	w_{x_4}
1	0.3	0.3	0.2	0.2	13	0.6	0.2	0.1	0.1
2	0.3	0.3	0.3	0.1	14	0.6	0.2	0.2	0.0
3	0.4	0.2	0.2	0.2	15	0.6	0.3	0.1	0.0
4	0.4	0.3	0.2	0.1	16	0.6	0.4	0.0	0.0
5	0.4	0.3	0.3	0.0	17	0.7	0.1	0.1	0.1
6	0.4	0.4	0.1	0.1	18	0.7	0.2	0.1	0.0
7	0.4	0.4	0.2	0.0	19	0.7	0.3	0.0	0.0
8	0.5	0.2	0.2	0.1	20	0.8	0.1	0.1	0.0
9	0.5	0.3	0.1	0.1	21	0.8	0.2	0.0	0.0
10	0.5	0.3	0.2	0.0	22	0.9	0.1	0.0	0.0
11	0.5	0.4	0.1	0.0	23	1.0	1.0	0.0	0.0
12	0.5	0.5	0.0	0.0					

Eşitlik (15)'de verilen kurallara uygun olarak dış kriterlerin ağırlıkları için 14 olası değer elde edilmiş ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12
Dış Kriterlere ait Ağırlık Olasılıkları

No	w_{y_1}	w_{y_2}	w_{y_3}	No	w_{y_1}	w_{y_2}	w_{y_3}
1	0.3	0.3	0.4	8	0.0	0.4	0.6
2	0.2	0.4	0.4	9	0.1	0.2	0.7
3	0.2	0.3	0.5	10	0.0	0.3	0.7
4	0.1	0.4	0.5	11	0.1	0.1	0.8
5	0.0	0.5	0.5	12	0.0	0.2	0.8
6	0.2	0.2	0.6	13	0.0	0.1	0.9
7	0.1	0.3	0.6	14	0.0	0.0	1.0

Adım 7: Alternatif Sıralamasının Belirlenmesi

İlk olarak normalize edilmiş karar matrisi ve Tablo 11-12 kullanılarak $X_{w_x}(i)$ ve $Y_{w_y}(i)$ değerleri Eşitlik (11) yardımıyla hesaplanır. Daha sonra, Eşitlik (12) kullanılarak $F(X,Y)$ değerleri hesaplanmı ve Tablo 13'de gösterilmiştir. $F(X,Y)$ değerlerine bakıldığında en küçük değer 0,506 olarak belirlenmiştir. Bu değer; iç kriterler için 16.satıra, dış kriterler için

13.sütuna denk gelmektedir. Bu bağlamda; iç kriter ağırlığını bulmak için Tablo 11'de 16.satırdaki değerlere, dış kriter ağırlıklarını bulmak için Tablo 12'de 13. sütundaki değerlere bakılmıştır. İç ve dış kriter ağırlıkları; $w_{x_1}=0.6$, $w_{x_2}=0.4$, $w_{x_3}=0$, $w_{x_4}=0$, $w_{y_1}=0$, $w_{y_2}=0.1$, $w_{y_3}=0.9$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 13
Tüm Olası Ağırlıklar için $F(X,Y)$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1,260	1,298	1,075	1,148	1,220	0,884	0,956	1,029	0,869	0,939	0,898	1,020	1,112	1,203
2	1,366	1,404	1,146	1,183	1,221	0,887	0,925	0,963	0,744	0,814	0,752	0,823	0,833	0,925
3	1,299	1,335	1,110	1,183	1,255	0,918	0,991	1,063	0,937	1,008	0,946	1,016	1,036	1,128
4	1,428	1,464	1,206	1,244	1,281	0,947	0,985	1,023	0,731	0,803	0,703	0,774	0,785	0,876
5	1,588	1,570	1,312	1,350	1,388	1,054	1,092	1,129	0,833	0,871	0,692	0,728	0,670	0,665
6	1,449	1,487	1,228	1,266	1,304	0,970	1,008	1,045	0,749	0,813	0,598	0,720	0,811	0,903
7	1,558	1,593	1,335	1,372	1,410	1,076	1,114	1,152	0,856	0,893	0,597	0,635	0,565	0,625
8	1,638	1,543	1,318	1,281	1,319	1,093	1,023	1,060	0,773	0,838	0,813	0,842	0,851	0,859
9	1,608	1,524	1,287	1,304	1,341	1,062	1,045	1,083	0,787	0,848	0,655	0,725	0,736	0,828
10	1,768	1,672	1,447	1,410	1,448	1,222	1,152	1,189	0,902	0,931	0,701	0,695	0,636	0,617
11	1,737	1,653	1,416	1,432	1,470	1,191	1,174	1,212	0,916	0,953	0,657	0,695	0,532	0,576
12	1,706	1,675	1,417	1,455	1,493	1,161	1,197	1,234	0,938	0,976	0,683	0,772	0,597	0,603
13	1,818	1,722	1,497	1,401	1,379	1,272	1,176	1,120	0,951	0,883	0,884	0,821	0,862	0,904
14	1,978	1,882	1,657	1,562	1,485	1,432	1,337	1,241	1,112	1,016	0,944	0,847	0,822	1,563
15	1,947	1,851	1,626	1,531	1,508	1,401	1,306	1,249	1,081	0,991	0,856	0,760	0,664	0,662
16	1,916	1,821	1,596	1,500	1,530	1,371	1,275	1,272	1,050	1,013	0,825	0,755	0,506	0,568
17	2,028	1,932	1,707	1,611	1,516	1,482	1,386	1,291	1,161	1,084	1,125	1,062	1,103	1,145
18	2,157	2,061	1,836	1,741	1,645	1,611	1,516	1,420	1,291	1,195	1,066	0,970	0,908	0,903
19	2,126	2,031	1,806	1,710	1,615	1,581	1,485	1,390	1,260	1,165	1,035	0,940	0,750	0,733
20	2,367	2,272	2,047	1,951	1,855	1,822	1,726	1,630	1,501	1,405	1,276	1,180	1,151	1,144
21	2,336	2,241	2,016	1,920	1,825	1,791	1,695	1,600	1,470	1,375	1,245	1,150	0,994	0,974
22	2,546	2,451	2,226	2,130	2,035	2,001	1,905	1,810	1,680	1,585	1,455	1,360	1,237	1,215
23	2,756	2,661	2,436	2,340	2,245	2,211	2,115	2,020	1,890	1,795	1,665	1,570	1,481	1,456
EN KÜÇÜK DEĞER	1,260	1,298	1,075	1,148	1,220	0,884	0,925	0,963	0,731	0,803	0,597	0,635	0,506	0,568

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra, alternatiflerin sıralanabilmesi için Eşitlik (13) kullanılarak T_i değerleri belirlenmiş ve Tablo 14'de gösterilmiştir. T_i değerlerine göre $R_1 > R_3 > R_2 > R_5 > R_6 > R_4$ şeklinde bir alternatif sıralaması

elde edilmiştir. Alternatif sıralamasına göre R_1 alternatifi ilk sırada seçilmiştir.

Tablo 14
Alternatiflerin Sıralanması

w_x, w_y	0,6	0,4	0	0	0	0,1	0,9				
R_i	$x_1^{(i)*}$	$x_2^{(i)*}$	$x_3^{(i)*}$	$x_4^{(i)*}$	$y_1^{(i)*}$	$y_2^{(i)*}$	$y_3^{(i)*}$	$X_{w_x}(a)$	$Y_{w_y}(a)$	T_i	Sıralama
R_1	0,832	1,000	0,365	0,131	0,010	0,000	1,000	0,899	0,900	1,799	1
R_2	0,866	0,003	0,269	0,000	0,000	0,667	0,500	0,523	0,517	1,037	3
R_3	1,000	0,279	1,000	0,233	0,077	0,333	0,750	0,712	0,708	1,420	2
R_4	0,000	0,013	0,077	1,000	0,507	0,333	0,000	0,005	0,033	0,039	6
R_5	0,916	0,000	0,019	0,707	0,464	0,333	0,250	0,550	0,258	0,808	4
R_6	0,244	0,000	0,000	0,096	1,000	1,000	0,250	0,146	0,325	0,471	5

5. Duyarlılık Analizi

Bölüm 4'de kriter sıralamasına göre iç kriterler için 23 ve dış kriterler için 14 adet ağırlık kombinasyonu elde edilmiştir. KEMIRA-M adımlarına göre bu ağırlık kombinasyonlarından bir tanesi dikkate alınarak alternatif sırası belirlenmiştir. Tüm ağırlık olasılıkları dikkate alındığında 322 adet alternatif sıralaması elde edilmektedir. Benzer sıralamalar olacağı düşünülerek bu çalışma kapsamında 88 adet ağırlık kombinasyonu dikkate alınarak alternatif

sıralamalarındaki değişim araştırılmıştır. Tablo 15 bakıldığında; kriter ağırlıklarındaki değişime göre alternatif sıralamalarında çoğunlukla değişim olmadığı görülmüştür. Değişim olan sıralamalarda ise birinci ve ikinci alternatifin yer değiştirdiği veya ard arda iki alternatifin yer değiştirdiği belirlenmiştir. Bu sonuç, çalışma kapsamında elde edilen sıralamanın tatmin edici bir sıralama olduğunu göstermiştir.

0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,4	0,6	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,5	0,5	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,1	0,9	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	0,8	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,8	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,3	0,7	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,4	0,6	$R_3>R_1>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,6	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,5	0,5	$R_3>R_1>R_2>R_6>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	$R_3>R_1>R_2>R_6>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,4	$R_3>R_1>R_2>R_6>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	$R_3>R_1>R_6>R_2>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,1	0,9	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2	0,8	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,8	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,3	0,7	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,4	0,6	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,5	0,5	$R_3>R_1>R_2>R_6>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	$R_1>R_3>R_2>R_5>R_6>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	$R_3>R_1>R_6>R_2>R_5>R_4$
0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	$R_3>R_1>R_6>R_5>R_2>R_4$

5. Sonuç ve Öneriler

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, dron kullanımı ve kişisel kullanıcılar için geliştirilen dron alternatifleri her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte, dron alternatiflerinin içinden seçim yapmak, her geçen gün daha kompleks bir problem haline gelmektedir. Bu çalışma kapsamında, KEMIRA-M yöntemi kullanılarak; sadece KV'lerin görüşleri değil aynı zamanda kriterlerin nicel ve nitel değerleri de dikkate alındığından dron seçimi etkin bir şekilde yapılmıştır. Ayrıca yapılan duyarlılık analizi ile elde edilen alternatif sıralamasının tatmin edici bir sıralama olduğu belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, dronların kullanıldığı diğer alanlarda da, farklı kriter grupları dikkate alınarak; KEMIRA-M yöntemi ile dron seçimi yapılabilir. Bu çalışmada ele alınan kullanılabilirlik kriterine ek olarak; dron seçiminde farklı ergonomik kriterler kullanılabilir. Farklı elektronik cihazların seçilmesi için evrensel tasarım ilkeleri de dikkate alınarak; KEMIRA-M yöntemi ile seçim yapılabilir. Ayrıca, kriterlerin değerlendirilmesi aşamasında karşılaşılan belirsizlikler dikkate alınarak; daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

KEMIRA-M yönteminin günlük hayatta işletmeler açısından daha kolay kullanabilmesi için gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, bir yazılım geliştirilebilir. Bununla birlikte KEMIRA-M yöntemi; kriter sıralamalarının ve ağırlıklarının belirlenmesinde ortaya çıkan subjektifliğin azaltılması için farklı ağırlıklandırma yöntemleri veya yaklaşımları ile birlikte kullanılabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Nuray Arslan bilimsel yayın araştırması, veri toplanması, bu verilerin bilgisayara ortamına aktarılması yöntemin uygulanması, makalenin hazırlanması; Elif Kılıç Delice, problemin belirlenmesi, yöntemin belirlenmesi ve uygulanması, makalenin hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Agatz, N., Bouman, P. ve Schmidt, M. (2018). Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone. *Transportation Science*, 52(4), 965–981. doi: <https://doi.org/10.1287/trsc.2017.0791>
- Arslan, N. (2020). *HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi ile sağlık sektöründe risk değerlendirme* (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bamburly, D. (2015). Drones: Designed for product delivery. *Design Management Review*, 26(1), 40–48. Erişim adresi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/drev.10313>
- Bone, E. ve Bolkcom, C. (2003). Unmanned Aerial Vehicles: Background and Issues for Congress. *Library of Congress, Washington D.C: Congressional Research Service*. Erişim adresi: <https://fas.org/irp/crs/RL31872.pdf>
- Budak, E.(2019). Teknolojik Gelişmelerin Habercilik Uygulamaları Üzerine Etkileri: Türkiye’de Drone Haberciliği. *Türkiye İletişim Araştırmaları Dergisi*, 33, 119-139. doi: <http://dx.doi.org/10.17829/turcom.510266>.
- Davidson, H. (2013). Drone book delivery service aims for take-off in November. *The Guardian* 15(10). Erişim adresi: <https://www.theguardian.com/world/2013/oct/15/drone-book-delivery-service-students>.
- Dorling, K., Heinrichs, J., Messier, G. G. ve Magierowski, S. (2016). Vehicle routing problems for drone delivery. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 47(1),70–85. doi: <https://doi.org/10.1109/tsmc.2016.2582745>
- Garamone, J. (2002). From U.S. civil war to Afghanistan: A short history of UAVs. Erişim adresi: <https://archive.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=44164>.
- Gökçe Ş. ve Çetin A. (2019). Dronlar için otomatik rota tayini ve takibi. *SETSCI Conference Proceedings*,4(1), 41-43. Erişim adresi: [http://www.set-](http://www.set-science.com/index.php?go=d1001a2417e2b87d5b7c53e16c5e1675&conf_id=42&paper_id=11)
- [science.com/index.php?go=d1001a2417e2b87d5b7c53e16c5e1675&conf_id=42&paper_id=11](http://www.set-science.com/index.php?go=d1001a2417e2b87d5b7c53e16c5e1675&conf_id=42&paper_id=11).
- Ham, Y., Han, K. K., Lin, J. J. ve Golparvar-Fard, M. (2016). Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A review of related works. *Visualization in Engineering*, 4(1), 1. doi: <https://doi.org/10.1186/s40327-015-0029-z>.
- He, D., Chan, S. ve Guizani, M. (2017). Drone-assisted public safety networks: The security aspect. *IEEE Communications Magazine*, 55(8), 218–223. doi: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600799CM>
- Heutger, M. and Kückelhaus M. (2014). Unmanned aerial vehicle in logistics: a DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry." DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf, Germany. Erişim adresi: https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHL_TrendReport_UAV.pdf
- Ho, D. T., Grøtli, E. I., Sujit, P. B , Johansen, T. A. ve Sousa, J. B.(2015). Optimization of wireless sensor network and uav data acquisition. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 78(1), 159–179. doi: <https://doi.org/10.1007/s10846-015-0175-5>.
- Kış, Ö., Can, G. F. ve Toktaş, P. (2020). Warehouse location selection for an electricity distribution company by KEMIRA-M method. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 227-240. doi: <https://dx.doi.org/10.5505/pajes.2019.98354>
- Kim, S. J., Lim, G. J., Cho, J. ve Côté, M. J. (2017). Drone-aided healthcare services for patients with chronic diseases in rural areas. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 88(1),163–180. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10846-017-0548-z>.
- Koiwanit, J., (2018). Analysis of environmental impacts of drone delivery on an online shopping system. *Advances in Climate Change Research*, 9, 201-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.09.001>
- Kosareva, N., Zavadskas, E.K., Krylovas, A. ve Dadelo S. (2016). Personnel ranking and selection problem solution by application of KEMIRA

- method. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(1), 51-66. doi: <http://dx.doi.org/10.15837/ijccc.2016.1.2159>.
- Krylovas, A., Dadelo, S., Kosareva, N. ve Zavadskas, E. K. (2017). ENTROPY-KEMIRA approach for mcdm problem solution in human resources selection task. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(05), 1183-1209. doi: <https://doi.org/10.1142/S0219622017500274>
- Krylovas, A. ve Koserava, N. (2015). Gamyklos vietos parinkimo uždavinio sprendimas daugiakriteriniu KEMIRA metodu. *Lietuvos Matematikos Rinkiny's Lietuvos Matematikų Draugijos Darbai*, ser. B 56 t., 18-23. Erişim adresi: <https://www.mii.lt/LMR/B/2015/56B04.pdf>.
- Krylovas, A., Kosareva, N. ve Zavadskas E.K. (2016b). Statistical analysis of KEMIRA type weights balancing methods. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, XIX (3), 19-39. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/309660892>.
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K. ve Kosareva, N. (2016a). Multiple criteria decision-making KEMIRA-M method for solution of location alternatives. *Economic Research*, 29(1), 50-65. doi: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1152560>
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K., Kosareva, N. ve Dadelo, S. (2014). New KEMIRA method for determining criteria priority and weights in solving mcdm problem. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 13(6), 1119-1133. doi: <http://dx.doi.org/10.1142/S0219622014500825>.
- Lee, S. ve Choi, Y. (2016). Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. *Geosystem Engineering*, 19(4), 197-204. doi: <https://doi.org/10.1080/12269328.2016.1162115>.
- Longino, D. A. (1994). *Role of unmanned aerial vehicles in future armed conflict scenarios*. Alabama: Air University Press. Erişim Adresi: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a289777.pdf>
- Luppini, R., ve So, A. (2016). A technoethical review of commercial drone use in the context of governance, ethics, and privacy. *Technology in Society*, 46, 109-119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.03.003>.
- Malveaux, C., Hall, S. G. ve Price, R. (2014). Using drones in agriculture: Unmanned aerial systems for agricultural remote sensing applications. In 2014 Montreal, Quebec Canada July 13-July 16, 014(p.1). American Society of Agricultural and Biological Engineers. doi: <https://doi.org/10.13031/aim.20141911016>.
- Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., Jawhar, I., Idries, A. ve Mohammed, F. (2020). Unmanned aerial vehicles applications in future smart cities. *Technological Forecasting and Social Change*, 153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.004>.
- Murray, C. C. ve Chu, A. G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 54, 86-109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.005>.
- Ntalakas, A., Dimoulas, C., Kalliris, G. ve Veglis, A. (2017). Drone journalism: Generating immersive experiences. *Journal of Media Critiques*, 3(11), 187-199. doi: <http://dx.doi.org/10.17349/jmc117317>
- Otto, A., Agatz, N., Campbell, J., Golden, B. ve Pesch, E. (2018). Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey. *Networks*, 72(4), 411-458. doi: <https://doi.org/10.1002/net.21818>
- Raj, A., ve Sah, B. (2019). Analyzing critical success factors for implementation of drones in the logistics sector using grey-DEMATEL based approach. *Computers & Industrial Engineering*, 138, 106-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106118>
- Sandvik, K. B., ve Lohne, K. (2014). The Rise of the Humanitarian Drone: Giving Content to an Emerging Concept. *Millennium - Journal of International Studies*, 43(1). doi: <https://doi.org/10.1177/0305829814529470>
- Sarıçalı, G. ve Kundakçı, N. (2017). Forklift alternatiflerinin KEMIRA-M yöntemi ile

- değerlendirilmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 35-53. doi: <https://doi.org/10.17541/optimum.285053>.
- Sarıçalı, G. (2018). *Çok kriterli karar verme yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin mermer işletmesinde makine seçim sürecine uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Silvagni, M., Tonoli, A., Zenerino, E. ve Chiaberge, M. (2017). Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(1), 18–33. doi: <https://dx.doi.org/10.1080/19475705.2016.1238852>
- Stolaroff, J.K. (2014). The need for a life cycle assessment of drone-based commercial package delivery. *Lawrence Livermore National Lab.(LLNL)*. Erişim adresi: https://pdfs.semanticscholar.org/5661/0845396e31e1dd88afdcc92df396466e7580.pdf?_ga=2.235766337.196680970.1597417564-1223479170.1551098578
- Toktaş, P. ve Can, G. F. (2018). Şantiyelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından risk düzeylerine göre KEMIRA-M yöntemi ile sıralanması. *Ergonomi*, 1(3), 123 – 136. doi: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.480397>
- Toktaş, P. ve Can, G. F. (2019). Stochastic KEMIRA-M approach with consistent weightings. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18(03),793-831. doi: <https://doi.org/10.1142/S0219622019500123>
- Yücel, D. ve Yücel ,M. A. (2017). Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 780-791. doi: <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.37431>.
- Yurek, E. E. ve H. C. Ozmutlu (2018). A decomposition-based iterative optimization algorithm for traveling salesman problem with drone. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 91: 249-262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.04.009>