

TARIMDA DRONE SEÇİMİ VE ÇİZELGELEMESİ: KIRIKKALE İLİ ÖRNEĞİ

Mehmet Batuhan Gürbüz¹, Yasin Erbaş¹, SerhatAda¹, Ervanur Kardeşahin¹, Emel Güven¹, Tamer Eren^{1*}

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

*(tamereren@gmail.com)

Özet

Üretimde verimliliğin ve sürekliliğin sağlanması adına teknoloji gelişmesiyle yenilikçi yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. İnsansız hava araçları bu teknolojik ekipmanlardan bir tanesidir. İnsansız hava araçlarının sensörlerinden ve kameralarından gelen görüntüler, yapay sinir ağında veya görüntü işleme yazılımlarında kullanım amaçlarına göre dönüştürülüp uygun hale getirilebilir. Bu sayede normalden daha az işgücü ve hızlı bir şekilde uygulama işlemleri gerçekleştirilebilir. Tarım da bu kullanım alanlarının başında gelmektedir. Geleneksel tarım aletlerinin toprak sıkışıklığını ve sürüklenmeyi artırması, tarımda insansız hava aracı kullanımının önemini artırmaktadır. Çünkü insansız hava aracı sayesinde bu sıkışıklık ve sürüklenme azalır bu da ilaç kullanım ihtiyacını düşürür. Bu yönler çevrenin korunmasında pozitif bir etki sağlamaktadır. Bu kapsamda Kırıkkale İlinde tarımda nasıl, nerede, hangi yolla, hangi türlerle ne tip ilaçlarla ve ne zaman insansız hava aracına başvurmalıyız sorularını çiftçiler için cevaplanıp, bu soru ve sorunlar uzmanlar tarafından belirlenen kriterler ile ele alınmış ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) ve matematiksel model yöntemlerinin hibrit kullanımıyla çözümlenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), TechniqueforOrderPreferencebySimilaritytoIdeal Solution (TOPSIS), PreferenceRankingOrganizationMethodforEnrichmentEvaluations (PROMETHEE) ve VlseKriterijuskaOptimizacija I KomoromisnoResenje (VIKOR) yöntemleri ile uygun seçim yapılmıştır. Ayrıca problemin verileri doğrultusunda oluşturulan matematiksel modelin ILOG CPLEX programı ile çözülmesi ile birlikte haftalık olarak kapasite kısıtlarını aşmadan ürünlerin takvim çizelgelemesinde verilen ilaçlama ve ekim işlemleri talepleri karşılanmıştır.

Anahtar Kelimeler –İnsansız Hava Aracı, Dron, Tarım, ÇKKV, Matematiksel Model,

1.GİRİŞ

Tarımsal dronların yeni ve daha az yaygın kullanımlarından biri tohum ekmektir. Otomatik dron ekme makineleri şu anda çoğunlukla ormancılık endüstrilerinde kullanılmaktadır ancak daha yaygın kullanımının

ilerde olacağı düşünülmektedir. Dronlarla dikim işlemleri ulaştırılması çok zor olan alanların, işçileri tehlikeye atmadan yapılabilmesi anlamına gelir. Tarlalarda hastalığı önlemek için kullanılan böcek ilaçları ve hormonal ilaçlar, tarımda verimi ve ürün kalitesini düşürürken insan sağlığı için de

tehlike oluşturmaktadır. Tarımsal dronlar özellikle bu zararlı etkiyi en aza indirdiği için günümüzde tarım sektöründe hızla yaygınlaşmaya devam etmektedir.

İnsansız Hava Araçlarının günümüzde eriştikleri seviyeler kullanılmadıkları her durumda zarar olarak görülmektedir ve ne zaman ve ne şekilde kullanılmaya başlanacağı önemli bir sorun olmuştur. İnsansız hava araçları, mobiliteyi sayesinde uydu ve uçaklara göre daha hızlı, düşük maliyetleri ile de uzaktan algılama çalışmalarında giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. İnsansız hava araçlarının sensörlerinden ve kameralarından gelen görüntüler, yapay sinir ağında veya görüntü işleme yazılımlarında kullanım amaçlarına göre dönüştürülüp uygun hale getirilebilir. Normalden daha az işgücü ve hızlı bir şekilde uygulama yapılabilir. Tarım da bu kullanım alanlarının başında gelmektedir. Tarımda gerek görüntü işleme ile mahsul verimi ve sağlığı, gerekse sulama, ilaçlama ve gübreleme gibi farklı konularda çalışabilen insansız hava araçları sayesinde hem verimde artış hem de maliyetlerde düşüş görülmektedir. Geleneksel tarım aletlerinin toprağı sıkışıklığını ve sürüklenmeyi artırması, tarımda insansız hava aracı kullanımının önemini artırır. Çünkü insansız hava aracı sayesinde bu sıkışıklık ve sürüklenme azalır bu da ilaç kullanım ihtiyacını düşürür. Bu artılar da bize gün sonunda çevrenin korunmasında pozitif bir etki sağlamaktadır. Gerek büyük gerekse küçük arazilerde günümüzde bu tür araçların kullanımı gayet uygun hale gelmiştir. Teknolojinin yeni olması nedeniyle insansız hava aracı maliyetlerin yüksek olması ve kullanımında

şu an için profesyonellere ihtiyaç duyulması olumsuz yönlerindedir. Fakat bu maliyet sıkıntısı, zamanla yeni teknolojiler ve firmaların da katılması ile tarihteki diğer örnekleri gibi düşecektir, profesyonel konusunda ise gerek Türk Hava Kurumu gerekse başka kurumların verdiği eğitimlerle insansız hava aracı pilotluğu yaygınlaşmaya başlamıştır. Ek bir sıkıntı ise ülkemizde bulunan insansız hava aracı kanunları. İnsansız hava aracı kullanımı için devlet tarafından izin alınması gerekmektedir.

Kırıkkale'nin konumu, toprak yapısı ve iklimi nedeniyle farklı türde bitkiler yetiştirilebilir. Tarım alanının %90'ında kuru tarım yapılmaktadır. Bunun en büyük nedeni ise yaşanan kuraklık ve su kısıtıdır. Üretimde en büyük paya sahip olan alan tarla bitkileridir. Buğday, arpa, ayçiçeği ve nohut bu tarla bitkilerinin örneklerindedir. Azımsanmayacak miktarda da meyve ve sebze üretimi mevcuttur. Kaliteli ekmeçlik buğdayı üretimine uygun iklim şartları, geniş ekilebilir arazi varlığı ve sulanan alanlarda mısırdaki yüksek verim potansiyeli; Kırıkkale'nin tahıl yönünden güçlü yönleridir. Kaliteli üzüm üretimine uygun iklim şartları, kaliteli ceviz ve badem üretimine uygun ekoloji de meyvecilik ve bağcılıkta kaliteli üretim potansiyelleri arasındadır.

2.LİTERATÜR

Özgüven vd. (2022), son yıllardaki en popüler teknolojik gelişmelerden biri olan drone'ların tarımda kullanımı yaygınlaşmakta ve yeni uygulama alanlarının da eklenmesiyle daha da popüler hale gelmektedir.

Karcı ve İnan (2021), drone teknolojilerinin yapay zekâ, derin öğrenme, makine tanıma, bilgisayarlı görme ve diğer birçok teknolojiyi içereceğini belirtmektedirler.

Türkseven vd. (2016), İHA'lar irtifa ve uçuş menzili dikkate alınarak veya kanat yapılarına göre sınıflandırılmakta ve günümüzde gerek askeri gerekse sivil çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Turğut ve Şeker (2022), işletmeler müşteri taleplerine kesintisiz ve hızlı cevap verebilmek için drone taşımacılığını tercih etmeye başlamışlardır. Drone taşımacılığıyla birlikte erişimin zor olduğu, trafik sıklığının yoğun olduğu ve henüz altyapı eksikliklerin tamamlanmadığı lokasyonlara da sevkiyat gerçekleştirilme imkânı doğmuştur.

Eren vd. (2023), yangınların çıkış anından itibaren itfaiye birimlerinin yangına bir an önce müdahale etmesi elzemdir. Bazı yangınların gerçekleştiği alan itibariyle kara yolunun olmaması, havadan müdahale birimlerinin de başka illerde konuşlu olması durumunda yangına çok uzun süreler müdahale edilememektedir.

Eren vd. (2022), acil yardım gerektiren bazı olayların gerçekleştiği yer bakımından incelendiğinde karadan ulaşılamayıp, havadan ise zor müdahale edilebilmektedir.

Eren ve Kara (2023), afet bölgelerindeki afetzedelerin tahliyesinin ardından yetkililer tarafından bölgedeki etkilenenlerin maddi açıdan hasarlarının ve tahrip boyutunun belirlenmesi amacıyla bir hasar tespit çalışması yapılması gerekmektedir.

Tekinay ve Bozoğlubatı (2022), Çalışmada askeri alanda kullanılan ve kullanılacak olan İnsansız

Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin, sahip olduğu teknik özelliklerinin karşılaştırılması ile tedarik karar aşamasında, en uygun kararın verilmesini amaçlamaktadır.

Akkamış ve Çalışkan (2020), hassas tarım uygulamalarından biri olan uzaktan algılama tarım arazilerinin özelliklerinin belirlenmesinde uydu ve uçak teknolojilerini kullanarak daha etkin tarımsal yönetim modeli oluşturmada üreticilere yardımcı olmaktadır.

Kadıroğlu ve Şin (2019), insansız Hava Araçlarının (İHA) kullanılması, drone teknolojisinin gelişmesi ve bunla görüntü işleme tekniklerinin de gelişerek kombine halinde yabancı otların tespit edilmesi, takibi, teşhisi ve yoğunluklarının belirlenerek savaşın yöntemlerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Köksal ve Tunca (2021), yüksek çözünürlüklü multispektral görüntüler tarım alanlarının izlenmesinde oldukça yararlı bilgiler sunmaktadır.

Ho vd. (2015), sensör ağı iletişim topolojisinin seçimi ve veri toplama için İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanımı ile ilgilidir. Topoloji, İHA ile iletişim kuran bir dizi küme başlığından oluşur.

Ham vd. (2016), bina Bilgi Modellerini (BIM) öncelikli olarak kullanarak veya kullanmadan, bu platformlardan toplanan görsel verilerin toplanmasını, analizini, görselleştirilmesini ve iletişimini kolaylaştıran en son yöntemlerin kısa bir incelemesini sağlamaktır.

Dorling vd. (2017), İnsansız hava araçları veya dronlar, son mil teslimatlarını yapma ve acil durumlara müdahale etme maliyetini ve süresini

önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Mevcut VRP'ler insansız hava aracı teslimatlarını planlamak için yetersizdir.

Malveaux vd. (2014), dronlar, çok daha büyük insanlı hava araçlarının kullanımıyla ilgili güvenlik riskleri ve yüksek maliyetler olmadan geniş arazi alanlarını araştırabilir ve bu İHA Sistemlerinin kullanımı, çiftlik alanlarından hızlı bir şekilde alınamayan gerçek zamanlı görüntüler ve sensör verileri sağlayabilir.

Muhammed vd. (2020), İHA'ların akıllı şehirlere entegre eden potansiyel uygulamaları, bunların sonuçlarını ve bu tür bir entegrasyonun karşılaştığı teknik ve teknik olmayan sorunları gözden geçirmektedir.

Silvagni vd. (2017), dağ kurtarma operasyonları için çok amaçlı bir İHA'yı (İnsansız Hava Aracı) sunmaktadır.

Duma vd. (2021), Kentsel hava hareketliliğini (UAM) etkinleştirmek için, büyük ölçekli kentsel ortamlarda güvenli İHA navigasyonu sağlamak için verimli bir en kısa yol planlama algoritması gereklidir.

Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen çalışmada Kırıkkale ilinde bulunan tarım alanlarında uygulanabilecek olan drone seçimi problemi ele alınmıştır. Seçilen drone aynı zamanda başka iller için seçimlere de ışık tutabilecektir. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca ele alınan kriterler ile matematiksel modellemeler yapıp ardından ILOG CPLEX programında çözümlenmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde çözümü sağlanacak problem hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde yayınlanmış makaleler incelenerek bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde uygulanacak yöntemlerine ve uygulama adımlarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde uygulama yapılacak yer hakkında bilgi verilmiş ayrıca yapılacak alana yıl içinde uygulanacak ekimin çizelgelemesi yapılmıştır. Çalışmada yer alan beşinci bölümde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP, TOPSİS, PROMETHEE ve VİKOR yöntemleri ile uygun seçim yapılmıştır. Ayrıca bu bölümde yer alan matematiksel model ile ILOG CPLEX programı ile çözüm sağlanmıştır. Altıncı ve son bölümde çalışmanın sonucu ve önerilerine yer verilmiştir.

3.Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (Çkkv)

Literatürde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, çok amaçlı ve çok nitelikli karar verme yöntemleri diye ikiye ayrılır.ÇKKV, çok sayıda kritere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendiren analitik yöntemler topluluğudur. ÇKKV yöntemleri, karar verme sürecine destek olmak ve genellikle çelişen kriterlere göre farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden bir ya da daha fazla alternatifin seçimi veya bu alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır.

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

AHP yönteminde karar vericinin amacı doğrultusunda faktörlerin ve faktörlere ait olan alt faktörlerin belirlenmesi ilk adım olarak tanımlanmaktadır. AHP yönteminde öncelikle amaç belirlenmekte ve bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen faktörler saptanmaya çalışılmaktadır. [10]

3.1.1. AHP uygulamasının aşamaları

AHP ile yapılacak seçimle ilgili karar probleminde genel olarak 4 aşama mevcuttur. Bunlar, problemin ayrıştırılması, önceliklerin oluşturulması, sentezleme ve duyarlılık analizidir. Aşağıda uygulama sürecini 7 aşamada incelemiştir.

Aşama 1: Problemin tanımı ve araştırma:

- Problem tanımlanması ve ne tür bilgi araştırılacağı belirlenmesi,
- Alternatiflerin eksi ve artılarının listesinin yapılması hedeflerin belirlenmesinde faydalı olacaktır. Kriterler ise hedeflerin ne kadar başarılı olduğunu ölçmek için kullanılmaktadır.
- Alternatiflerin araştırılması.

Aşama 2: Gerçekçi olmayan alternatiflerin elenmesi;

- Gereklerin belirlenmesi,
- Gerekleri karşılamayan alternatiflerin elenmesi

Aşama 3: Amaç, hedefler, alt hedefler ve alternatifleri içine alacak şekilde karar modelinin hiyerarşik yapısının oluşturulması. İhtiyaç durumunda aktörler ve senaryolar eklenmesi,

Aşama 4: İkili nispi karşılaştırmalarla modeldeki faktörlerin değerlendirilmesi,

- Mümkün olduğu kadar fazla gerçekçi veri kullanılması ve hedefleri karşılaması konusunun değerlendirilmesi,
- Problemin niteliksel yönünden dolayı bilgi, tecrübe ve sezgilerin kullanılması ya da kesin verilerin kullanılması,

Aşama 5: En iyi alternatifi belirlemek için sentezleme yapılması, Tutarlılık indeksi (CI), n matris boyutu olmak üzere şu şekilde hesaplanır.

$$CI = \frac{X_{max} - n}{n - 1}$$

Karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının tespiti için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Aşama 6: Kararın araştırılması ve doğrulanması, ihtiyaç durumunda tekrarlanması,

- Çözümün dikkatle gözden geçirilmesi ve duyarlılık analizinin yapılması,
- Kararın sezgilerle karşılaştırılması: Eğer sezgilerle karar birbirinden farklı ise bunun nedeninin sorgulanması. Modeli ve yargılamaları gözden geçirme, gerekirse tekrar deneme. Sezgiler ve model örtüşüğünde 7. aşamaya devam edilmeli.

Aşama 7: Gerçekleştirme ve kararın dokümantasyonu.

Tablo 1: Gerçekleştirme ve Karar Tablosu

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49

4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56
7	1,32		

3.2.TOPSIS Yöntemi

TOPSIS Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir ve ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanır. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanır ve çözüm süreci ELECTRE yöntemine nazaran daha kısadır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Yöntemin ilk iki adımı ELECTRE yöntemi ile ortaktır. [21]

3.2.1. TOPSIS Uygulamasının Aşamaları

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} Matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir. Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması Standart Karar Matrisi, A matrisinin

elemanlarından yararlanarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması.

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir (

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1).$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4: İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır.

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J) \right\}$$

Yukarıdaki formülünden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J) \right\}$$

Yukarıdaki formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir. Her iki

formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6: İdeal Çözüme Görelî Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme görelî yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır.

İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

3.3.PROMETHEE Yöntemi

Brans tarafından 1982’de geliştirilmiştir. Bir sıralama algoritmasıdır. Yöntem karar noktalarının

sırasını, PROMETHEE I (kısmi sıralama) ve PROMETHEE II (tam sıralama) ana aşamalarıyla belirler. PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili kıyaslamalarına dayanır. Ancak diğer çoklu karar verme yöntemlerinden temel farkı, değerlendirme faktörlerinin birbirleri arasında ilişki düzeyini gösteren önem ağırlıklarının yanı sıra, her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır.[20]

Adım 1: Karar noktaları ve değerlendirme faktörleri tanımlanması

Tablo 2:Veri Matrisi

		<u>Değerlendirme Faktörleri</u>				
		f_1	f_2	f_3	...	f_k
<u>Karar Noktaları</u>	A	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$...	$f_k(A)$
	B	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$...	$f_k(B)$
	C	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$...	$f_k(C)$

<u>Ağırlıklar</u>	W_i	W_1	W_2	W_3	...	W_k

Adım 2:Tercih fonksiyonlarının belirlenmesi.

Tablo 3:PROMETHEE Yöntemi Tercih Fonksiyonları

	Fonksiyon	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$...
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q

Üçüncü Tip (V Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
Dördüncü Tip (Kademeli)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
Beşinci Tip (Doğrusal)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{(d-s)}{r} & s \leq d \leq s+r \\ 1 & d \geq s+r \end{cases}$	s, r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} & d > 0 \end{cases}$	σ

- Fiyat, maliyet, güç gibi nicel veriler için 3. ve 5. tip tercih fonksiyonu daha uygundur.
- Nitel kararlar için 2. ve 4. tip tercih fonksiyonu daha uygundur.
- Evet, hayır kararlarında 1. Tip tercih fonksiyonu daha uygundur.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi.

Alternatifler için belirlenen ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi Eşitlik 1'de verilmiş olup a ve b alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu;

$$P(A, B) = \begin{cases} 0 & f(A) \leq f(B) \\ p[f(A) - f(B)] & f(A) > f(B) \end{cases}$$

Adım 4: Tercih indekslerinin belirlenmesi.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k W_i * P_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.

Adım 5: Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler belirlenmesi.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b)$$

A alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük değerleri hesaplanır.

Adım 6: PROMETHEE I ile alternatifler için kısmi önceliklerin belirlenmesi.

I. Durum: Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa, a alternatifi b alternatifine tercih edilir.

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b)$$

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b)$$

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b)$$

II. Durum: Aşağıda verilen koşul sağlanıyor ise a alternatifi ile b alternatifi farksızdır.

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b)$$

III. Durum: Aşağıdaki koşullardan herhangi biri sağlanıyor ise, a alternatifi b alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) > \Phi^-(b)$$

$$\Phi^+(a) < \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b)$$

Adım 7:PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi.

Aşağıdaki eşitlik yardımıyla her bir alternatif için tam öncelikler hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirerek tam sıralama belirlenir.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

A ve B gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

$\Phi(a) > \Phi(b)$ ise, a alternatifi daha üstündür.

$\Phi(a) = \Phi(b)$ ise, a ve b alternatifleri farksızdır.

3.4.VIKOR Yöntemi

Çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonunda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde uzlaşık sıralama listesine veya uzlaşık çözüme karar verilir. VIKOR yöntemi ile araştırmalarda birbirleri ile çelişen kriterler arasında seçim veya sıralama yapmak daha kolay olur. Karar problemine ait alternatifler, kriterler ve kriterlere göre alternatiflerin skorları belirlendikten sonra skorlar bir karar matrisine dönüştürülür. VIKOR yöntemi, "ideale yakınlık" temel alınarak "çok kriterli sıralama puanlaması" yapılması ile uzlaşık sıralı liste ve uzlaşık çözüm saptaması

yapar. VIKOR yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir. (Bircan, Demir, & Güvendi, 2020)

3.4.1.VIKOR Yöntemi Adımları

Belirlenmiş olan m adet alternatif a1, a2, a3,.....am, n adet kriter c1, c2, c3,, cn ve her bir aj (j=1, 2,...., m) alternatifinin, ci (i=1, 2, 3,....., n) kriteri karşılığındaki puanı fij olmak üzere VIKOR yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır.

1.Adım: Uygulama kapsamındaki tüm kriterler için en iyi ve en kötü değerler belirlenir. Eğer i kriteri fayda sağlayan bir kriter ise;

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i=1,2,\dots,n$$

2.Adım: Sj ve Rj değerleri j= 1,2,....,J için hesaplanır. H esaplama aşağıdaki formüllere göre yapılır. Formüllerdeki; Sj : j. alternatif için ortalama grup skoru, Rj : j. alternatif için en kötü grup skoru olarak ifade edilir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]$$

Formüllerdeki wi görelî önemleri gösteren kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Ağırlıklar toplamı 1'e eşit olmalıdır.

3.Adım: Qj değerleri tüm j= 1,2,....,J için belirlenir.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*)$$

Burada;

$$S^* = \min_j S_j \quad S^- = \max_j S_j \quad R^* = \min_j R_j \quad R^- = \max_j R_j$$

Formüldeki "v" değeri kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını yani maksimum grup faydasını ifade etmektedir. Başka bir deyişle; "v" değeri

maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, “1-v” karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir.

Uzlaşma, “ $v > 0,5$ ”

Konsensüs, “ $v=0,5$ ”

Veto “ $v < 0,5$ ” ile sağlanabilmektedir.

4.Adım: S_j, R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir. Sıralamada en küçük j değeri, alternatifler arasındaki en iyi seçeneği belirtir.

5.Adım: Şayet aşağıdaki iki koşul sağlanırsa elde edilen sonuç geçerli kabul edilir. Ancak bu durumda minimum değerine sahip alternatif en uygun olarak değerlendirilebilir. Koşul-1 (Kabul edilebilir avantaj): $Q(a'') - (a') \geq D a'$: değerine göre birinci sıradaki alternatif a'' : değerine göre ikinci sıradaki alternatif $DQ=1/(J-1)$; J alternatif sayısını gösterir.

Koşul-2 (Kabul edilebilir istikrar): En iyi değerine sahip a' alternatifi, S ve R değerlerinin en az birinde en iyi puanı elde etmelidir. Şayet Koşul-1 ve Koşul-2’den biri sağlanmıyorsa uzlaşık çözüm kümesi şöyledir:

Koşul-2 sağlanmıyorsa, birinci sıradaki a' ve ikinci sıradaki a'' alternatiflerinin ikisi de en iyi uzlaşım ortak çözüm olarak belirlenir.

Koşul-1 sağlanmıyorsa $a', a'', \dots, a(M)$ alternatifleri ve değeri maksimum M için $(a(M)) - Q(a') < DQ$ ile belirlenir. Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum değerine sahip alternatiflerden biridir.

4.ÇALIŞMA YAPILACAK YER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kırıkkale İli, kuzey yarım kürede 330 20’-340 25’ doğu meridyenleri ve 390 20’-400 20’ kuzey paralelleri arasında yer alır. Deniz seviyesinden yüksekliği 700 m, yüzölçümü ise 4.630 km²’dir. Ülkemiz topraklarının %0,62’sini, İç Anadolu Bölgesi topraklarının da %3,1’ini kaplar. İç Anadolu Bölgesi’nin Orta Kızılırmak bölümünde yer alan önemli bir geçiş sahasıdır. İlimiz, 8 ilçe 2 belde 185 köyden oluşmaktadır. Tablo 4 ‘de nüfus ve yüz ölçümünün nerelerde kullanıldığı hakkında bilgi vermektedir.

Tablo 4:Çalışma Yapılacak Yer Bilgileri

GENEL BİLGİLER	
Nüfus	276 Bin Kişi
ÇKS Kayıtlı Çiftçi Sayısı	14.695 Kişi
Yüz Ölçümü	4 Milyon 791 Bin Dekar
Toplam Tarım Alanı	3 Milyon Dekar
Mera Alanı	718 Bin 810 Dekar
NADAS Alanı	712.992 Dekar
Orman Alanı	702 Bin 860 Dekar

Tablo 5’ de 2002, 2020 ve 2021 yıllarına ait meyve ve sebze üretim alanları ve üretim miktarları verilmiştir.

Tablo 5: Tarım Alanlarının Dağılımı ve Üretim Miktarı

Ürünler	2002		2020		2021	
	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
Meyve	37.68	14.878	32.268	24.061	41.047	23.904
Sebze	70.9	112.244	17.499	42.424	19.027	41.364
Tarla	2.005.160	434.557	1.994.317	450.51	2.096.749	256.068

Kırıkkale’de mevcut üretimi yapılan ürünler listesi Üretim, Tablo 7’ de Meyvecilik Üretim Verileri ve bitkisel üretim, meyvecilik verileri ve sebzeçilik Tablo 8’ de Sebzeçilik Üretim Verileri aşağıda verileri olmak üzere; Tablo 6’ da Bitkisel Ürün verilmiştir.

Tablo 6: Kırıkkale İli Bitkisel Ürün Üretim Tablosu

<u>BİTKİSEL ÜRÜN ÜRETİM</u>				
<u>2021 TARLA ÜRÜNLERİ VERİLERİ</u>				
Ürün Adı	Türkiye Üretimi (Ton)	İl Üretimi (Ton)	Türkiye Üretimi İçindeki Payı	Kırıkkale İlindeki Üretim Payı
Buğday	17.650.000	113.568	0,64%	46,26%
Arpa	5.750.000	57.671	1,00%	23,49%
Şeker Pancarı	18.250.000	41.546	0,23%	16,92%
Nohut	475.000	17.693	3,72%	7,21%
Mısır (Dane)	6.750.000	15.034	0,22%	6,12%
Toplam	48.875.000	245.512	-	-

Tablo 7: Kırıkkale İli Meyvecilik Üretim Verileri

<u>MEYVECİLİK ÜRETİM</u>
<u>2021 MEYVECİLİK VERİLERİ</u>

Ürün Adı	Türkiye Üretimi (Ton)	İl Üretimi (Ton)	Türkiye Üretimi İçindeki Payı	Kırıkkale İlindeki Üretim Payı
Üzüm	3.670.000	18.812	0,51%	85,49%
Elma	4.493.264	1.605	0,04%	7,29%
Kayısı	800.000	690	0,09%	3,14%
Ceviz	325.000	482	0,15%	2,19%
Armut	530.349	415	0,08%	1,89%
Toplam	9.818.613	22.004	-	-

Tablo 8:Kırıkkale İli Sebzeçilik Üretim Verileri

SEBZECİLİK ÜRETİM				
2021 SEBZECİLİK VERİLERİ				
Ürün Adı	Türkiye Üretimi (Ton)	İl Üretimi (Ton)	Türkiye Üretimi İçindeki Payı	Kırıkkale İlindeki Üretim Payı
Domates	13.095.258	13.566	0,10%	40,47%
Kavun	1.638.638	7.896	0,50%	23,55%
Pırasa	213.192	5.225	2,50%	15,59%
Soğan	2.626.185	3.873	0,10%	11,55%
Biber	3.091.295	2.965	0,10%	8,84%
Toplam	20.664.568	33.525	-	-

Üretimi yapılan ürünlerin kapladıkları alanlar göz önünde bulundurulduğunda ilin yüz ölçümünün %70'i tarım için kullanılmaktadır. Üretimin bu denli geniş olması ve gerek il ekonomisine gerekse ülke ekonomisine katkısı büyüktür. Mevsimlik işçi maliyetleri, düzenli çalışanlar ve kullanılan araçların maliyetleri ve gereğinden fazla kullanılan tarımsal ilaçlar, gübreler ve sulama yüzünden maliyetlerin çok yüksek olduğu bilinmektedir. Ayrıca gereğinden fazla kullanılan zirai ilaçlar, gübreler ve sulama nedeniyle de verimin düştüğü gözlemlenmektedir ve bu da kardan miktarlarına yansımaktadır. Tüm bu durumlar düşünüldüğünde optimizasyonun kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Kırıkkale İlinde bulunan tarım arazilerinin hem

verimli bir şekilde kullanılması hem de ekim ve ilaçlamaların gereğine uygun yapılması için insansız hava araçlarının kullanılması istenmektedir. Toplam tarım alanı 3 milyon dekar olup başlangıç olarak bu alanın sadece %10'luk kısmında çalışma yapılacaktır. Yetiştirilecek olan ürünlere ait olan veriler, alanları ve ekim-ilaçlama tarihleri ile, verilmiş olup duruma uygun olan insansız hava araçlarının dönemlere göre planlaması ve çizelgelemesinin yapılması gerekmektedir.

4.1.Takvim Çizelgelemesi

Ürünlerin Ekim – İlaçlama ve Gübreleme tarihleri takvimde verilmiş olup tek yıldız ekim tarihi çift

yıldızlar ilaçlama ve gübreleme tarihlerini temsil etmektedir.

Tablo 9: 2024 Yılı Çizelgeleme Kısaltmaları

KISALTMA	ÜRÜN	KISALTMA	ÜRÜN
BĞD	BUĞDAY	ARP	ARPA
N	NOHUT	KVN	KAVUN
M	MISIR	K	KARPUZ
ŞP	ŞEKER PANCARI	Ü	ÜZÜM
S	SOĞAN	E	ELMA
Ç	ÇELTİK	A	ARMUT
K	KAYISI		

Ocak 2024		Şubat 2024		Mart 2024		Nisan 2024	
P 1	Yılbaşı 1	P 1		C 1	K**	P 1	M * 14
S 2		C 2		C 2		S 2	M *
Ç 3		C 3		P 3		Ç 3	M *
P 4		P 4		P 4	N * 10	P 4	M *
C 5		P 5	K** 6	S 5	N *	C 5	M *
C 6		S 6	K**	Ç 6	N *	C 6	
P 7		Ç 7	K**	P 7	N *	P 7	
P 8	2	P 8	K**	C 8	N *	P 8	ARP ** N** 15
S 9		C 9	K**	C 9		S 9	ARP ** N**
Ç 10		C 10		P 10		Ç 10	ARP ** N**
P 11		P 11		P 11	N ** 11	P 11	ARP ** N**
C 12		P 12	7	S 12	N **	C 12	ARP ** N**
C 13		S 13		Ç 13	N **	C 13	
P 14		Ç 14		P 14	N **	P 14	
P 15	3	P 15		C 15	N **	P 15	Ü ** 16
S 16		C 16		C 16		S 16	Ü **
Ç 17		C 17		P 17		Ç 17	Ü **
P 18		P 18		P 18	N** 12	P 18	Ü **
C 19		P 19	8	S 19	N**	C 19	Ü **
C 20		S 20		Ç 20	N**	C 20	
P 21		Ç 21		P 21	N**	P 21	
P 22	4	P 22		C 22	N**	P 22	KVN * M** 17
S 23		C 23		C 23		S 23	KVN * M**
Ç 24		C 24		P 24		Ç 24	KVN * M**
P 25		P 25		P 25	ŞP* 13	P 25	KVN * M**
C 26		P 26	K** 9	S 26	ŞP*	C 26	KVN * M**
C 27		S 27	K**	Ç 27	ŞP*	C 27	
P 28		Ç 28	K**	P 28	ŞP*	P 28	
P 29	5	P 29	K**	C 29	ŞP*	P 29	18
S 30				C 30		S 30	
Ç 31				P 31			

Şekil 1: 2024 Yılı Ocak- Şubat- Mart- Nisan Çizelgesi

Mayıs 2024		Haziran 2024		Temmuz 2024		Ağustos 2024	
Ç 1	Emek ve Dayanışma Günü	C 1		P 1	27	P 1	
P 2		P 2		S 2		C 2	
C 3		P 3	M ** KVN** 23	Ç 3		C 3	
C 4		S 4	M ** KVN**	P 4		P 4	
P 5		Ç 5	M ** KVN**	C 5		P 5	A ** 32
P 6	Ü** 19	P 6	M ** KVN**	C 6		S 6	A **
S 7	Ü**	C 7	M ** KVN**	P 7		Ç 7	A **
Ç 8	Ü**	C 8		P 8	ŞP ** 28	P 8	A **
P 9	Ü**	P 9		S 9	ŞP **	C 9	A **
C 10	Ü**	P 10	KYS ** 24	Ç 10	ŞP **	C 10	
C 11		S 11	KYS **	P 11	ŞP **	P 11	
P 12		Ç 12	KYS **	C 12	ŞP **	P 12	S * BGD ** 33
P 13	Ç* E ** Ç ** 20	P 13	KYS **	C 13		S 13	S * BGD **
S 14	Ç* E ** Ç **	C 14	KYS **	P 14		Ç 14	S * BGD **
Ç 15	Ç* E ** Ç **	C 15		P 15	Ç ** 29	P 15	S * BGD **
P 16	Ç* E ** Ç **	P 16		S 16	Ç **	C 16	S * BGD **
C 17	Ç* E ** Ç **	P 17	25	Ç 17	Ç **	C 17	
C 18		S 18		P 18	Ç **	P 18	
P 19	Atatürk'ü Anma, Gençlik ve	Ç 19		C 19	Ç **	P 19	34
P 20	Ü** 21	P 20		C 20		S 20	
S 21	Ü**	C 21		P 21		Ç 21	
Ç 22	Ü**	C 22		P 22	30	P 22	
P 23	Ü**	P 23		S 23		C 23	
C 24	Ü**	P 24	26	Ç 24		C 24	
C 25		S 25		P 25		P 25	
P 26		Ç 26		C 26		P 26	35
P 27	22	P 27		C 27		S 27	
S 28		C 28		P 28		Ç 28	
Ç 29		C 29		P 29	31	P 29	
P 30		P 30		S 30		C 30	
C 31				Ç 31		C 31	

Şekil 2: 2024 Yılı Mayıs- Haziran- Temmuz- Ağustos Çizelgelemesi

Eylül 2024		Ekim 2024		Kasım 2024		Aralık 2024	
P 1		S 1		C 1		P 1	
P 2	36	Ç 2		C 2		P 2	49
S 3		P 3		P 3		S 3	
Ç 4		C 4		P 4	45	Ç 4	
P 5		C 5		S 5		P 5	
C 6		P 6		Ç 6		C 6	
C 7		P 7	41	P 7		C 7	
P 8		S 8		C 8		P 8	
P 9	BĞD * 37	Ç 9		C 9		P 9	50
S 10	BĞD *	P 10		P 10		S 10	
Ç 11	BĞD *	C 11		P 11	46	Ç 11	
P 12	BĞD *	C 12		S 12		P 12	
C 13	BĞD *	P 13		Ç 13		C 13	
C 14		P 14	42	P 14		C 14	
P 15		S 15		C 15		P 15	
P 16	K * 38	Ç 16		C 16		P 16	51
S 17	K *	P 17		P 17		S 17	
Ç 18	K *	C 18		P 18	47	Ç 18	
P 19	K *	C 19		S 19		P 19	
C 20	K *	P 20		Ç 20		C 20	
C 21		P 21	43	P 21		C 21	
P 22		S 22		C 22		P 22	
P 23	ARP * 39	Ç 23		C 23		P 23	52
S 24	ARP *	P 24		P 24		S 24	
Ç 25	ARP *	C 25		P 25	48	Ç 25	
P 26	ARP *	C 26		S 26		P 26	
C 27	ARP *	P 27		Ç 27		C 27	
C 28		P 28	44	P 28		C 28	
P 29		S 29 Cumhuriyet Bayramı		C 29		P 29	
P 30	40	Ç 30		C 30		P 30	1
		P 31				S 31	

Şekil 3: 2024 Yılı Eylül- Ekim- Kasım- Aralık Çizelgesi

Yapılan 2024 yılı ekim çizelgesine bağlı olarak kullanılacak olan Drone seçimi aşamasına geçilir.

5.UYGULAMA

Uygulamamız Kırıkkale ilinde tarım alanında kullanılabilen bir drone seçimidir.

5.1Problemin Tanımlanması

Çalışmanın amacı Kırıkkale ilinde tarımda kullanılacak en verimli insansız hava aracını belirlenmesidir.

5.2.Alternatifler

-DJI AGRAS T40

-DJI AGRAS T20

-DJI AGRAS T30

-DJI AGRAS T10

-Agraden Z16

Bu karşılaştırmalar yapılırken Kırıkkale ili için en uygun tarımda insansız hava aracı alternatiflerinin belirlenebilmesi amacıyla detaylı araştırmalar yapılmış olup karar verilen alternatifleri maliyetleri, kapasiteleri, birim hızları ve sprej genişlikleri açısından diğer insansız hava araçları arasından bu 5 alternatifte karar verilmiştir.

5.3.Kriterler

-Maliyet

-Kapasite

-Birim Hızı

-Sprej Genişliği

Kriterlerimiz tarımda kullanılabilen en verimli insansız hava aracını belirlemek için insansız hava araçlarının temel özelliklerini araştırıp onlar arasında değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucu 4 temel kriterler belirlenmiştir.

5.4.ÇKKV Yöntemleri ile Problemin Çözümü

5.4.1. AHP Çözümü

-Kriterler, alt kriterler, alternatifler ve hiyerarşik yapının belirlenmesi

-Kriterler ve her bir kriter için alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmaların yapılması. Kriterler arası karşılaştırma matrisi, boyutu n*n olan bir kare matristir ve köşegeni üzerinde yer alan bileşenler 1 değerini almaktadır. Kriterlerin karşılaştırılması, birebir ve birbirlerine kıyasla önem düzeylerine göre yapılmaktadır. Bu adımda, karar verilmesi gereken alternatifler önem ölçeğine göre karşılaştırılarak ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilmektedir.

Kriterler uzman görüşleriyle karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, önem düzeyleri belirlenmiş ve tutarlılıkları hesaplanmıştır.

Tablo 10: AHP Karar Matrisi

	Maliyet	Kapasite	Birim Hız	Sprej Genişliği
Maliyet	1,0000	2,0000	2,0000	5,0000
Kapasite	0,5000	1,0000	3,0000	4,0000
Birim Hız	0,5000	0,2000	1,0000	3,0000
Sprej Genişliği	0,2000	0,2500	0,3333	1,0000
Toplam	2,2000	3,4500	6,3333	13,0000

AHP adımları uygulanıp sonuç tablosu verilmiştir.

Tablo 11: AHP Sonuç Tablosu

	Maliyet	Kapasite	Sprey Alanı	Sprey Genişliği	ÖNEM SIRASI
DJI AGRAS T40	0,2479				1
DJI AGRAS T20	0,1736				4
DJI AGRAS T30	0,2235				2
DJI AGRAS T10	0,2164				3
Agraden Z16	0,1386				5

RI değeri 0,10 dan küçük çıkmalıdır.

RI=0,0260<0,10 olduğu için matris tutarlı diyebiliriz.

Bu aşamada alternatif puanları da denilen nihai önceliklerden en yüksek değere sahip olan alternatif seçilmektedir. Çalışmada 0,2479 ile en

yüksek değere **DJI AGRAS T40** dronunun sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

5.4.2. TOPSİS Çözümü

-Karar Matrisi oluşturulması. Kriter ağırlıkları AHP yönteminden alınmış alternatif ağırlıkları ayrıca verilmiştir.

Tablo 1: TOPSİS Karar Matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,4337	0,3246	0,1685	0,0732
	Maliyet	Kapasite	Birim Hız	Sprey Genişliği
DJI AGRAS T40	1,5	5	5	5
DJI AGRAS T20	4	2	3	3
DJI AGRAS T30	2	3	4	4
DJI Agras T10	4	1	1	1
Agraden Z16	3	2	2	2

Tablo 2: TOPSİS Sonuç Tablosu

	p score	rank
DJI AGRAS T40	0,5840	1
DJI AGRAS T20	0,5243	2
DJI AGRAS T30	0,4405	3
DJI Agras T10	0,4160	4
Agraden Z16	0,3816	5

En iyi alternatif **DJI AGRAS T40** dronu olarak sonuçlanmıştır.

5.4.3. PROMETHEE Çözümü

Visual PROMETHEE Demo - unnamed (not saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1	Maliyet	Kapasite	Birim Hız	Sprey Genişliği
Unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆
Preferences				
Min/Max	min	max	max	max
Weight	0,43	0,32	0,17	0,07
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics				
Minimum	0,06	0,07	0,08	0,07
Maximum	0,40	0,42	0,41	0,38
Average	0,20	0,20	0,20	0,20
Standard Dev.	0,11	0,12	0,12	0,11
Evaluations				
<input checked="" type="checkbox"/> DJI AGRAS T40	0,06	0,42	0,41	0,21
<input checked="" type="checkbox"/> DJI AGRAS T20	0,19	0,17	0,16	0,12
<input checked="" type="checkbox"/> DJI AGRAS T30	0,18	0,23	0,26	0,38
<input checked="" type="checkbox"/> DJI AGRAS T10	0,40	0,07	0,08	0,07
<input checked="" type="checkbox"/> Agraden Z16	0,16	0,11	0,10	0,21

All Scenario1

Actions: 5 (5 active) Criteria: 4 (4 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/€] NOT saved

Şekil 4:Promethee Kriter Ağırlıklar

Promethee uygulamasında kriterler ve alternatiflerin değerleri girilmiştir. Bu bilgiler ışığında sonuç tablosu elde edilir.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	DJI AGRAS T40	0,9470	0,9646	0,0177
2	DJI AGRAS T30	0,3182	0,6591	0,3409
3	Agraden Z16	-0,0126	0,4848	0,4975
4	DJI AGRAS T20	-0,2525	0,3737	0,6263
5	DJI AGRAS T10	-1,0000	0,0000	1,0000

Şekil 5: PROMETHEE öncelik Sıralaması

Öncelik sıralamasında en iyi alternatif **DJI AGRAS T40** dronu olarak sonuçlanmıştır.

5.4.4. Problemin VIKOR Yöntemi ile Çözümü

-Karar Matrisi oluşturulması. Kriter ağırlıkları AHP yönteminden alınmış alternatif ağırlıkları ayrıca verilmiştir.

Tablo 14: VIKOR Karar Matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,4337	0,3246	0,1685	0,0732
	Maliyet	Kapasite	Birim Hız	Sprey Genişliği
DJI AGRAS T40	1,5	5	5	5
DJI AGRAS T20	4	2	3	3
DJI AGRAS T30	2	3	4	4
DJI AGRAS T10	4	1	1	1
Agraden Z16	3	2	2	2

-Rank tablosu

Tablo 15: VIKOR Rank Tablosu

	Qi	Rank
DJI AGRAS T40	0,0000	1
DJI AGRAS T20	0,8990	4
DJI AGRAS T30	0,3419	2
DJI AGRAS T10	1,0000	5
Agraden Z16	0,6425	3

Öncelik sıralamasında en iyi alternatif **DJI AGRAS T40** dronu olarak sonuçlanmıştır.

5.5. ÇKKV Yöntemleri ile Problemin Sonucu

Yapılan 4 Çok Kriterli Karar Verme yöntemi ile çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1. **AHP Çözümü:**DJI AGRAS T40
2. **TOPSİS Çözümü:** DJI AGRAS T40
3. **PROMETHEE Çözümü:** DJI AGRAS T40
4. **VİKOR Çözümü:** DJI AGRAS T40

Bu çözümler sonucunda ortaya çıkan ortak karar seçilebilecek en iyi alternatifin **DJI AGRAS T40**Drone'nin olmasıdır.

5.6. Matematiksel Model ile Problemin Çözümü

5.6.1. Verilerin Toplanması

Çalışmada ele alınan problem bir yıl içerisinde Kırıkkale İlinde ekilen ve mahsulleri ve bunların ilaçlanmalarını kapsamaktadır. Toplam tarım alanı 3milyon dekadır. Bu çalışmada incelenen problem dahilinde 13 farklı ürün bulunmaktadır ve toplam tarım alanının %10una denk gelecek şekilde çalışma yapılacaktır. İnsansız hava araçları mahsullerin bulunduğu arazilere gitmek ve orada ekim, ilaçlama ve gübreleme faaliyetleri için vakit harcamaktadırlar. Bunun için her ürünün farklı ekim, ilaçlama ve gübreleme süreleri hesaplanmıştır. Süreler aylara göre değişim

göstermektedir. İncelenen proje kapsamında elde edilen veriler Tablo 21'de yer almaktadır.

Matematiksel modelin çözümünde arazilerde kullanılacak olan tüm insansız hava araçlarının eşit iş yükünü sağlayacak atamanın yapılması hedeflenmektedir. Toplamda 300.000 dekarlık alana yayılmış olan 13 mahsulün bulunduğu bu problemde bir insansız hava aracı 150.000 dekar olmak üzere her iki insansız hava aracına da iş yükünün eşit dağıtılması ve böylelikle her insansız hava aracının eşit düzeyde performans göstermesi istenmektedir.

5.6.2. Varsayımların Belirlenmesi

- İnsansız hava araçlarının özellikleri birebir olarak aynıdır.
- Arazilerin ve mahsullerin önem dereceleri aynıdır.
- Ürünler arası uzaklıklar eşittir.
- Aynı türde olan her mahsulün hazırlık süreleri eşittir. (Arazi boyutları aynı olduğu takdirde)
- Arazilere ulaşımında yolculuk sürecinde herhangi bir olumsuzluk olmadığı varsayılmıştır.
- İnsansız hava araçlarının kullanımı sırasında herhangi bir olumsuz hava koşulunun olmadığı ve hatta çalışmak optimum noktada olduğu varsayılmıştır.

Tablo 36: Ürünlere Göre Üretim Alanları

ÜRETİM ALANLARI				
Ürünler		İl içi Üretim Payı	Üretim Alanı	Problemde Hesaplamanın Yapılacağı Alan
1	Arpa	22.69%	492526.3401	49252.63401
2	Buğday	44.69%	969956.0874	96995.60874
3	Şeker P.	16.34%	354769.9308	35476.99308
4	Mısır	5.91%	128321.0388	12832.10388
5	Nohut	6.96%	151175.6029	15117.56029
6	Soğan	0.10%	2197.6185	219.76185
7	Çeltik	0.24%	5200.1553	520.01553
8	Kavun	0.21%	4480.8585	448.08585
9	Karpuz	0.15%	3180.671	318.0671
10	Üzüm	1.61%	35091.0803	3509.10803
11	Elma	0.14%	2992.3263	299.23263
12	Armut	0.04%	775.7883	77.57883
13	Kayısı	0.92%	19945.6671	1994.5667

Tablo 16’da 13 farklı ürün bulunmaktadır ve toplam tarım alanının %10una denk gelecek şekilde çalışma yapılmıştır.

Tablo 17: Genel Üretim Alanları

Ürün	Toplam Üretilen Alan	Toplam Üretim Alanı
Sebze	19027	6678,477
Meyve	41047	43328,0707
Tarla	2096749	2101949

Kırıkkale ilinde meyve, sebze ve tarla mahsullerinin toplam üretim alanları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 18: Ürünlere Göre Hazırlık İlaçlama Ekim ve Gübreleme Süreleri

	Ürünler	Yol Süreleri (saat)	Hazırlık Ekim (saat)	Hazırlık Gübreleme (saat)	Hazırlık İlaç (saat)	Ekim (saat)	İlaçlama (saat)	Gübreleme (saat)
Arpa	1.00	1.00	0.16	0.08	0.08	1.64	231.23	231.23
Buğday	2.00	1.00	0.16	0.08	0.08	3.23	455.38	455.38
Nohut	3.00	1.00	0.16	0.08	0.08	1.18	166.56	166.56
Mısır	4.00	1.00	0.16	0.08	0.08	0.43	60.24	60.24
ŞekerP.	5.00	1.00	0.16	0.08	0.08	0.50	70.97	70.97
Soğan	6.00	1.00	-	0.08	0.08	0.01	1.03	1.03
Çeltik	7.00	1.00	-	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00
Kavun	8.00	1.00	-	0.08	0.08	0.01	2.10	2.10
Karpuz	9.00	1.00	-	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00
Üzüm	10.00	1.00	-	0.08	0.08	0.12	87.73	87.73
Elma	11.00	1.00	-	0.08	0.08	0.01	7.48	7.48
Armut	12.00	1.00	-	0.08	0.08	0.00	1.94	1.94
Kayısı	13.00	1.00	-	0.08	0.08	0.00	3.22	3.22

İnsansız hava araçları mahsullerin bulunduğu arazilere gitmek ve orada ekim, ilaçlama, yol süreleri ve gübreleme faaliyetleri için harcadığı vakitler Tablo 18’de gösterilmiştir. Bunun için her ürünün süreleri farklıdır.

Tablo 19: Dekar Başına Tohum Maliyetleri

Tohum Maliyeti	
Ürün	1 Dekar
Buğday	600
Arpa	330
Şeker Pancarı	200
Nohut	665
Mısır (Dane)	240
Armut	12500
Kavun	720
Pırasa	17500
Soğan	1250
Biber	5200
Çeltik	1320
Karpuz	1000

Tablo 19’da Dekar başına mahsul tohumlarının maliyetleri verilmiştir.

Tablo 20: Dekar Başına İlaç Maliyetleri

İlaç Maliyeti	
Ürün	1 Dekar
Buğday	613,6
Arpa	525,2
Şeker Pancarı	608,4
Nohut	478,4
Mısır (Dane)	494
Armut	624
Kavun	556,4
Pırasa	478,4
Soğan	618,8
Biber	577,2
Çeltik	598
Karpuz	603,2
Üzüm	592,8
Kayısı	590,2
Elma	587,6

Tablo 20’de Dekar başı mahsullerin ilaç maliyetleri verilmiştir.

Tablo 21: Ürünlerin Haftalık Maliyet Tablosu

Hafta	Urun1 Arpa	Urun2 Buğday	Urun3 Şeker P.	Urun4 Mısır	Urun5 Nohut	Urun6 Soğan	Urun7 Çeltik	Urun8 Kavun	Urun9 Karpuz	Urun10 Üzüm	Urun11 Elma	Urun12 Armut	Urun13 Kayısı
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	603	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	603	0	0	0	0
10	0	0	0	0	665	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	478	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	478	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	525	0	0	0	478	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	592	0	0	0
17	0	0	0	494	0	0	0	720	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	592	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	1918	0	0	0	587	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	494	0	0	0	556	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	590
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	608	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	598	0	0	0	587	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	624	0
33	0	613	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
39	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mahsullerin haftalık maliyet Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 22: Ürünlerin Haftalık Talep Tablosu

Hafta	Urun1 Arpa	Urun2 Buğday	Urun3 Şeker P.	Urun4 Mısır	Urun5 Nohut	Urun6 Soğan	Urun7 Çeltik	Urun8 Kavun	Urun9 Karpuz	Urun10 Üzüm	Urun11 Elma	Urun12 Armut	Urun13 Kayısı
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	318	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	318	0	0	0	0
10	0	0	0	0	15118	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	15118	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	15118	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	35477	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	12832	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	49253	0	0	0	15118	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3509	0	0	0
17	0	0	0	12832	0	0	0	448	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3509	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	520	0	0	0	299	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	12832	0	0	0	448	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	35477	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	520	0	0	0	299	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0
33	0	96996	0	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	96996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	318	0	0	0	0
39	49253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ürünlerin takviminde yer alan dönemlerde ne normal alanlarının sadece %10'u alınarak problem kadar alan ilaçlama yapılacağı ve/veya ekim oluşturulmuştur. Detaylı talepler tablo 22' de yapılacağı bizim taleplerimizi belirler. Ürünlerin verilmiştir.

Tablo 23: Haftalık İnsansız Hava Aracı Kapasitesi

Hafta	Kapasite
1	10650
2	10650
3	10650
4	10650
5	10650
6	10650
7	10650
8	10650
9	10650
10	10650
11	10650
12	10650
13	4000
14	4000
15	10650
16	10650
17	7325
18	10650
19	10650
20	7325
21	10650
22	10650
23	10650
24	10650
25	10650
26	10650
27	10650
28	10650
29	10650
30	10650
31	10650
32	10650
33	7325
34	10650
35	10650
36	10650
37	4000
38	4000
39	4000
40	10650
41	10650
42	10650
43	10650
44	10650
45	10650
46	10650
47	10650
48	10650
49	10650
50	10650
51	10650
52	10650

Drone kapasitesi, seçilen drone'un 1 saatte ilaçlayabildiği ve ekim yapabildiği hız baz alınarak, 1 günde 10 saat, 1 haftada 5 gün çalışabilecek şekilde hesaplanmıştır. Haftalara göre detaylı kapasiteler Tablo 23' de verilmiştir.

5.6.3 Matematiksel Modelin Oluşturulması

Küme ve İndisler:

- Ürünler: \bar{U} (1'den 13'e kadar olan ürün indisleri)
- Haftalar: H (1'den 52'ye kadar olan hafta indisleri)
- Drone'lar: D (1'den 2'ye kadar olan drone indisleri)

Parametreler:

$T[i][j]$: j. ürünü. haftadaki talebi

$K[i][k]$: i. haftadaki k. Drone'unun maksimum kapasitesi

$C[i][j][k]$: i. haftada j. üründe k. Drone'unun yaptığı işlemin maliyeti

Karar Değişkenleri:

$y[i, j, k]$: i. haftada j. üründe k. Drone'u tarafından yapılan işlem miktarı

Amaç Fonksiyonu:

$\max \sum y[i, j, k] * c[i, j]$

Kısıtlar:

- Drone kapasite kısıtları

$$\sum y[i, j, 1] \leq K[i], \forall i \in H, \forall j \in \bar{U},$$

$$\sum y[i, j, 2] \leq K[i], \forall i \in H, \forall j \in \bar{U}$$

- Taleplerin karşılanması

$$y[i, j, 2] \leq T[i][j] - y[i, j, 1], \forall i \in H, \forall j \in \bar{U}$$

-Negatif olmama kısıtı

$$y[i, j, k] \geq 0$$

Modelin amaç fonksiyonu, çok kriterli karar verme yöntemleriyle seçilen zirai insansız hava araçlarının belirlenen takvim doğrultusunda en verimli şekilde kullanılmasını hedeflemektedir.

Modelin kısıtları, talep kısıtı insansız hava araçlarının bazı haftalardaki kapasitelerinden dolayı karar değişkenimizden “ \geq ” olarak alınmıştır. Talep kısıtı, iki insansız hava aracının daha önce işlem yapılan ürüne tekrar gidilmemesi için yani talebi karşılanan ürünlere gidilmemesi için bir insansız hava aracının yapması gereken işlemin ana talepten önceki insansız hava aracının yaptığı işlemden çıkartılması sonucu elde edilir. Kapasite kısıtı, bir insansız hava aracının o hafta işlem yaptığı tüm ürünlerin toplamının mevcut kapasiteye küçük veya eşit olmasını sağlayan kısıttır. Negatif olmama kısıtı karar değişkenlerinin negatif olmama kısıtıdır.

5.7. Çözüm

Tablo 24: ILOG Sonuç Tablosu

Hafta	Ürün	Drone	Değer
6	Karpuz	1	318
9	Karpuz	1	318
10	Nohut	1	10650
10	Nohut	2	4468
11	Nohut	1	10650
11	Nohut	2	4468
12	Nohut	1	10650
12	Nohut	2	4468
13	Şeker P.	2	4000
13	Şeker P.	1	4000
14	Mısır	2	4000
14	Mısır	1	4000
15	Arpa	2	10650
15	Arpa	1	10650
16	Üzüm	1	3509
17	Mısır	2	6877

17	Mısır	1	5955
17	Kavun	2	448
19	Üzüm	1	3509
20	Çeltik	1	520
20	Elma	1	299
23	Mısır	2	10202
23	Mısır	1	2630
23	Kavun	2	448
24	Kayısı	1	129
28	Şeker P.	2	10650
28	Şeker P.	1	10650
29	Çeltik	1	520
29	Elma	1	299
32	Armut	1	78
33	Buğday	2	7325
33	Buğday	1	7105
33	Soğan	1	220
37	Buğday	2	4000
37	Buğday	1	4000
38	Karpuz	1	318
39	Arpa	2	4000

ILOG sonuçları Tablo 24’de verilmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışma Kırıkkale ili kapsamında yapılmıştır. Kırıkkale; coğrafi konumu, iklim ve toprak yapısı gibi nedenlerde farklı türde bitkilere ev sahipliği yapmaktadır. Genel itibariyle kuru tarım yapılan Kırıkkale’de, üretimde büyük paylara sahip olan kuru baklagillerinin üretiminin yapılması haliyle tarımda sulamanın atlanmaması gereken bir husus olduğunu vurgulamaktadır.

Kırıkkale ilinde yaptığımız coğrafi, jeolojik, klimatolojik ve buna eşlik eden dünya genelinde aslında göz ardı edilen fakat temel ihtiyaçlarımızdan biri olan beslenme ihtiyacının temel kaynağı olan tarım sektöründe yapılan araştırmalarımız neticesinde, gelişen teknoloji tarımda insansız hava araçlarının kullanımının kaliteli mahsul elde etmek, ilaçlama ve sulama faaliyetlerinin optimal düzeyde yapılması, maliyet kistasının göz ardı edilmeyerek üreticinin memnun olabileceği şekilde hizmet vermek, zamanında, sağlıklı ve takip edilebilir bir tarım yapılması açısından gerekli olduğu ön görülmüş, teşvik amaçlı olarak bu çalışmanın yapılması planlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde Giriş, ikinci bölümünde Literatür Araştırması, üçüncü bölümünde Çok Kriterli Karar Verme ve Yöntemleri, dördüncü bölümünde Kırıkkale İli ile ilgili genel bilgi, beşinci bölümde çalışmanın

Amaç fonksiyonu değeri belirlenen kısıtlar, talepler ve dekar başına işlem maliyeti doğrultusunda 88.323.524₺ elde edilmiştir.

belirlenen alternatif ve kriterlere göre AHP, TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerince uygulanmasına ve modelin ILOG programıyla çözümü, altıncı bölümünde Sonuç ve son bölümünde ise Kaynakça’ ya yer verilmiştir.

Problemin verileri doğrultusunda oluşturulan matematiksel modelin ILOG ile çözülmesi ile birlikte haftalık olarak kapasite kısıtlarını aşmadan ürünlerin takvim çizelgelemesinde verilen ilaçlama ve ekim işlemleri talepleri karşılanmıştır. Geleneksel yöntemler kullanılarak 1 traktör ve 1 işçinin tüm talepleri karşılayabileceği varsayımı kapasite sınırı olmadan yapılan hesaplamalarda, geleneksel yöntemleri kullanmanın maliyeti 89.106.068₺ çıktığı görülmüştür. Taleplerin hepsinin karşılanabilmesi için gereken traktör ve insan gücünün bundan çok daha fazla olacağı düşünüldüğünde ve de geleneksel yöntemlerde ürünlerde kullanılan ilaç miktarının da fazla olacağı göz önüne alınırsa tarımda insansız hava aracı kullanmak hem daha verimli hem de daha az maliyetlidir. 13.hafta şeker pancarı ekim talebi 35.477 dekar alan iken karşılanan alan 8.000 dekar olmuştur. 14.hafta mısır ekim talebi 12.832 dekar alan iken karşılanan alan 8.000 dekar olmuştur. 15.haftada arpanın karşılanması gereken talebi 49.253 nohut’ un ise 15.118 dekar alan fakat sadece arpanın 21.300 dekar alanı karşılanmıştır. 28. Hafta şeker pancarı talebi 35.477 dekar alan iken karşılanan alan 21.300 dekar olmuştur. 33.

Haftada buğday talebi 96.996 dekar ve soğan talebi 220 dekar alan iken soğan tamamen karşılanmış fakat buğdayın 14.430 dekar alanı karşılanabilmiştir. 37. Hafta buğday talebi 96.996 dekar alan iken karşılanabilen alan 8.000 dekadır. 39. Hafta arpa talebi 49.253 dekar alan iken karşılanabilen alan 8.000 dekadır. DJI AGRAS T40 zirai insansız hava aracının fiyatı 390.650₺ (15.000\$), ilaçlama ve ekim maliyetleri 88.323.524₺, genel toplam fiyat **89.104.824₺**'dir (İşçilik ve ulaşım maliyetleri dahil değildir).

Çalışmamızda ele aldığımız bu problem için öncelikli olarak Kırıkkale ilinde yetişen bitki türlerinin kapsamlı araştırılması yapılmış, elde ettiğimiz bulgular neticesinde sebze ve meyvelerin ilaçlama ve sulama takvimleri çıkarılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] A. Karcı Ve M. İnan, «Tarımda Ağaç İlaçlamasının Drone'larla Yapılmasında Yeni Bir Yöntemin Geliştirilmesi Ve Uygulanması,» 6(2), 2021
- [2] C. Duma, B. Wang Ve J. Xie, «İnsansız Hava Araçları İçin Kodlu Dağıtık Yol Planlaması, 2021.
- [3] C. Malveaux, S. Hall Ve R. Price, « Tarımda Drone Kullanımı: Tarımsal Uzaktan Algılama Uygulamaları İçin İnsansız Hava Sistemleri,» Asabe , 2014.
- [4] D. T. Ho, E. I. Grotli, P. Sujit , T. A. Johansen Ve J. B. Sousa , «Kablosuz Sensör Ağı Ve İha Veri Toplama Optimizasyonu,» Akıllı Ve Robotik Sistemler Dergisi , 159-179, 2015
- [5] E. Köksal Ve E. Tunca, «Yüksek Çözünürlüklü İnsansız Hava Aracı Görüntülerinde Bitki Gölgelerinin Tespit Edilmesi,» 36(2), 189-199, 2021 <https://doi.org/10.7161/omuanajas.826960>
- [6] H. Bircan, G. Demir Ve F. Güvendi , «Topsis Ve Vikor Yöntemleriyle İkinci Dil Seçimi,» 46, 2020.

Beraberinde, tarım için kullanılacak mevcut insansız hava araçları ve özellikleri listelenerek bunlar arasından AHP, PROMETHEE ve TOPSİS yöntemlerine göre optimal insansız hava aracı seçimi yapılmıştır. Belirlediğimiz Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan AHP, PROMETHEE, VIKOR ve TOPSİS yöntemlerine göre en yüksek değere **DJI AGRAS T40** dronunun sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

2209- A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkürler.

- [7] İ. Kadioğlu Ve B. Şin , «İnsansız Hava Aracı (İha) Ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması,» 22(2), 211-217, 2019
- [8] K. Dorling , J. Heinrichs, G. Messier Ve S. Magierowski, «Drone Teslimatı İçin Araç Yönlendirme Problemleri,» Ieee Transactions On Systems, Man, And Cybernetics: Systems, 47(1), 2017
- [9] M. Akkamış Ve S. Çalışkan , «İnsansız Hava Araçları Ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı,» 2(1), 8-16, 2020
- [10] M. Dağdeviren, D. Akay Ve M. Kurt, «İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Uygulaması,» 19(2), 131-138, 2004
- [11] M. Kara Ve T. Eren, «Hasar Tespit Çalışmalarında Görevlendirilebilecek Dronların Bulanık Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi,» 2023. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1238267>
- [12] M. M. Özgüven, Z. Altaş, D. Güven Ve A. Çam, «Tarımda Drone Kullanımı Ve Geleceği,» Ordu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi , 12(1), 64-83, 2022 <https://doi.org/10.54370/ordubtd.1097519>
- [13] M. Silvagni, A. Tonoli, E. Zenerino Ve M. Chiaberge, «Dağ Çığ Olaylarında Arama Kurtarma Operasyonları

- İçin Çok Amaçlı İha,» Geomatik, Doğal Tehlikeler Ve Risk, 8(1), 2017 <https://doi.org/10.29128/geomatik.306914>
- [14] M. Turğut Ve B. Şeker, «İnsansız Hava Araçlarının (İha) Taşımacılıkta Kullanımına Yönelik Keşfedici Bir Araştırma: Drone Taşımacılığı Ve Uygulamaları,» 5(2), 2022 <https://doi.org/10.51513/jitsa.1146992>
- [15] N. Muhammed , J. Jaroodi , İ. Cevher Ve A. İdris, «Geleceğin Akıllı Şehirlerinde İnsansız Hava Araçları Uygulamaları,» Teknolojik Tahmin Ve Sosyal Değişim, 153, 2020. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1146992>
- [16] O. N. Tekinay Ve G. Bozoğlu Batı, «Askeri Alanlarda Kullanılmak Üzere İnsansız Hava Aracı (İha) Sistemleri Seçiminde Topsıs Ve Bulanık Topsıs Yönteminin Kullanılması,» 44(1), 2022 <https://doi.org/10.14780/muiibd.1135526>
- [17] S. Türkseven, M. Z. Kızmaz, A. B. Tekin, E. Urkan Ve A. T. Selim, «Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı,» 12(4), 2016
- [18] T. Eren, R. Yumuşak Ve M. Kara, «Acil Yardım Müdahalesi Yapan Birimler İçin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Kargo Drone Seçimi,» 4(2), 38-45, 2022 <https://doi.org/10.51534/tiha.1148876>
- [19] T. Eren, R. Yumuşak Ve M. Kara, «Anız Yangınlarına Müdahale İçin İtfaiye Drone Seçimi: Giresun Örneği,» 5(1), 2023 <https://doi.org/10.51785/jar.1180613>
- [20] T. Genç , «Promethee Yöntemi Ve Gaa Düzlemi,» 15(1), 2013
- [21] Y. Akyüz, T. Bozdoğan Ve E. Hantekin , «Topsıs Yöntemgyle Fgnansal Performansın Değerlendirilmesi Ve Bir Uygulama,» 13(1), 2011
- [22] Y. Ham, K. Han , Y. J Ve M. Gölparvar, «Kamera Donanımlı İnsansız Hava Araçları (İha) İle Sivil Altyapı Sistemlerinin Görsel Olarak İzlenmesi: İlgili Çalışmaların Gözden Geçirilmesi,» Mühendislikte Görselleştirme , 2016.