

Birleştirilmiş SWARA-COPRAS Yaklaşımını Kullanarak Trüf Mantarı Yetiştirilmesi için Bölge Seçimi

G. Nilay YÜCENUR^{*1}, Çağla ŞENKAN², Güzide Nur KARA³, Özge TÜRKER⁴

¹Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

²Tunteks Konfeksiyon ve Dokuma Sanayi Tic. A.Ş., İstanbul

³Guru Sistem Yönetim ve Yazılım, İstanbul

⁴Bozkurt Konfeksiyon A.Ş., İstanbul

Geliş / Received: 07/03/2019, Kabul / Accepted: 09/10/2019

Öz

Trüf mantarı, gerek sahip olduğu oldukça yoğun aromatik tadı ve gerekse de besin değeri ile Dünya genelinde gurme şeflerin aradığı ve sıklıkla kullandığı bir lezzettir. Özellikle doğal ve doğaya dönük beslenmenin hızla yayıldığı son yıllarda oldukça zor yetişen trüf mantarları verilen emek karşılığı alınan ekonomik değer ve ithalat avantajı açısından da ülkelerin en önemli tarım ürünlerinden biri olmaya adaydır. Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de kurulması planlanan trüf mantarı yetiştirme alanının hangi ilde kurulması ile ilgili çok kriterli bir model önerilmiştir. 10 kriterden ve 3 alternatif ilden oluşan model, son yıllarda kullanım alanını genişleten iki farklı çok kriterli karar verme yönteminin entegrasyonu ile çözülmüştür. Çözümün ilk aşamasında alternatiflerin değerlendirilmesi için önerilen 10 kriterin ağırlıklarının belirlenmesinde uzmanların kriterleri önem sırasına göre sıralamalarına dayanan Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis / SWARA) yöntemi kullanılmış, bu yöntemle elde edilen kriter ağırlıklarına göre alternatifler Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assessment / COPRAS) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma, konusunda uzman kişilerin görüşlerini alarak yetiştirilmesi oldukça zor olan trüf mantarının yetiştirilme şartlarının incelenmesini sağlamış ve en doğru alternatif sıralamasının elde edilmesine yardımcı olarak tarım konusunda yatırım yapacak olan girişimcilere ve ülke yönetimine yol göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: SWARA, COPRAS, trüf mantarı, çok kriterli karar verme, tarım

Region Selection for Truffle Mushrooms Cultivation by using combined SWARA-COPRAS Approach

Abstract

Truffle mushroom with their highly intense aromatic taste and nutritional value is looking for and used by the gourmet chefs around the World. In the recent years, truffle mushroom, which is quite difficult to grow, is a candidate for being one of the most important agricultural products in terms of economic value and import advantage due to especially when the natural and nature-oriented nutrition is spreading rapidly. In this study, a multi-criteria model is proposed for regarding the selection of the suitable city in which truffle mushrooms cultivation were planned to establish in Turkey. The model, consisting of 10 criteria and 3 alternative cities, is solved by the integration of two different multi-criteria decision-making methods that have expanded their usage

areas in recent years. In the first stage of the solution, SWARA (Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis) method, which is based on the rankings of the criteria by the experts according to the criteria importance, was used to determine the weight of the 10 criteria proposed for the evaluation of the alternative cities. In the second stage of the solution, the alternative cities were evaluated by COPRAS (Complex Proportional Assessment) method according to criteria weights that were obtained with SWARA method. This paper provides an examination of the conditions of cultivation of truffle mushrooms which are very difficult to cultivate by taking the opinions of the experts and also it guides the entrepreneurs and the country management who would invest in agriculture for cultivating truffle mushrooms.

Keywords: SWARA, COPRAS, truffle mushrooms, multi criteria decision making, agriculture.

1. Giriş

2014 yılı itibariyle Türkiye’de Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın yaptığı düzenlemeler ile mantar yetiştiriciliği desteklenme kapsamına alınmış ve bu konuda yatırım yapan girişimcilere hibe desteği verilmeye başlanmıştır. Söz konusu yıldan beri hibe desteği verilen trüf mantar yetiştiriciliği, ekonomik anlamda ülkeler arasında fark yaratan bir tarım ürünüdür. Gerek yetiştirilmesi konusundaki zorluklara bağlı olarak nadir bulunması ve gerekse besin değeri açısından sahip olduğu zenginlikler bakımından oldukça önemli bir gıda ürünü olan trüf mantarı özellikle Fransa ve İtalya’da yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir.

Toprak altında ağaçlık alanlarda yetiştirilen ve ekonomik değeri yüksek olan bu gıda ürünü Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz iklim kuşağı içerisinde kendiliğinden yetişebilmektedir. Özellikle ağaç kökleri ile buldukları olumlu etkileşim sonucu oluşan bu kara elmasların üretiminin ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından son yıllarda yetiştirilme alanlarının genişletilmesi ve daha fazla ürün elde edilebilmesi yönünde yapılan araştırmalar ve çalışmalar hız kazanmıştır.

Bu noktadan hareketle, bu makale kapsamında Türkiye’nin tarım alanındaki ürün çeşitliliği göz önüne alınarak ülkenin iklim koşulları ve konumu itibariyle devlet desteğinin verildiği trüf mantarının hangi bölgelerde yetiştirilebileceğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye’nin hangi ilinde trüf mantarı yetiştiriciliği ile ilgili yatırım yapılmasının belirlenebilmesi için çok kriterli hiyerarşik bir model önerilmiş ve kurulan model birden fazla karar kriterinin alternatifler üzerindeki etkilerini gösteren ve alternatifleri bu etkilere göre sıralayan Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis / SWARA) ve Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assessment / COPRAS) yöntemlerinden oluşturulan birleşik bir metodoloji ile çözülmüştür.

SWARA ve COPRAS yöntemleri kullanım kolaylığı sağlaması, işlem süresini kısaltması, karar kriterlerinin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenirken değerlendiricileri belirlenmiş bir skalayı kullanmaya mecbur bırakmayarak daha objektif sonuçların elde edilmesini sağlaması ve değerlendiricilere problem alternatiflerini aynı anda hem özel

hem de nesnel kriterlere göre değerlendirme imkanı vermesi açısından diğer çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden ayrılmış, bu özellikleri ile çalışma kapsamında çözüm yöntemi olarak tercih edilmiştir.

Son yıllarda ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanım alanlarını artıran SWARA ve COPRAS yöntemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde SWARA yöntemi ile Vafaeipour vd. (2014) İran'da güneş projelerinin uygulanması için bölgelerin önceliklerini belirlemiştir. Dehnavi vd. (2015) İran'da heyelan tehlikesini yine aynı yöntemle değerlendirmiştir. Zavadskas vd. (2017) konut ev elemanı modeli ile malzeme seçiminde SWARA yöntemini kullanmıştır. Zarch vd. (2018) aynı yöntemle tip-2 diyabetin farmakolojik tedavi seçimini yapmıştır. Ghorabae vd. (2018) ise yine aynı yöntemle inşaat ekipmanlarını değerlendirmiştir. Maghsoodi vd. (2019) baraj inşaat malzemesi seçim probleminde kriter ağırlıklarını SWARA yöntemi ile belirlemiştir. Panahi vd. (2019) mevcut okulların uygunluğunun belirlenmesi ve yeni okul binalarının yer seçiminde SWARA yöntemini kullanmış ve Ghenai vd. (2020) ise yine aynı yöntem ile yenilenebilir enerji sistemleri için sürdürülebilirlik göstergelerini incelemiştir.

COPRAS yöntemi ile ise Das vd. (2012) Hint teknik kurumlarının göreceli performansını ölçmüştür. Mulliner vd. (2013) yeşil tedarikçi seçimini yine aynı yöntemle gerçekleştirmiştir. Pitchipoo vd. (2014) ağır taşıtlarda kör noktaları COPRAS yöntemi ile optimize etmiştir. Rabbani vd. (2014) petrol üreten firmaların performanslarını aynı yöntemle değerlendirmiştir. Vytautas vd. (2015) Vilnius şehrindeki ihmal edilen alanları COPRAS yöntemi ile değerlendirmiştir. Mulliner vd. (2016) konut

satın alınabilirliğinin değerlendirilmesinde aynı yöntemi kullanmıştır. Serrai vd. (2017) web hizmeti seçimini COPRAS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Mousavi-Nasab ve Sotoudeh-Anvari (2017) malzeme seçimini yine aynı yöntemle yapmıştır. Polat vd. (2017) mekanik tasarımcı seçimini COPRAS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Ghorabae vd. (2017) ise birden çok hizmet kalitesi kriteri ile havayollarını yine aynı yöntemle değerlendirmiştir. Govindan vd. (2019) ters tedarik zinciri işbirliği için çevre yönetim ortağını COPRAS yöntemi ile seçmiştir. Barak ve Mokfi (2019) kümeleme yöntemlerini COPRAS ile değerlendirmiş ve Schitea vd. (2019) ise yine aynı yöntemle hidrojen mobilitesi toplama alanı seçmiştir.

Aynı zamanda literatüre bakıldığında bu iki yöntemin entegrasyonu Zolfani ve Zavadskas (2013) kırsal alanların yerel iklim bazında yapılarının gelişimini incelemiştir. Valipour vd. (2017) derin temel kazı projesindeki riskleri SWARA ve COPRAS yöntemleri ile değerlendirmiştir. Çakır ve Karabıyık (2017) depolamada kullanılan bulut hizmet sağlayıcısı seçimini yine aynı iki yöntemle gerçekleştirmiştir. Zorbakhshnia vd. (2018) sürdürülebilir üçüncü parti ters lojistik sağlayıcılarını SWARA ve COPRAS yöntemlerinin entegrasyonu ile değerlendirmiştir. Zolfani vd. (2018) otel inşaat projelerinin uygunluğunu aynı iki yöntemle sıralamıştır. Çakır ve Kacı (2018) altı sigma eğitimi alacak personeli SWARA ve COPRAS yöntemi ile seçmiştir. Korucuk (2018) tedarik zinciri yönetimi performans faktörlerinin önem derecelerini aynı yöntemlerle belirlemiş ve en uygun rekabet stratejisini seçmiştir. Ayçin (2018) SWARA ve COPRAS yöntemleri ile veri tabanı yönetim sistemi seçimini gerçekleştirmiş ve Valipour vd. (2019) ise Malezya'daki su kanalları için hazırlanan kamu ve özel sektör

projelerinin risk değerlendirmesinde yine aynı iki yöntemi kullanmıştır.

Yapılan literatür taramasına istinaden, bu yazının SWARA ve COPRAS iki aşamalı çözüm metodolojisinin tarım sektöründe kullanıldığı ilk çalışma olduğu açıktır. Çalışma kapsamında 10 kriter ve 3 alternatiften oluşan bir model önerilmiş ve bu model yardımıyla Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan olası alternatif şehirlerden, sahip oldukları özellikler gereği trüf mantarı yetiştiriciliği için en uygun olanının seçimine odaklanılmıştır.

Kısacası, tüm literatür taraması ile birlikte bu makale iki amacı gerçekleştirmek için hazırlanmıştır:

- İlk amaç, trüf mantarı oluşumu için gerekli olan şartların bir araya getirildiği kriterler ile bu değerli gıda ürününün yetiştirilebileceği uygun ilin seçilmesi için bir model önermek,
- İkinci amaç ise, çözüm metodolojisini oluşturan SWARA ve COPRAS yöntemlerini tarım sektörü ile ilgili bir problemin çözümü için ilk defa bir araya getirmektir.

Bu amaçlar doğrultusunda, makalenin ikinci bölümünde Türkiye'deki tarım faaliyetlerinden ve tarımın ülke ekonomisindeki yerinden bahsedilmiş, özellikle ülkedeki mantar ve trüf mantarı yetiştiriciliği ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Bölüm 3'te, birleşik çözüm yöntemini oluşturan SWARA ve COPRAS yöntemlerinin işlem adımları açıklanmış, Bölüm 4'te ise problemin çözümü doğrultusunda oluşturulan hiyerarşik çok kriterli model yapısı önerilmiş ve modelin çözümü için önerilen yöntem adımları da aynı bölümde işletilmiştir. Yapılan hesaplamalar

sonucu elde edilen bulgular, çalışmanın kısıtları ve gelecek araştırmaları için öneriler ise çalışmanın beşinci bölümü olan sonuçlar kısmında açıklanmıştır.

2. Türkiye'de Tarım ve Ekonomik Önemi

İnsanlığın ilk çağlarından beri bitkisel ürünler kazanmak için toprağı işleme olarak tanımlanabilen tarım, Türkiye için oldukça önemli bir gelir kaynağıdır. Ülkede tarım istihdamı 1980'li yıllarda %50'lerde seyrederken bu oran sanayileşme ile birlikte gerilemiştir. Bu gerilemeye bağlı olarak son 10 senede tarım sektöründeki istihdam incelendiğinde ülke çalışan nüfusunun 2008 yılı için %22,4, 2013 yılı için %21,2 ve 2018 yılının ilk üç ayı için ise aynı oranın %17,7 olduğu görülmektedir (^awww.tuik.gov.tr).

Yine son 10 yıldaki veriler incelendiğinde kırsal kesimde yaşayan ve tarımla uğraşan halkın kente göç etmesi, hızlı nüfus artışı, tarım alanlarının içinden veya yakınından geçen karayolu inşaatları, turizm, madencilik ve sanayileşme gibi etmenlerle Türkiye'deki ekilebilir ve dikilebilir toprak alan miktarı da azalmıştır. Türkiye'deki ekilebilir tarım arazilerinin büyüklüğü 2007 yılı için 39504 milyon hektar, 2012 yılı için 38399 milyon hektar ve 2017 yılı için ise 38002 milyon hektardır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun konuyla ilgili verileri detaylı incelendiğinde ise 2017 yılındaki bu 38002 milyon hektarlık tarım alanının %41'i ekilen alan, %9'u nadasa bırakılan alan, %2'si sebze bahçeleri alanı, %0,01'i süs bitkileri için ayrılan alan, %9'u meyve, içecek ve baharat bitkilerinin ekimi için ayrılan alan ve %38,99'u ise çayır ve mera arazisidir (^bwww.tuik.gov.tr).

İklim şartları, yükselti, denize göre konum, toprak şartları ve beşeri faktörler bir ülkenin tarımsal potansiyeli üzerinde en etkili olan

kriterlerdir. Türkiye bu kriterler açısından incelendiğinde üç tarafının denizlerle çevrili olması, zengin toprak çeşitliliği, ülke genelinde dört mevsimi yaşama şansına sahip olunması açısından tarım ürünleri çeşitliliği ve potansiyeli açısından oldukça zengindir.

Türkiye'nin en önemli gelir kaynaklarından biri tarımdır derken, tarımın Türkiye ekonomisindeki önemli yerinden de bahsetmek gerekir. Özellikle Cumhuriyet döneminde sanayileşmeye yapılan yatırımların yanı sıra tarım sektörü de ülke

ekonomisindeki önemini korumaya devam etmiştir (Kıral ve Akder, 2000). Gayri safi milli hasıla (GSMH) içerisindeki tarım gelirinin oranı Cumhuriyetin ilk yıllarında %44'ler seviyesinde iken bu oran yıllara bağlı olarak hızlı bir düşüş göstermiş ve 2016 yılında tarım gelirlerinin GSMH içerisindeki oranı %7 olarak gerçekleşmiştir. Ülke ekonomisinin bir kolu olan tarım sektöründeki bu düşüş, Tablo 1'de de görüleceği gibi sanayi ve hizmet sektöründeki girdi artışlarıyla dengelenmiştir.

Tablo 1. 2009-2016 yılları arasında GSMH içerisindeki sektör katkıları (%)^(c)www.tuik.gov.tr

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Tarım	9,10	10,30	9,40	8,80	7,70	7,50	7,80	7,00
Maden	1,30	1,20	1,30	1,20	1,20	1,10	0,90	0,90
İmalat sanayi	17,00	17,20	18,70	18,00	18,50	19,00	19,00	18,80
Elektrik & gaz	1,60	1,80	1,40	1,50	1,60	1,60	1,40	1,50
Su temini & kanalizasyon	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00
İnşaat	6,30	6,90	8,20	8,50	9,20	9,20	9,30	9,70
Toptan & perakende ticaret	12,00	12,60	13,20	12,70	12,70	12,90	13,00	12,90
Ulaştırma	9,90	8,90	8,40	9,20	9,00	9,00	8,90	8,60
Konaklama & yiyecek hizmeti	2,60	2,60	2,90	3,00	3,20	3,30	3,20	2,90
Bilgi ve iletişim	3,00	2,80	2,60	2,70	2,70	2,70	2,70	2,80
Finans & sigorta	4,20	3,30	3,10	3,30	3,50	3,20	3,40	3,80
Gayrimenkul	11,80	11,30	10,20	9,80	9,40	9,00	8,80	8,80
Bilimsel ve teknik faaliyetler	2,40	2,40	2,30	2,40	2,40	2,30	2,70	2,60
İdari-destek hizmet faaliyetleri	2,60	2,40	2,50	2,70	2,90	3,00	3,20	3,40
Kamu yönetimi & savunma	5,60	5,50	5,10	5,30	5,10	5,10	4,80	5,20
Eğitim	4,30	4,40	4,30	4,50	4,50	4,70	4,70	5,00
İnsan sağlığı & sosyal hizmet	3,20	3,20	3,20	3,00	3,00	2,90	2,80	3,00
Kültür, sanat, eğlence & spor	1,00	1,00	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,00
Diğer faaliyetler	1,20	1,30	1,30	1,30	1,20	1,30	1,20	1,10
TOPLAM	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Bulduğu coğrafi konum, sahip olduğu iklim şartları ve geniş tarıma elverişli toprakları ile ürün çeşitliliğinin sağlanabildiği Türkiye tarım sektörünün ihracat girdileri incelendiğinde ise 2000’li yılların başında 4 milyon seviyelerinde olan tarım ihracatının 2017 yılı itibariyle 22 milyon seviyelerine geldiği ve toplam ihracat içerisinde oranının ise benzer yıllar için % 15,40

seviyelerinden %13,70 seviyelerine gerilediği görülmektedir. Türkiye İhracatçılar Meclisi’nden alınan ihracat rakamlarına göre yıllara göre tarım ihracatının miktarları ve toplam ihracat içerisindeki payı Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de tarım ihracat miktarı ve toplam ihracat içindeki payı (%) (www.tim.org.tr)

Yıllar	İhracat miktarı	Toplam ihracat içerisindeki payı	Yıllar	İhracat Miktarı	Toplam ihracat içerisindeki payı
2000	4.019.377	15,40	2009	13.261.925	13,05
2001	4.707.646	15,17	2010	15.039.712	13,23
2002	4.555.309	12,60	2011	17.870.628	13,29
2003	6.087.433	12,70	2012	19.158.123	12,62
2004	7.591.806	11,90	2013	21.352.808	14,10
2005	9.668.441	13,17	2014	20.769.541	14,00
2006	9.764.220	11,39	2015	20.211.119	14,20
2007	11.355.230	10,72	2016	20.682.414	13,50
2008	13.558.893	10,63	2017	22.370.720	13,70

Günümüzde Türkiye’de, sahip olunan avantajların yanı sıra sanayileşme için tarım arazilerinin azalması, göç ve benzeri nedenlerle tarım sektörü küçülüyor olsa da ekonomik olarak katma değeri yüksek, ihracat hızını artırılabilir ve dünya pazarında alıcısı olan ürünlerin üretilmesine odaklanılmıştır. Bu noktada da devlet teşvikleriyle birlikte tarımın yeniden canlandırılması ve tarım sektöründen elde edilen gelirin artırılması amaçlanmıştır.

2.1 Türkiye’de Mantar Yetiştiriciliği

Doğada hayvan ve bitki türlerinin yanı sıra yer alan mantar türleri yenilenebilir, yenilemeyen veya zehirli olarak sınıflandırılabilir. Kendilerine has bir tür olan mantarlar doğada kendileri yetişebildiği gibi

uygun ortam yaratıldığında hem doğal hem de laboratuvar ortamlarında yetiştirilebilir.

İklim koşulları nedeniyle mantar üretimi için oldukça uygun bir ülke olan Türkiye’de 40’a yakın mantar çeşidi yetiştirilip bunlardan 25 mantar türünün ihracatı yapılmaktadır. Türkiye’de 1960’lı yıllarda kültür mantarı üretimi ile ilgili ilk çalışmalar yapılmaya başlanmış ve kayıtlara göre 1973 yılındaki mantar üretimi 80 ton olmuştur. Bu oran 2013 yılında ise 34.494 tona kadar ulaşmıştır. Dünya’da oldukça revaçta olan mantar 1997 yılında kişi başına 1 kg olarak tüketilirken aynı oran benzer yıllar için Türkiye’de 100 gr seviyelerindedir. 2000’li yıllarla birlikte Türkiye’de de tüketimi artan mantarın kişi başına düşen tüketim miktarı 2000 yılında 327,3 gr iken %77’lik bir artışla 14 yıl

içerisinde 2014 yılında 579,2 gr olmuştur (Eren ve Pekşen, 2016). Kültür mantarının

Türkiye'deki yıllara göre üretim ve tüketim miktarları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Türkiye'de 30 yıllık kültür mantarı üretimi ve tüketimi (Eren ve Pekşen, 2016; ^dwww.tuik.gov.tr)

Yıllar	Üretim (ton)	Tüketim (gram/kişi)
1973	80	2,1
1983	1.400	36,8
1987	2.560	48,7
1991	3.052	53,5
1995	7.728	127,5
2000	18.000	327,3
2005	17.000	430,0
2010	21.559	591,5
2015	39.495	647,9
2016	40.272	yaklaşık 500
2017	40.874	yaklaşık 500
2018	46.144	yaklaşık 500

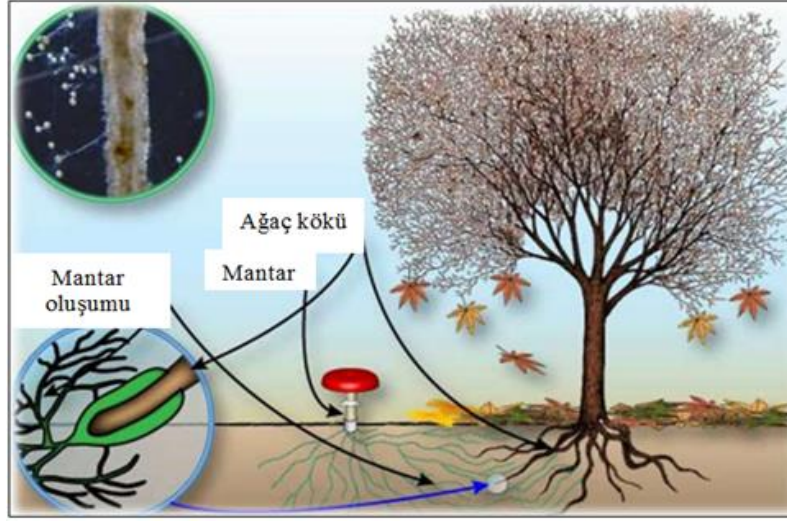
Tüm Dünya ile birlikte Türkiye'de de tüketimi artan, yetiştiriciliği zahmetli ve zaman isteyen bir tarım ürünü olan mantar yetiştiriciliğinde ortamın sıcaklık (20-25°C olmalı), nem (nem oranı %70 ile %90 arasında olmalı), ışık (güneş ışığı alındığı takdirde kalite bozulur ve mantar üzerinde lekeler oluşur dolayısıyla güneş ışığı olmamalı) ve havalandırma (temiz hava olmalı) gibi şartlarına dikkat edilmesi gerekmektedir (www.istanbul.tarim.gov.tr).

2.2 Trüf Mantarı Yetiştiriciliği

Türkiye'de yetişen 40'a yakın mantar türünden biri olan trüf mantarı yetiştiriciliği son yıllarda gelişme göstermektedir. Özellikle 2014 yılından beri verilen devlet teşviki ve KOSGEB tarafından verilen hibe

kredisine istinaden bu konuda yapılan araştırmalar ve yatırımlar artırılmaya çalışılmaktadır.

Fransa ve İtalya'nın başı çektiği trüf mantarı yetiştiriciliğine Türkiye 1970 yılından sonra katılmış ve son yıllarda bu konudaki yatırımları artırmıştır. Özellikle meşe, çam, fındık ve ıhlamur gibi ağaçların kök bölümleriyle ortaklık meydana getirerek üreyen trüf mantarları bu ağaçların köklerinde, toprağın 5 ile 20 cm altında yetişir. Daha çok Akdeniz bölgesinde yetiştirilebilen bu mantar türü Türkiye'nin Akdeniz iklim kuşağında olması nedeniyle doğal olarak üreyebildiği yerlerden biridir (Saka vd., 2017). Trüf mantarlarının ağaç kökleriyle oluşturduğu etkileşim ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Trüf mantarı ile ağaç kökleri arasında kurulan faydalı ilişki (Türkoğlu, 2015)

Gelişimi hassas olan ve “Kara Elmas” olarak adlandırılan bu mantar türü oldukça nemli ortamlarda yetiştirilir. Yapısı oldukça sert olan siyah renkteki ve yoğun bir kokusu bulunan bu mantar türü aromatik zenginliğinin kaybolmaması için pişirilmeden tüketilmektedir. İlk hasadı ekildikten 4 yıl sonra toplanabilen trüf mantarı, 1 hektarlık bir bahçeden verimli bir yıl geçirilmesi sonucunda 50-100 kilogram arasında toplanabilmektedir.

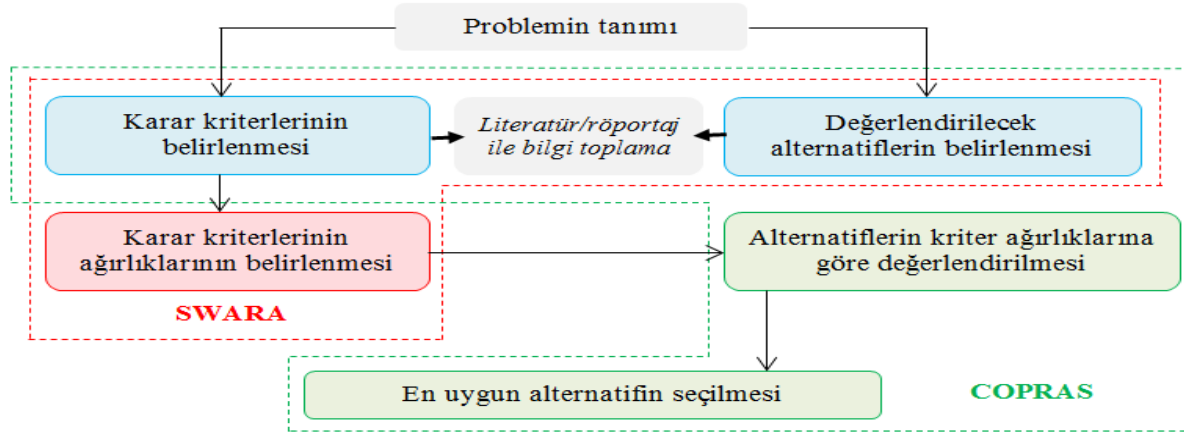
Bir besin maddesi olarak kullanılan sos ve baharat olarak rendelenebilen trüf mantarı, kendisinden elde edilen trüf yağı ile peynir, tereyağı, bal gibi besinlere katkı maddesi ve kozmetik sektöründe de parfüm esansı olarak kullanılmakta olan oldukça değerli bir tarım ürünüdür (Türkoğlu, 2015).

3. Birleştirilmiş Çözüm Yöntemi: SWARA & COPRAS

Geçtiğimiz yıllarda ÇKKV yöntemleri alanında birçok çalışma yapılmış ve bu karar

verme yöntemleri, bilim ve mühendislik alanındaki birçok probleme uygulanmıştır (Ghorabae vd., 2015).

Bu çalışmada ortaya konan hiyerarşik yapıdaki çok kriterli araştırma modelinin çözümünde son yıllarda kullanım alanını genişleten SWARA ve COPRAS yöntemlerinden oluşturulmuş entegre bir metodoloji kullanılmıştır. Araştırma metodolojisi dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde problemin çözümünü sağlayacak kriterler belirlenmiş, ikinci bölümde kriterlere göre değerlendirilecek olan alternatifler belirlenmiş, üçüncü bölümde değerlendirmede kullanılan her bir kriterin ağırlığı SWARA yöntemini kullanarak elde edilmiş, dördüncü ve son bölümde ise COPRAS yöntemi ile alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması sağlanmıştır. Önerilen araştırma metodolojisi Şekil 2’de gösterilmiş ve metodolojiyi oluşturan yöntemler detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 2. Birleştirilmiş SWARA-COPRAS yöntemi ile karar verme süreci

3.1 Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi / SWARA Yöntemi

2010 yılında rasyonel bir seçimin yapılabilmesi için geliştirilen SWARA (Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi uzmanlardan gelen kriter değerlendirme verilerini toplamak ve koordine etmek için faydalıdır. Uzman odaklı olan yöntemde değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için her uzman, tüm kriterleri birinciden sonuncuya kadar önceliklendirir ve sıralar. Bu sıralamada, en önemli kriter birinci sırayı alır ve en az önemli olan kriter ise son sırayı alır. Kriterlerin genel sıralamasını elde edebilmek için ise sıralamaların ortalama değeri kullanılır (Valipour vd., 2017; Zolfani vd., 2018).

Kriter ağırlıklarının SWARA yöntemi ile belirlenmesi için gerekli işlem adımları aşağıdaki gibidir (Zolfani vd., 2018):

Adım 1: Problemin çözümü için görüş bildirecek olan karar vericiler belirlenir ve her bir karar vericiden problemi oluşturan karar kriterlerini en önemliden en önemsizine doğru

sıralaması istenir. En önemli kriter karar vericiler tarafından 1,00 değerini alırken diğer kriterlerin puanları en önemli kriter dikkate alınarak (0,00 – 1,00) arasında 5’in katı olacak şekilde belirtilir. p_j^k , k . karar vericinin j . kritere atadığı puandır ($j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, l; 0 \leq p_j^k \leq 1$).

Adım 2: Karar verici sayısı l ile gösterildiğinde, her bir kriter için karar vericiler tarafından belirlenen nispi önem puanlarının Eşitlik (1) kullanılarak ortalaması alınır ve her bir kriterin ortalama önem puanı hesaplanır.

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{k=1}^l p_j^k}{l} \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Adım 3: Her bir kriterin ortalama önem puanı hesaplandıktan sonra kriterler bu puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birbirleriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucu her bir kriter için s_j ortalama değer karşılaştırmalı önemi değeri hesaplanır. İkili kıyaslama yoluyla yapılan bu karşılaştırmada $(j + 1)$. kriterin j . kritere göre ne kadar önemli olduğu belirlenir.

Adım 4: Eşitlik (2) kullanılarak tüm kriterler için c_j katsayı değeri hesaplanır. Burada s_j değeri en büyük olan kriterle ait katsayı değeri $c_j = I$ dir.

$$c_j = s_j + I \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Adım 5: s'_j düzeltilmiş ağırlık değeri tüm kriterler için Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanır. İlk sıradaki kriter için $s'_j = I$ dir.

$$s'_j = \frac{s'_{j-1}}{c_j} \quad (3)$$

Adım 6: Eşitlik (4) kullanılarak tüm kriterler için w_j nihai ağırlıklar hesaplanır.

$$w_j = \frac{s'_j}{\sum_{j=1}^n s'_j} \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

3.2 COPRAS Yöntemi (Karmaşık Oransal Değerlendirme)

Zavadskas ve arkadaşları tarafından 1996 yılında önerilen COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) yöntemi çok kriterli karar verme probleminin çözümünde uygulanmaktadır. Yöntem, birçok uygun alternatif arasından en iyi olanın seçilmesinde en iyi ve en kötü çözümlerin doğrudan ve dolaylı oranlarını hesaplayarak uygun çözümü belirlemektedir (Ghorabae vd., 2017; Valipour vd., 2017).

COPRAS yönteminin temel hesaplama adımları aşağıda gibidir (Zolfani vd., 2018):

Adım 1: Problem çözümünün başlangıcında değerlendirme kriterleri ($j = 1, 2, \dots, n$) ve alternatifler ($i = 1, 2, \dots, m$) belirlenir.

Adım 2: Alternatifler kriterlere olan uygunlukları veya kriterleri

gerçekleştirebilmelerine göre değerlendirilir ve bu değerlendirme sonucu Eşitlik (5)'teki karar matrisi elde edilir. Burada C_j kriterleri, w_j her bir kriterin ağırlığını, A_i değerlendirilecek olan alternatifleri ve x_{ij} ise j . kriter dikkat alınarak i . alternatifin değerini göstermektedir.

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & \dots & C_n \\ w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & \dots & w_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

Adım 3: Karar matrisi D elde edildikten sonra Eşitlik (6) kullanılarak karar matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilir ve Eşitlik (7)'de yer alan normalize karar matrisi $[N]$ 'ye ulaşılır. Burada \tilde{x}_{ij} j . karar kriterine göre i . alternatifin normalize edilmiş değerini göstermektedir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (6)$$

$$[N] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & \dots & C_n \\ w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & \dots & w_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \tilde{x}_{13} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{23} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \tilde{x}_{31} & \tilde{x}_{32} & \tilde{x}_{33} & \dots & \tilde{x}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \tilde{x}_{m3} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

Adım 4: Normalize karar matrisi $[N]$ 'deki her bir sütun değeri SWARA yöntemiyle elde

edilen ağırlıklarla çarpılır ve böylece Eşitlik (8)'de yer alan ağırlıklandırılmış karar matrisi D^* elde edilir. Burada d_{ij} , j . kritere göre i . alternatifin ağırlıklandırılmış normalizasyon değeridir ve $d_{ij} = \tilde{x}_{ij} \otimes w_j$ formülasyonu ile gösterilir.

$$D^* = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{matrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2n} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \dots & d_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & d_{mn} \end{matrix} \right. \\ A_2 & \\ A_3 & \\ \vdots & \\ A_m & \end{matrix} \quad (8)$$

Adım 5: Problemin değerlendirme kriterleri faydalı yani maksimize edilmesi gerekenler ve faydasız yani minimize edilmesi gerekenler olarak ayrılır. Eşitlik (8)'de yer alan D^* matrisindeki faydalı kriterler, sütunlarda ön sıralara getirilir ve kaç tane faydalı kriter varsa matrisin ilk sütunlarını bu kriterler doldurur. t . faydalı kriterde sütuna yerleştirildiğinde bu defa ilk faydasız kriter olan $(t + 1)$. kriter ve ardından tüm minimize edilmesi gereken kriterler sırasıyla sütunlara yerleştirilir. Böylelikle Eşitlik (9)'daki matris elde edilir. Faydasız son kriter olan n . kriter kadar sütunlar doldurulduğunda, $(n - t)$ değeri minimize edilmek istenen faydasız kriter sayısını verecektir.

$$D^* = \begin{matrix} & C_{max1} & C_{max2} & \dots & C_{maxt} & \dots & C_{min(t+1)} & \dots & C_{minn} \\ A_1 & \left[\begin{matrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1t} & \dots & d_{1(t+1)} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2t} & \dots & d_{2(t+1)} & \dots & d_{2n} \\ d_{31} & d_{32} & \dots & d_{3t} & \dots & d_{3(t+1)} & \dots & d_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mt} & \dots & d_{m(t+1)} & \dots & d_{mn} \end{matrix} \right. \\ A_2 & \\ A_3 & \\ \vdots & \\ A_m & \end{matrix} \quad (9)$$

Adım 6: Eşitlik (10) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki değerlerin toplamı olan (S_i^+)

tüm faydalı kriterler için ve Eşitlik (11) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki değerlerin toplamı olan (S_i^-) tüm faydasız kriterler için hesaplanır.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^t d_{ij}, j = 1, 2, \dots, t \quad (10)$$

$$S_i^- = \sum_{j=(t+1)}^n d_{ij} \text{ ve } j = t+1, t+2, \dots, n \quad (11)$$

Adım 7: Eşitlik (12) yardımıyla alternatifler için Q_i nispi önem ağırlığı değeri hesaplanır.

$$Q_i = S_i^+ \oplus \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \otimes \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}} \quad (12)$$

Adım 8: Değerlendirilen alternatifler arasından nispi önem değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatif Eşitlik (13) yardımıyla belirlenerek seçilir.

$$Q_{max} = maks_i \{Q_i\}, i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Adım 9: Alternatifler için P_i performans indeksi hesaplanır. Bu hesaplamada en iyi alternatifin performans indeks değeri 100'dür. En iyi alternatif belirlendikten sonra diğer tüm alternatiflerin Eşitlik (14)'te verilen formülasyon kullanılarak performans indeks değerleri hesaplanır ve tüm alternatifler sıralanarak problemin nihai sonucu olan tercih sıralaması elde edilir.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \otimes 100 \quad (14)$$

4. Önerilen Yaklaşımın Trüf Mantarı Yetiştirmek için Bölge Seçimine Uygulanması

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de kurulması planlanan trüf mantarı yetiştirme alanının hangi bölgede olması gerektiğinin

belirlenmesi için ÇKKV modelinin kurulması ve çözümünün birleşik SWARA-COPRAS metodolojisiyle gerçekleştirilerek en uygun ilin belirlenmesidir.

Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için önerilen birleşik yaklaşım dört ana bölümde yürütülmüştür. Birinci bölümde, trüf mantarı yetiştiriciliği için önemli olan kriterler belirlenmiş, kriterlerin belirlenmesi aşamasında akademik çalışmalar incelenmiş, sektörel deneyimlere ve konusunda uzman kişilerin görüşlerine başvurulmuştur. İkinci bölümde, belirlenen bu kriterler göz önüne alınarak Türkiye’de problemin çözümü için uygun olabilecek alternatifler belirlenmiştir. Ardından üçüncü bölümde, değerlendirmede kullanılan her bir kriterin ağırlığı SWARA yöntemiyle elde edilmiş, dördüncü ve son bölümde ise COPRAS yöntemi ile illerin sıralanması ve en uygun ilin seçilmesi gerçekleştirilmiştir.

4.1 Problemin Tanımı

Türkiye’de trüf mantarı yetiştirebilmek için Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri potansiyel bölgeler olup yapılabilecek yatırımlar için bu bölgelerdeki uygun tarım arazilerinin ağaçlandırılması ve trüf yetiştiriciliği için uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Türkiye’de trüf mantarı yetiştirilebilecek uygun alanın belirlenmesi çalışma kapsamında çözülmek istenen problemdir.

4.2 Karar Kriterlerinin Belirlenmesi

Trüf mantarı yetiştiriciliğinde toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, pH’ı, arazinin eğimi ve cephesi önemlidir. Aşırı nemli, su altında kalan ve kuru topraklarda trüf mantarı

yetişmemekte ve buna karşılık iyi havalandırılmış toprakta ise mantar üretimi artmaktadır. Yine toprak yapısını oluşturan bileşenlerin oranı, toprakta bulunan organik madde yüzdesi ve ortam sıcaklığı da trüf mantarının verimli yetiştirilebilmesinde oldukça önemlidir. Aşağıda en uygun ilin seçiminde dikkate alınan kriterler tanımlanmıştır.

- İklim uygunluğu (C_1): Trüf mantarı sert hava koşullarına dayanıklı olmadığından bölgenin 3 günlük sıcaklık ortalaması -10°C ’nin altına düşmemelidir (Saka vd., 2017).
- Sulama (C_2): Hektarda 500 fidan dikilen bir araziye her sulamada 800 litre, yaz aylarında ise 100.000 litre su vermek gerekmektedir. Bölge seçiminde sulama imkanlarının varlığına dikkat edilmelidir.
- Pazara yakınlık (C_3): Trüf mantar üretim alanı hem taşıma maliyetlerini azaltmak hem de çevre ve zaman şartlarına bağlı mantarlarda oluşabilecek bozulmaların önüne geçebilmek için pazara yakın bir alanda olmalıdır.
- Toprak yapısı (C_4): %30 kil, %30 kum ve %40 alüvyondan oluşan toprak trüf mantarı yetiştirmek için en uygun olandır.
- Nem (C_5): Aşırı nemli ve aşırı kurak topraklarda yetişmeleri zor olan trüf mantarı için iyi havalandırılmış toprak gerekmektedir.
- Arsa maliyeti (C_6): Kurulum yapılacak olan arsa maliyeti minimum olmalıdır.

- Ulaşım olanakları (C_7): Seçilecek olan bölgenin liman, havalimanı gibi olanaklara sahip olması yurtdışına trüf mantarı ihracatı yapılabilmesi için önemlidir. Yurtiçinde ise trüf mantarı en çok İstanbul, Bursa ve Antalya'da kullanılmaktadır.
- Yağış (C_8): Trüf mantarı yetiştiriciliğinde sulama çok önemli olduğundan bölgenin yağış alma duruma dikkat edilmelidir.
- Bitki örtüsü uygunluğu (C_9): Trüf mantarları en çok meşe, zeytin, ıhlamur, fındık ve kestane ağaçlarının köklerinde yetişmektedir.
- Doğal afet riski (C_{10}): Kurulum yapılacak olan bölgenin deprem, sel, heyelan gibi doğal afet risklerini taşımasına dikkat edilmelidir.

4.3 Çözüm Alternatiflerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında belirlenen 10 kriteri belirli oranlarda sağlayabilecek Türkiye'nin üç farklı bölgesinden 3 alternatif il belirlenmiştir:

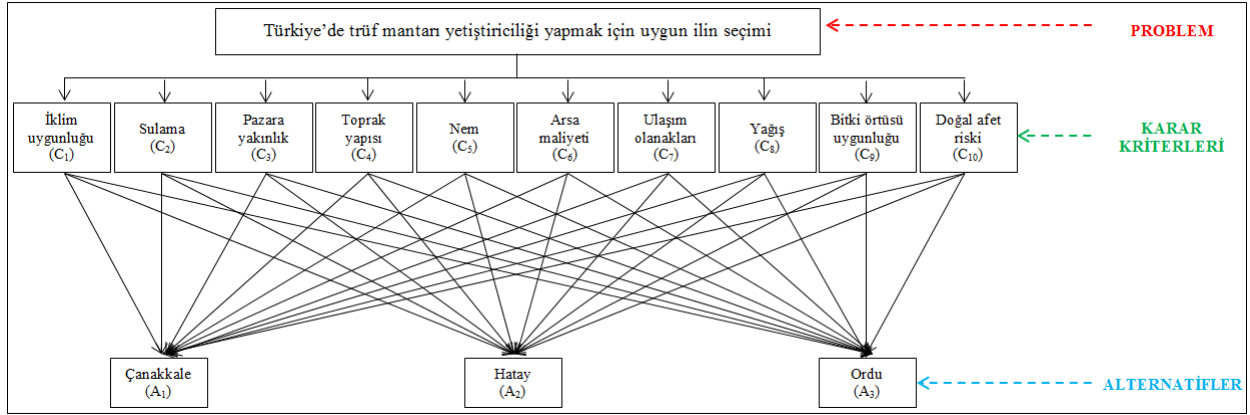
- Çanakkale (A_1): İlin Ege bölgesi yakınlarında akdeniz iklimi, Marmara bölgesine yakın kısmında ise karasal iklim hakimdir. Çanakkale ilinde yıllık ortalama sıcaklık $14,0^{\circ}\text{C}$ ve yağış miktarı ise $616,3\text{ mm}$ 'dir. Çanakkale'nin toplam arazisinin %45'i karaçam, kızılçam,

gürgen, meşe, söğüt ağaçları ve zeytinliklerle kaplıdır. Çanakkale'nin toprakları kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızımsı kahverengi akdeniz topraklarıdır.

- Hatay (A_2): İlde akdeniz iklimi hakimdir. Hatay ilinde sıcaklık en düşük $-6,3^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek 43°C 'dir ve yağış miktarı ise $1121,6\text{ mm}$ 'dir. Hatay'ın toplam arazisinin %38'i kavak, meşe, ardıç, çınar, kayın ve kızılçık ağaçları ile kaplıdır. Hatay'ın toprakları kırmızı kahverengi orman toprakları ve akdeniz topraklarıdır.
- Ordu (A_3): İlde karadeniz iklimi görülmektedir. Ordu ilinde yıllık ortalama sıcaklık ortalaması $14,3^{\circ}\text{C}$ ve yağış miktarı ise kıyı kesimlerinde $1037,5\text{ mm}$, iç kesimlerde ise 860 mm civarındadır. Ordu'nun toplam arazisinin %33,8'i fındık, defne, limon, portakal, mersin ve incir ağaçları ile kaplıdır.

4.4 Birleşik SWARA & COPRAS Yönteminin Probleme Uygulanması

Bu çalışma kapsamında Türkiye'de trüf mantar yetiştiriciliğine uygun ilin seçimi probleminin çözümü için 10 kriter ve 3 alternatiften oluşan bir model kurulmuş ve kurulan bu araştırma modeli Şekil 3'te gösterilmiştir. Modelin kurulmasının ardından ise belirlenen kriterlerin ağırlıkları SWARA yöntemiyle hesaplanmıştır.



Şekil 3. Önerilen hiyerarşik araştırma modeli

Adım 1: Öncelikle, tarım ve mantar üretimi konusunda tecrübeli dört karar vericiye bir anket çalışması uygulanmış ve kedilerinden 10 karar kriterini sıralamaları istenmiştir. Bu sıralamada karar vericiler trüf mantarı yetiştirilecek bölgenin seçimi için hangi kriter kendileri için en önemli ise o kritere 1, hangi kriter en önemsiz ise o kritere 10 vererek tüm kriterleri sıralamışlardır. Dört karar vericinin kriterler için yaptıkları sıralama Tablo 4'te gösterilmiştir.

Sıralamanın ardından karar vericiler, problemin çözümü için en önemli olduğunu düşündükleri kritere 1,00 puanını atayarak, ardından gelen kriterleri de 0,00 ile 1,00 arasında en önemli kriteri göz önünde bulundurarak değerlendirmiş ve böylelikle her bir kriter için p_j^k değerleri elde edilmiştir.

Tablo 4. Kriterlerin karar vericiler tarafından sıralanması

Kriterler	Karar vericiler			
	KV ₁	KV ₂	KV ₃	KV ₄
C ₁ İklim uygunluğu	2	4	2	3
C ₂ Sulama	5	6	8	4
C ₃ Pazara yakınlık	8	7	7	8
C ₄ Toprak yapısı	1	2	3	1
C ₅ Nem	3	3	1	6
C ₆ Arsa maliyeti	7	10	5	7
C ₇ Ulaşım olanakları	9	8	9	9
C ₈ Yağış	4	5	6	5
C ₉ Bitki örtüsü uygunluğu	6	1	4	2
C ₁₀ Doğal afet riski	10	9	10	10

Adım 2: Eşitlik (1) yardımıyla nispi ortalama önem puanı (\bar{P}_j) tüm kriterler için hesaplanmış ve sonuçlar p_j^k değerleri ile birlikte Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Tüm kriterlerin nispi ortalama önem puanları

Kriterler	Karar vericiler				Kriterler için ortalama önem puanları (\bar{P}_j)
	KV ₁	KV ₂	KV ₃	KV ₄	
C_1 İklim uygunluğu	0,95	0,80	0,90	0,80	0,86
C_2 Sulama	0,70	0,60	0,50	0,70	0,63
C_3 Pazara yakınlık	0,40	0,55	0,55	0,45	0,49
C_4 Toprak yapısı	1,00	0,95	0,85	1,00	0,95
C_5 Nem	0,80	0,85	1,00	0,55	0,80
C_6 Arsa maliyeti	0,55	0,25	0,70	0,50	0,50
C_7 Ulaşım olanakları	0,25	0,50	0,45	0,40	0,40
C_8 Yağış	0,75	0,75	0,65	0,60	0,69
C_9 Bitki örtüsü uygunluğu	0,60	1,00	0,80	0,95	0,84
C_{10} Doğal afet riski	0,15	0,30	0,30	0,20	0,24

Adım 3: Nispi ortalama önem puanlarına göre tüm kriterler büyükten küçüğe sıralanmış, her bir kriter için s_j ortalama değer karşılaştırmalı önemi hesaplanmış ve bu değerler Tablo 6’da gösterilmiştir. Tüm kriterler karşılaştırmalı önemlerine göre $C_4 > C_1 > C_9 > C_5 > C_8 > C_2 > C_6 > C_3 > C_7 > C_{10}$ şeklinde yeniden sıralanmıştır.

Adım 4: Eşitlik (2) kullanılarak c_j katsayı değeri tüm kriterler için hesaplanmıştır.

Adım 5: Eşitlik (3) kullanılarak s'_j düzeltilmiş ağırlıklar tüm kriterler için hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, ilk sıradaki kriterin s'_j değeri 1’dir.

Adım 6: Eşitlik (4) kullanılarak w_j nihai ağırlıklar tüm kriterler için hesaplanmış ve 10

kriter için elde edilen c_j , s'_j ve w_j değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 6. Tüm kriterlerin ortalama değer karşılaştırmalı önem puanları

Kriterler	Ortalama önem puanları (\bar{P}_j)	Ortalama değer karşılaştırmalı önemi (s_j)
C_4 Toprak yapısı	0,95	-
C_1 İklim uygunluğu	0,86	0,09
C_9 Bitki örtüsü uygunluğu	0,84	0,02
C_5 Nem	0,80	0,04
C_8 Yağış	0,69	0,11
C_2 Sulama	0,63	0,06
C_6 Arsa maliyeti	0,50	0,13
C_3 Pazara yakınlık	0,49	0,01
C_7 Ulaşım olanakları	0,40	0,09
C_{10} Doğal afet riski	0,24	0,16

Tablo 7. Kriterlere ait c_j , s'_j ve w_j değerleri

Kriterler	Katsayı değerleri (c_j)	Düzeltilmiş ağırlık değerleri (s'_j)	Nihai ağırlık değerleri (w_j)
C_4 Toprak yapısı	1,00	1,00	0,132
C_1 İklim uygunluğu	1,09	0,92	0,121
C_9 Bitki örtüsü uygunluğu	1,02	0,90	0,118
C_5 Nem	1,04	0,86	0,114
C_8 Yağış	1,11	0,78	0,103
C_2 Sulama	1,06	0,74	0,097
C_6 Arsa maliyeti	1,13	0,65	0,086
C_3 Pazara yakınlık	1,01	0,64	0,085
C_7 Ulaşım olanakları	1,09	0,59	0,078
C_{10} Doğal afet riski	1,16	0,51	0,067

Karar kriterlerinin ağırlıklarının SWARA yöntemi ile hesaplanmasının ardından alternatiflerin sıralanmasında COPRAS yönteminden yararlanılmış ve üç alternatif il uygunlukları açısından değerlendirilmiştir.

Adım 1: Tarım ve mantar üretimi konusunda tecrübeli dört uzmanın ortak görüşlerinden yararlanılarak Türkiye’de trüf mantarı

üretimi yapılabilecek üç alternatif il için C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_7 , C_9 ve C_{10} subjektif kriterleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmış ve bu değerlendirmede alternatiflerin ilgili kriterleri karşılama dereceleri 0 ile 100 arasında puanlanmıştır. Alternatiflerin subjektif kriterlere göre değerlendirilmesi Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Karar vericilerin alternatifleri değerlendirmesi

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_7	C_9	C_{10}
A_1 Çanakkale	95	75	90	70	100	60	95
A_2 Hatay	70	55	45	80	50	80	90
A_3 Ordu	65	80	60	75	55	75	100

Tablo 8’deki karar vericilerin subjektif değerlendirmeleri Tablo 9’a yansıtılırken, “ C_5 -Nem”, “ C_6 -Arsa maliyeti” ve “ C_8 -Yağış” kriterleri ile ilgili bilgiler elde edilmiş, elde edilen bu yeni bilgiler Tablo 9’a eklenmiştir.

Adım 2: Alternatifler tüm karar kriterlerine göre değerlendirilmiş ve Eşitlik 5’teki karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 9. Alternatiflerin karar kriterlerine göre değerlendirilmesi

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Min/Maks	maks	maks	maks	maks	min	min	maks	maks	maks	min
Ağırlıklar	0,121	0,097	0,085	0,132	0,114	0,086	0,078	0,103	0,118	0,067
A ₁	0,413	0,357	0,462	0,311	0,335	0,371	0,488	0,222	0,279	0,333
A ₂	0,304	0,262	0,231	0,356	0,320	0,359	0,244	0,404	0,372	0,316
A ₃	0,283	0,381	0,308	0,333	0,345	0,269	0,268	0,374	0,349	0,351

Adım 3: Eşitlik (6) kullanılarak *D* karar matrisinin normalizasyon işlemi yapılmış ve böylece Eşitlik (7)'de yer alan normalize

karar matrisine ulaşılmıştır. Tablo 10'da elde edilen bu normalize karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 10. Alternatifler için normalize karar matrisi

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Min/Maks	maks	maks	maks	maks	min	min	maks	maks	maks	min
Ağırlıklar	0,121	0,097	0,085	0,132	0,114	0,086	0,078	0,103	0,118	0,067
A ₁	0,413	0,357	0,462	0,311	0,335	0,371	0,488	0,222	0,279	0,333
A ₂	0,304	0,262	0,231	0,356	0,320	0,359	0,244	0,404	0,372	0,316
A ₃	0,283	0,381	0,308	0,333	0,345	0,269	0,268	0,374	0,349	0,351

Adım 4: Normalize karar matrisinde bulunan her bir değer ilgili sütundaki ağırlığı ile çarpılmış, bu işlemle birlikte Tablo 11'de yer

alan ve Eşitlik (8)'de tanımlanan ağırlıklandırılmış karar matrisine ulaşılmıştır.

Tablo 11. Ağırlıklandırılmış karar matrisi

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Min/Maks	maks	maks	maks	maks	min	min	maks	maks	maks	min
A ₁	0,050	0,035	0,039	0,041	0,038	0,032	0,038	0,023	0,033	0,022
A ₂	0,037	0,025	0,020	0,047	0,036	0,031	0,019	0,041	0,044	0,021
A ₃	0,034	0,037	0,026	0,044	0,039	0,023	0,021	0,038	0,041	0,024

Adım 5: Ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edildikten sonra kriterler maksimize edilmesi gereken yani faydalı ve minimize edilmesi gereken yani faydasız olarak

ayrılmış, Tablo 8’de yer alan ağırlıklı normalize karar matrisindeki maksimize edilmesi gereken kriterler, ön sütuna yazılarak Tablo 12 oluşturulmuştur

Tablo 12. Faydalı ve faydasız kriterlerin yeniden yerleştirilmesi ile oluşan karar matrisi

Kriterler	Faydalı kriterler							Faydasız kriterler		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₇	C ₈	C ₉	C ₅	C ₆	C ₁₀
Min/Maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	min	min
A ₁	0,050	0,035	0,039	0,041	0,038	0,023	0,033	0,038	0,032	0,022
A ₂	0,037	0,025	0,020	0,047	0,019	0,041	0,044	0,036	0,031	0,021
A ₃	0,034	0,037	0,026	0,044	0,021	0,038	0,041	0,039	0,023	0,024

Adım 6: Eşitlik (10) kullanılarak S_i^+ değeri faydalı kriterler için ve Eşitlik (11) kullanılarak S_i^- değeri ise faydasız kriterler hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Faydalı kriterler için S_i^+ ve faydasız kriterler için S_i^- değerleri

	A ₁ /Çanakkale	A ₂ /Hatay	A ₃ /Ordu
S_i^+	0,294	0,267	0,279
S_i^-	0,057	0,054	0,049

Adım 7: Eşitlik (12) kullanılarak tüm alternatifler için Q_i nispi önem ağırlığı hesaplanmış ve Tablo 14’te sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 14. Q_i değerleri

	A ₁ /Çanakkale	A ₂ /Hatay	A ₃ /Ordu
Q_i	0,344	0,319	0,337

Adım 8: Nispi önem ağırlığı en yüksek olan alternatif, en uygun alternatif olacağından Tablo 14’e göre, en yüksek nispi öneme sahip il alternatifi 0,344 değeriyle “A₁/Çanakkale”dir.

Adım 9: Eşitlik (14) kullanılarak her bir alternatif için performans indeks değeri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 15’te gösterilmiştir. “A₁/Çanakkale” 100,00 performans indeks değeri ile Türkiye’de trüf mantarı yetiştirilebilecek en uygun il, “A₃/Ordu” 97,82 performans indeks değeri ile en iyi ikinci il ve “A₂/Hatay” 92,76 performans indeks değeri ile sonuncu il olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 15. P_i değerleri ve alternatiflerin sıralanması

	A ₁ /Çanakkale	A ₂ /Hatay	A ₃ /Ordu
P_i	100,00	92,76	97,82
Sıralama	1	3	2

5. Sonuç

Bulunduğu coğrafi konum, sahip olduğu iklim şartları ve elverişli toprakları ile Türkiye için tarım en önemli sektörlerden biridir. Tarım sektörü ülkede nüfusun verimli kullanılarak işgücüne katkı sağlaması, toplumun yeterli ve besin değeri açısından yüksek gıdalarla beslenmesi, açlık sorununun önüne geçilmesi, hem hammadde temini hem de tarıma dayalı ürünlerin geliştirilmesi ihtiyacından dolayı

sanayi sektörüne katkı sağlaması ve GSMH içindeki yeri açısından oldukça önemlidir.

Ekonomik olarak ihracatını yapan ülkelere büyük bir avantaj sağlayan, aromatik tadı ve besin değeri ile başta gıda sektörünün, ardından da yan ürünlerinin kullanıldığı diğer sektörlerin oldukça yüksek talep gösterdiği trüf mantarı özel bir mantar türü olduğundan her bölge ve iklimde yetiştirilememektedir.

Bu noktada, Türkiye’de yatırım yapılarak kurulacak olan yeni bir trüf mantarı yetiştirme alanının nerede olması gerektiği ile ilgili çok kriterli bir model önerilmiş ve önerilen bu modelin çözümü için SWARA ve COPRAS yöntemlerinden oluşan birleşik bir metodoloji kullanılmıştır. Önerilen modelin çözümü iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiş ilk aşamada modeli oluşturan karar kriterleri SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılmış, ardından ikinci aşamada ise alternatifler bu kriter ağırlıklarına göre değerlendirilmiştir. Trüf mantarı yetiştirebilmek için ülkenin farklı bölgelerinde bulunan üç alternatif il önerilen çözüm yöntemiyle sıralanmış ve Çanakkale’nin en uygun il olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında kurulan araştırma modeli ile birlikte trüf mantarı yetiştiriciliğinde özellikle toprak yapısı, iklim ve bitki örtüsü uygunluğu, nem ve yağış gibi çevre şartlarının önemli olduğu ortaya konmuş, bu kriterleri sağlayan çevre şartlarına sahip en uygun alternatif Çanakkale ili olarak belirlenmiştir. Sert hava koşullarına uygun olmayan trüf mantarı akdeniz iklimine sahip, yıllık yağış oranının uygun olduğu, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızımsı kahverengi akdeniz toprakları ile sahip olduğu meşe

ağaçları ve zeytinliklerle Çanakkale ilinde üretim imkanı bulacaktır.

Literatürde, trüf mantarı yetiştiriciliği için gerekli bazı kriterler açıklansa da bu tarım ürününün elde edilebileceği bölge seçimi için çok kriterli bir karar yapısı bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma, önerilen modeli ve tarım sektöründe ilk kez kullanılan çözüm tekniği ile literatüre katkıda bulunmaktadır. Gelecek çalışmalara ışık tutacak olan bu çalışma model yapısına eklenebilecek farklı kriterlerle geliştirilebileceği gibi konuyla ilgili önerilen modelin farklı ÇKKV yöntemleri ile çözülmesi de mümkün olacaktır. Ayrıca, dünya genelinde benzer bir yatırım yapmak isteyen ülkelerin ihtiyaçları doğrultusunda önerilen araştırma modelinin alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılması mümkündür.

Literatüre sağladığı katkı ve gelecek çalışmalara edebileceği rehberliğe rağmen çalışmanın en önemli kısıtı, öznel ölçütlerdir. Çalışmada öznel ölçütlerin sayısı en aza indirgenmeye çalışılsa da 10 kriterin sadece 3 tanesi kesin sayılarla değerlendirilebilmiştir. Çalışmanın bir başka kısıtı ise işlem yoğunluğunu ve karmaşıklığını önlemek için Türkiye’nin tüm illeri yerine sadece konuyla ilgili potansiyeli yüksek olan 3 ilinin değerlendirilebilmesidir. Gelecekte, Türkiye’nin tüm illerinin değerlendirilmesi ile bu kısıtın ortadan kaldırılabilmesi mümkündür.

Sonuç olarak, trüf mantarı yetiştiriciliğinde uygun olan bölge seçiminin belirlenebilmesi için iklim, toprak yapısı, yağış oranı, sulama, ulaşım olanakları, nem gibi önemli karar kriterlerinden oluşan bir model ile en iyi alternatif belirlenmiş,

konuyla ilgili araştırma yapanlara ve yatırım yapacak olanlara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

6. Kaynaklar

Ayçin, E. 2018. "Using the SWARA and COPRAS methods in the selection of database management system", *Dijital Çağda İşletmecilik Dergisi*, 1(2), 51-58.

Barak, S., Mokfi, T. 2019. "Evaluation and selection of clustering methods using a hybrid group MCDM", *Expert Systems with Applications*, 138, 112817.

Çakır, E., Kacır, Ü. 2017. "Altı Sigma kara kuşak eğitimi alacak personelin bütünleşik SWARA ve GİA yöntemleri ile belirlenmesi", *Gümüşhane University Electronic Journal of The Institute of Social Sciences*, 9(23), 142-166.

Çakır, E., Karabıyık, B.K. 2017. "Bütünleşik SWARA - COPRAS yöntemi kullanarak bulut depolama hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 417-434.

Das, M.C., Sarkar, B., Ray, S. 2012. "A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using integrated fuzzy AHP and COPRAS methodology", *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(3), 230-241.

Dehnavi, A., Aghdam, I.N., Pradhan, B., Varzandeh, M.H.M. 2015. "A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran", *CATENA*, 135, 122-148.

Eren, E., Pekşen, A. 2016. "Türkiye'de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış", *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 189-196.

Ghenai, C., Albawab, M., Bettayeb, M. 2020. "Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and

extended SWARA/ARAS hybrid method", *Renewable Energy*, 146, 580-597.

Ghorabae, M.K., Amiri, M., Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J. 2018. "A new hybrid fuzzy MCDM approach for evaluation of construction equipment with sustainability considerations", *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 32-49.

Ghorabae, M.K., Amiri, M., Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. 2017. "A new hybrid simulation-based assignment approach for evaluating airlines with multiple service quality criteria", *Journal of Air Transport Management*, 63, 45-60.

Govindan, K., Jha, P.C., Agarwal, V., Darbari, J.D. 2019. "Environmental management partner selection for reverse supply chain collaboration: A sustainable approach", *Journal of Environmental Management*, 236, 784-797.

İstanbul İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Mantar Yetiştiriciliği, <https://istanbul.tarim.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Sebzecilik/mantar.pdf>. Erişim tarihi: 12.08.2018.

Kıral, T., Akder, H. 2000. "Makro ekonomik göstergelerle tarım sektörü", *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, (2 cilt), Yayın No. 38, Ankara, 1-19.

Korucuk, S. 2018. "ÇKKV yöntemleri ile imalat işletmelerinde TZY performans faktörlerinin önem derecelerinin belirlenmesi ve en ideal rekabet stratejisi seçimi: Ordu ili örneği", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(2), 569-593.

Maghsoodi, A.I., Maghsoodi, A.I., Poursoltan, P., Antucheviciene, J., Turskis, Z. 2019. "Dam construction material selection by implementing the integrated SWARA-CODAS approach with target-based attributes", *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 19(4), 1194-1210.

- Mousavi-Nasab, S.H., Sotoudeh-Anvari, A. 2017. "A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems", *Materials & Design*, 121, 237-253.
- Mulliner, E., Malys, N., Maliene, V. 2016. "Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability", *Omega*, 59(Part B), 146-156.
- Mulliner, E., Smallbone, K., Maliene, V. 2013. "An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method", *Omega*, 41(2), 270-279.
- Panahi, M., Yekrangnia, M., Bagheri, Z., Pourghasemi, F.R., Aghdam, I.N., Damavandi, A.A. 2019. "GIS-based SWARA and its ensemble by RBF and ICA data-mining techniques for determining suitability of existing schools and site selection of new school buildings", *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, 161-188.
- Pitchipoo, P., Vincent, D.S., Rajini, N., Rajakarunakaran, S. 2014. "COPRAS decision model to optimize blind spot in heavy vehicles: A comparative perspective", *Procedia Engineering*, 97, 1049-1059.
- Polat, G., Bingol, B.N., Var, O. 2017. "An integrated multi-criteria-decision-making tool for mechanical designer selection", *Procedia Engineering*, 196, 278-285.
- Rabbani, A., Zamani, M., Yazdani-Chamzini, A., Zavadskas, E.K. 2014. "Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies", *Expert Systems with Applications*, 41(16), 7316-7327.
- Saka, A.K., İslam, A., Pekşen, A. 2017. "Trüf mantarı yetiştiriciliği". *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(Özel Sayı), 329-334. ISSN: 2147-6403.
- Schitea, D., Deveci, M., Iordache, M., Bilgili, K., Akyurt, İ.Z., Iordache, I. 2019. "Hydrogen mobility roll-up site selection using intuitionistic fuzzy sets based WASPAS, COPRAS and EDAS", *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(16), 8585-8600.
- Serrai, W., Abdelli, A., Mokdad, L., Hammal, Y. 2017. "Towards an efficient and a more accurate web service selection using MCDM methods", *Journal of Computational Science*, 22, 253-267.
- Türkiye İhracatçılar Meclisi, <http://www.tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari.html>. Erişim tarihi: 12.08.2018.
- ^aTürkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Temel İstatistikler (İstihdam, İşsizlik ve Ücret/istihdam edilenlerin yıllara göre iktisadi faaliyet kolları). Erişim tarihi: 12.10.2018.
- ^bTürkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Temel İstatistikler (Tarım/tarım alanları). Erişim tarihi: 22.11.2018.
- ^cTürkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Temel İstatistikler (Ulusal Hesaplar/Gayrisafi yurtiçi hasıla, gelir yöntemiyle, cari fiyatlarla). Erişim tarihi: 22.11.2018.
- ^dTürkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Temel İstatistikler (Konularına göre istatistikler/Bitkisel üretim istatistikleri, başka yerde sınıflandırılmamış diğer sebzeler). Erişim tarihi: 23.07.2019.
- Türkoğlu, A. 2015. "Yeraltındaki gizli hazine: Trüf mantarları", *Orman ve Su Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını*.
- Vafaeipour, M., Zolfani, S.H., Varzandeh, M.H.M., Derakhti, A., Eshkalag, M.K. 2014. "Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach", *Energy Conversion and Management*, 86, 653-663.

Valipour, A., Yahaya, N., Noor, N.M., Antuchevičienė, J., Tamošaitienė, J. 2017. “Hybrid SWARA-COPRAS method for risk assessment in deep foundation excavation project: an Iranian case study”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(4), 524-532.

Valipour, A., Yahaya, N., Noor, N.M., Valipour, I., Tamošaitienė, J. 2019. “A SWARA-COPRAS approach to the allocation of risk in water and sewerage public-private partnership projects in Malaysia”, *International Journal of Strategic Property Management*, 23(4), 269-283.

Vytautas, B., Marija, B., Vytautas, P. 2015. “Assessment of neglected areas in Vilnius city using MCDM and COPRAS methods”, *Procedia Engineering*, 122, 29-38.

Zarbakhshnia, N., Soleimani, H., Ghaderi, H. 2018. “Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria”, *Applied Soft Computing*, 65, 307-319.

Zarch, M.E., Moghaddam, R.T., Esfahanian, F., Sepehri, M.M., Azaron, A. 2018. “Pharmacological therapy selection of type 2 diabetes based on the SWARA and modified MULTIMOORA methods under a fuzzy environment”, *Artificial Intelligence in Medicine*, 87, 20-33.

Zavadskas, E.K., Bausys, R., Juodagalviene, B., Sapranaviciene, I.G. 2017. “Model for residential house element and material selection by neutrosophic MULTIMOORA method”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 64, 315-324.

Zolfani, S.H., Pourhossein, M., Yazdani, M., Zavadskas, E.K. 2018. “Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM framework”, *Alexandria Engineering Journal*, 57(1) 357-365.

Zolfani, S.H., Zavadskas, E.K. 2013. “Sustainable development of rural areas’

building structures based on local climate”, *Procedia Engineering*, 57, 1295-1301.