

# Kahve Çekirdeği Kalitesi Sıralamasında TOPSIS Yöntemi Yaklaşımı

## TOPSIS Method Approach in Ranking Coffee Bean Quality

Fatih Boyar<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>(Arş. Gör.), Altınbaş Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

Kahve, petrolden sonra ticareti en çok yapılan ikinci emtiadır. Son yirmi yılda nitelikli kahve alanında önemli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte kahvenin tadı, çekirdeğin kusurları, üretim koşulları, sürdürülebilirlik koşulları gibi birçok konu tartışılmaktadır. Bu çalışmada Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (CQI - Coffee Quality Institute) tarafından kabul edilen kahve kalitesi standartları ile kahveler arasında en iyi alternatifin bulunması hedeflenmiştir. KKE veri tabanında bulunan veri, ağ kazıma yöntemi ile Python 3.10.5 programı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen veride aroma, tat profili, damakta kalıcılık, asitlik, gövde, tat dengesi, tutarlılık, temizlik, tatlılık nitelikleri olumlu yönde etkileyen ölçütler; 1. kategori kusur, 2. kategori kusur ve kavurma sonrası açık renk kalmış nitelikleri kahvenin kalitesini olumsuz yönde etkileyen ölçütlerdir. Alternatifler arasında en iyisinin seçimi için Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) kullanılmıştır. Ağırlıklandırma adımında hem entropi yöntemi hem de eşit ağırlıklandırma ele alınmış, olumlu ve olumsuz yönleri açıklanarak tartışılmıştır.

### ABSTRACT

Coffee is the second-most traded commodity after oil. Quantifying the quality of coffee is a critical topic of research. Many aspects such as the taste of coffee, bean defects, production conditions, and sustainability conditions are considered for rating the quality. In this study, the best alternative method for quality standards accepted by Coffee Quality Institute (CQI) was discussed. The web scraping method and the Python 3.10.5 program was used to obtain the data in the CQI database. Aroma, taste profile, aftertaste, acidity, body, taste balance, stability, cleanliness, sweetness qualities were believed to positively affect quality. First-category defect, second-category defect, and its light color after roasting were considered to negatively affect coffee quality. The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was used to select the best among the alternatives. In the weighting step, both the entropy method and equal weighting were used, and their positive and negative aspects were explained and discussed.

**Anahtar Kelimeler:** TOPSIS, ağ kazıma, kahve kalitesi

**Keywords:** Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, web scraping, coffee quality

### EXTENDED SUMMARY

Coffee beans are graded on criteria such as coffee taste and aroma quality as well as visual factors such as the appearance, size, and color tone of beans. Various taste and aroma profile tests have been developed to evaluate coffee quality. Factors such as quality control factors, sustainability, working conditions during production, processing and storage of coffee beans are also considered.

Many standards have been setup in numerous organizations at the international and national level. For example, the International Coffee Organization focuses on many areas such as establishing and implementing quality standards in coffee beans, supporting and guiding coffee producers, developing sustainable coffee standards, and establishing hygiene rules.

Coffee quality institute (CQI) develops and trains cupping protocols used in coffee tasting to assess coffee quality and establish a reference for coffee tasting notes around the world. As of May 2023, more than 8,000 CQI certified grading members (CQI Graders) evaluate coffee in many countries of the world according to CQI standards.

Because of the prevalence of using CQI for grading coffee quality, this study is based on the CQI standard.

Cupping standards developed by CQI are used to evaluate coffee quality. Cupping is a standardized method of tasting coffee.

**Corresponding Author:** Fatih Boyar **E-mail:** fatih.boyar@altinbas.edu.tr

**Submitted:** 16.08.2023 • **Revision Requested:** 26.09.2023 • **Last Revision Received:** 08.11.2023 • **Accepted:** 05.12.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

CQI's cupping standards cover the evaluation of aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance, uniformity, clean cup, and sweetness.

Apart from the tasting taste grading, imperfections in coffee quality are undesirable properties that can occur in coffee beans during processing or storage and classified as category one and category two defects.

The first category of defects are primary defects that can be detected visually. Category Second defects are defects that are inconspicuous and can only be detected by taste.

Indicators of coffee quality are available in the CQI database. This database includes a unique ID number assigned to each coffee, type, origin, farm name, production altitude, harvest date, grading date, processing technique, and tasting scores.

The data of each type of coffees are kept on separate pages by using an ID number. The web scraping technique was applied to achieve rapid data collection as the data were kept on separate pages for each coffee. Network scraping was performed using Python 3.10.5. The content of the written Python program is presented in APPENDIX-1. Furthermore, web scraping files and data are available at GitHub Platform (GitHub, 2023).

The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method was used for ranking according to coffee grading. This method is an efficient method that is preferred in finding the ideal one in multiple preferences.

Cost attributes have a negative effect on the decision. "Aroma", "Flavor", "Aftertaste", "Acidity", "Body", "Balance", "Uniformity", "Clean Cup", "Sweetness", "Overall" attributes, which are referred to as taste scores in the dataset, have a positive effect. However, "Category One Defects," "Category Two Defects," "Quakers" have a negative effect. In the obtained data set, a total of 207 observations and 13 characteristics of the mentioned coffee quality indicators are presented.

In this study, two calculations were made with the entropy weighting method, in which the attributes have equal importance.

The aforementioned methods were used, and the best choices were suggested using the TOPSIS method according to the coffee quality. A general criterion was presented with the sum of the tasting scores, but this study suggests that a calculation method that considers tasting scores separately and accounting for the error qualities could considerably improve grading.

## Giriş

Kahve, dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden biridir ve kahve endüstrisi, birçok ülke için önemli bir ekonomik faaliyettir. Kahve üretimi, kahve kuşağı olarak adlandırılan yaklaşık 25 derece kuzey enlemi ve 30 derece güney enlemi arasında kalan bölgelerde yapılabilmektedir ve özellikle Brezilya, Vietnam, Kolombiya, Endonezya ve Etiyopya gibi ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Dünya genelinde yıllık tüketimi 2022 yılında yaklaşık 170 milyon çuvala ulaşmıştır (ICO, 2023). Ayrıca kahve, borsada işlem görmektedir ve petrolden sonra en çok ticareti yapılan emtiadır. Bu ticaret hacmi yıllık toplam 20 milyar doların üzerine çıkmaktadır (ICO, 2023). Kahve ticareti son yüz yılda COVID-19 salgını gibi belirli istisnalar dışında sürekli artış göstermiştir. Piyasanın büyümesi sadece ticaret hacmi ile sınırlı kalmamış; kahvenin kalite standartları, niteliği, üretim koşulları, sürdürülebilirlik problemi gibi birçok konuda gelişme sağlanmıştır.

Kahve çekirdeklerinde kalite standartları, ilk olarak genellikle çekirdeklerin görünümü, boyutu ve renk tonu gibi görsel faktörlere dayanarak değerlendirilmiştir. Ancak zamanla, kahve tadı ve aroma kalitesi, kahve çekirdeklerinin kalitesi için daha önemli bir faktör haline gelmiştir. Bu nedenle, kahve kalitesini değerlendirmek için çeşitli tat ve aroma profili testleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise kahve kalitesi kahve çekirdeklerinin üretim, işleme ve depolama süreçlerindeki kalite kontrol faktörleri, sürdürülebilirlik ve çalışma koşulları gibi faktörler de dahil edilerek değerlendirilmektedir.

Kalite standartları, uluslararası ve ulusal düzeyde birçok kuruluş tarafından belirlenir ve uygulanır. Örneğin, Uluslararası Kahve Organizasyonu (International Coffee Organization - ICO), kahve çekirdeklerinde kalite standartları oluşturmak ve uygulamak, kahve üreticilerine destek olmak ve yol göstermek, sürdürülebilir kahve standartları geliştirmek, iyi hijyen kuralları belirlemek gibi birçok alanda çalışmaktadır. Buna ek olarak kahve kalite standartları üzerine, Kahve Bilimleri Vakfı (Coffee Science Foundation - CSF) ve Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (Coffee Quality Institute - CQI) gibi çeşitli kuruluşlar da çalışmaktadır.

Kahve sektöründe faaliyet gösteren işletmeler kahve ile ilgili kuruluşların çalışmaları ve ortaya koyulan standartlar ışığında satın alma tercihlerini yönetmektedir. Bu durum özellikle üçüncü dalga (third wave) ve sonrası olarak anılan, çoğunlukla uzman çiftçiler tarafından yetiştirilen nitelikli kahve (specialty coffee) tüketicileri için önem taşımaktadır (SCAA, Specialty Coffee). Kalite standartları zamanla geliştirilmiş, Kahve Kalitesi Enstitüsü'nün (KKE) derlediği tadım (cupping) standartları ve çekirdek kusurları (defects) referans noktası olarak alınan ölçütler olmuştur. Böylelikle satın alma kararında çok kriterli karar verme probleminin ortaya çıktığı düşünülmelidir. Probleme yönelik çok kriterli karar verme modelleri kullanılması, çok değişkenli karmaşıklıkla ele alabilme, büyük miktarda veriyi analiz edebilme, farklı hedefleri optimize edebilme, peşin hükümlere dayalı veya yanlı kararların önüne geçebilme ve kararların açıklanabilir olma katkısı gibi avantajlar sağlayabilmektedir (Belton ve Stewart, 2002). Böylelikle çok nitelikli karar alma modelleri karar sürecinde memnuniyetin artmasını, kararların kalitesinin iyileştirilmesini ve karar sürecinin

verimliliğinin artmasını sağlar (Barfod ve Salling, 2011). Bu çalışmada farklı kahvelerin çoklu nitelikleri verimli bir şekilde ele alınarak kalite sıralaması yapmak ve buna göre satın alma sürecine destek olacak sistematik bir yaklaşım geliştirmek amaçlanmıştır.

Çok kriterli karar alma modellerinden TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) kolay anlaşılır bir mantığı olması, Öklidyen uzaklığı temel alan basit bir matematiği olması, hesaplama sürecinin diğer modellere kıyasla basit olması ve sonuçların hızlı elde edilebilmesi özellikleriyle avantajlı bulunmaktadır (Shih vd., 2007; Boran vd., 2009). Yöntemin zayıf bulunan özellikleri ise Öklidyen uzaklığı temel aldığı için değişkenlerdeki negatif ve pozitif değerlerin fark yaratmaması, bir nitelikteki varyansın diğerlerine kıyasla yüksek olması durumunda hesaplamalarda baskın olmaya yol açması ve niteliklerin ancak varyanslarının birbirinden yüksek oranda değişkenlik göstermemesi durumunda kullanışlı olması olarak özetlenebilir (Siksnelyte-Butkiene vd., 2020). Çalışmada kullanılan veri KKE veri tabanında bulunan nitelikli kahvelerden oluşmaktadır ve gözlemlerin kalite standartları arasında yüksek değişkenlik bulunmamaktadır. Ayrıca göstergeler sadece pozitif değerler ile ifade edilmiştir. Verinin bu özellikleri bakımından TOPSIS yönteminin zayıf bulunan özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmeyeceği kabul edilmiştir.

KKE Standartları ve Kahve Kalitesinin Ölçümü başlığında KKE kuruluşu hakkında bilgi verilmiş, kahve kalitesinin ölçümü özetlenmiş, çalışmada neden bu kuruluşun kabul ettiği standartların temel alındığı açıklanmış, kahvenin kalitesini gösteren tadım nitelikleri, olumsuz yönde etkileyen kusurları (defects) ayrıntılı olarak anlatılmıştır. TOPSIS Yöntemi ve Literatürdeki Kullanım Alanları başlığında yöntem açıklanmış, çalışmada kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri sıralanmış ve literatürdeki kullanım alanları anlatılmıştır. Veri başlığında KKE veri tabanında uygulanan ağ kazıma (web scraping) işlemi anlatılmış, edinilen veri görselleştirmiş, niteliklerin anlamları açıklanmıştır. TOPSIS Yöntemi Uygulaması başlığında izlenen adımlar sıralanmış ve varılan sonuçlar ortaya konmuştur. Son olarak Sonuç ve Öneriler başlığında ise çalışmanın sonuçları yorumlanarak tartışılmış, çalışmanın özgün değeri ve kısıtları anlatılmıştır.

### **KKE Standartları ve Kahve Kalitesinin Ölçümü**

Kahve çekirdeklerinin kalitesinin ölçümü çeşitli kurumlar tarafından önerilmektedir. 1996 yılında kurulan Kahve Kalitesi Enstitüsü (KKE) (Coffee Quality Institute - CQI) bu konuda özelleşmiş bir kurum olarak karşımıza çıkmaktadır. KKE, kahve endüstrisindeki tüm paydaşlarla birlikte çalışarak, çiftçilerin, işleyicilerin, ihracatçıların, ithalatçıların, kavurucuların ve baristaların kahve kalitesini artırmalarına ve sürdürülebilirliği teşvik etmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Coffee Quality Institute - About).

KKE, çiftçilerin ve üreticilerin kahve üretiminde en iyi uygulamaları takip etmelerini sağlamak için eğitim ve sertifikasyon programları sunmaktadır. Ayrıca, kahve işleme tekniklerini ve kalite kontrol yöntemlerini iyileştirmeye yönelik eğitimler ve kaynaklar da sağlamaktadır. Kaliteyi artırmak için standartlar belirlemekte ve sertifikasyon programları geliştirmektedir. Bu programlara ek olarak kuruluş, kahve kalitesi için uluslararası standartları belirlemek ve kahve endüstrisinde sürdürülebilirliği teşvik etmek için diğer kahve endüstrisi paydaşlarıyla birlikte çalışmaktadır.

KKE, belirtilen faaliyetlerin yanı sıra kahve tadımında kullanılan tadım yapma (cupping) protokollerini geliştirmekte ve eğitimler vermektedir. Bu protokoller, kahve kalitesini değerlendirmek ve dünya genelinde kahve tadım notları için bir referans oluşturmak için kullanılmaktadır. 2023 Mayıs tarihi itibarıyla dünyanın birçok ülkesinde KKE sertifikalı sekiz binin üzerinde derecelendirici üye bulunmaktadır (CQI Graders). Bu üyeler kahve örneklerini temin ederek KKE standartlarına göre deneyip notlandırma yapmaktadırlar. Kahve kalitesinde sıkça başvurulması, bu alanda referans noktası haline gelmiş olması ve kolay erişilebilir veri tabanına sahip olması sebebiyle bu çalışmada KKE standardı temel alınacaktır.

KKE tarafından geliştirilen tadım yapma standartları, kahvenin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Tadım yapma, kahve tatlarının standartlaştırılmış bir şekilde ortaya konmasını sağlayan bir yöntemdir. KKE'nin tadım yapma standartları, aroma (aroma), tat profili (flavor), damakta kalıcılık (aftertaste), asitlik (acidity), gövde (body), tat dengesi (balance), tutarlılık (uniformity), temizlik (clean cup) ve tatlılık (sweetness) özelliklerinin değerlendirilmesini kapsar (SCAA Cupping Protocols).

1. Aroma (Aroma): Kahvenin kokusunu belirler ve değerlendirir. Aroma, çeşitli tonlarda olabilir ve farklı kahve çeşitleri için farklı olabilir. Yüksek kaliteli kahvelerde, çiçeksi, meyvemsi, baharatlı veya çikolatalı aromalar olabilir.
2. Tat Profili (Flavor): Kahvenin tat profilini değerlendirir. Tat profili, acılık, asidite, tatlılık ve gövde gibi faktörlere dayanır. Yüksek kaliteli kahveler, genellikle zengin ve dengeli bir tat profiline sahiptir.
3. Damakta Kalıcılık (Aftertaste): Kahvenin damakta bıraktığı tat ve aromaları değerlendirir. Uzun, tatlı ve kalıcı bir damakta kalan tat, yüksek kaliteli kahvelerin işareti.
4. Asitlik (Acidity): Kahvenin asiditesini değerlendirir. Asidite, kahvenin lezzetini ve tat profili oluşumunu etkiler. Yüksek kaliteli kahvelerde, asidite, canlı ve parlak bir tada sahip olabilir.
5. Gövde (Body): Kahvenin yoğunluğunu değerlendirir. Yüksek kaliteli kahveler, genellikle dolgun, kremalı bir gövdeye sahip olabilir.

6. Denge (Balance): Kahvenin farklı tat özellikleri arasındaki dengesini değerlendirir. İyi bir tat dengesi, tat profiline zenginlik katar ve kahvenin kalitesini artırır.

7. Tutarlılık (Uniformity): Aynı kahve partisindeki tüm kahve çekirdeklerinin benzer özelliklere sahip olup olmadığını değerlendirir.

8. Temizlik (Clean Cup): Kahvenin temiz ve tatsız olup olmadığını değerlendirir. İyi bir temizlik, kahvenin kalitesini artırır.

9. Tatlılık (Sweetness): Kahvenin doğal tatlılık derecesini değerlendirir. Yüksek kaliteli kahveler, tatlı, karamel veya çikolata gibi tatlılık tonlarına sahip olabilir.

KKE tadım (cupping) standartlarına göre, kahve öğütülür ve özel tadım kaşıkları kullanılarak su ile karıştırılıp demlenir. Kahve, özel bir bardağa alınarak önce kokusu ve ardından tadı değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucunda kahvenin kalitesi ve puanı belirlenmektedir. KKE tadım standartları, kahve sektöründe kahvenin kalitesinin değerlendirilmesinde ve uluslararası ticarete standartlaştırılmış bir dil oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Tadım notlandırmasının haricinde kahvenin kalitesinde kusurlar da önemli rol oynamaktadır. Bu kusurlar, kahve çekirdeklerinde işleme veya depolama sırasında meydana gelebilecek istenmeyen özelliklerdir. Kategori bir ve kategori iki kusurlar olarak ikiye ayrılmaktadır (SCA Defects Handbook).

Birinci kategori kusurlar, kahve çekirdeklerinin görsel olarak incelenmesiyle algılanabilen birincil kusurlardır. Bu kusurlar:

1. Siyah çekirdek (black beans): Fermente veya kokuşmuş, kirli, küflü, ekşi, fenolik tatlara sebep olabilir.
2. Ekşi çekirdek (sour beans): Çekirdek fermantasyonunun derecesine bağlı olarak ekşi, fermente ve hatta pis bir tat üretebilir.
3. Mantar hasarı (fungus damage): Fermente, küflü, topraksı, kirli ve fenolik tat üretebilir.
4. Yabancı cisim (foreign material): Yabancı maddelerden kaynaklanan kirlenme yeşil kahveyi etkileyerek çeşitli tat bozukluklarına neden olabilir.
5. Kurumuş meyve veya kabuk (dried cherry or pod): Fermente, küflü veya fenolik tat üretebilir.
6. Böcek hasarı (insect damage): Kavrulmuş çekirdeklerin görünümünü etkiler, özellikle yüksek miktarda bulunursa kirli, ekşi, Rio-vari veya küflü tatlara neden olabilir.

İkinci Kategori kusurlar, hemen göze çarpmayan ve yalnızca tatma yoluyla tespit edilebilen ikincil kusurlardır. Bu kusurlar:

1. Kırık, ufalanmış, kesilmiş çekirdekler (broken, chipped, cut): Topraksı, kirli, ekşi veya fermente tatlara neden olabilir
2. Olgunlaşmamış çekirdek (immature bean): Genellikle saman benzeri veya yeşilimsi tat verir ve kahvede buruk tatlara ana kaynağıdır.
3. Solmuş çekirdek (withered bean): Yeşilin çekirdeğin görünümünü etkiler.
4. Kabuk (shell): Kabuklar çekirdeğin kavrulma aşamasında kömürleşebilir ve yanmış tat üretebilir.
5. Yüzen çekirdek (floater): Fermente, ot ve saman gibi, topraksı, küflü tatlar üretebilir. Veya kötü tatlara neden olmadan kahve aromasını seyreletir.
6. Çekirdeğin zarfı (parchment): Yeşil çekirdeğin görünümünü etkiler, tadım olarak etkide bulunmaz
7. Gövde veya kabuk (hull or husk): Yeterli miktarlarda olursa kirli, topraksı, küflü, fermente veya fenolik tada neden olabilir.

Ayrıca birinci veya ikinci kategori kusurlara dahil olmayan, yeşil kahvenin kavrulması sonucu koyu kahverengi almayan çekirdekler “quakers” olarak nitelenmektedir. Bu kusur çekirdeğin yeşilken fark edilmesi olanaksızdır. Bu sebeple ayrı bir olumsuz nitelik olarak yer almaktadır. Kahve kusurları birinci ve ikinci kategori altında kusur sayısı olarak ifade edilir. Yeşil çekirdeklerde 350 gram örnekleme, kavrulmuş çekirdekte ise 100 gram örnekleme kaç kusurlu çekirdek olduğu yazılmaktadır.

### **TOPSIS Yöntemi ve Literatürdeki Kullanım Alanları**

Tedarikçi, dizayn, lokasyon, kalite gibi birden fazla niteliğe sahip alternatifler arasında seçim yapılacak problemler çok kriterli karar alma problemi olarak tanımlanmaktadır. Bu türden problemler birçok sektörde karşımıza çıkmaktadır. Önerilen çözümler çeşitli sistematik yapılarla inşa edilmiş ve belirli adlarla literatürde çok kriterli karar verme modelleri olarak yerini almıştır. Örneğin WSM (Weighted Sum Model) kriterlerin ağırlıklı toplamlarını hesaplayarak çözüm bulmakta; WPM (Weighted Product Model) WSM'nin çarpım hesabını önermekte; AHP (Analytic Hierarchy Process) kriterlerin ve alternatiflerin önem derecesine göre optimum nokta elde ederek hiyerarşik sıralama sunmakta; PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) belirlenmiş bir karar kriterine göre alternatiflerin bu kriterden sapmalarını hesaplamakta; ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) aynı anda iki alternatif arasındaki üstünlük ilişkilerini tanımlayarak çözüm önermekte ve PSI (Preference Selection Index) karar kriterleri arasındaki göreceli önemi dikkate almadan en uygun alternatifi bulmayı amaçlamaktadır. TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) en iyi ve en kötü çözüm noktalarına olan Öklidyen uzaklığı hesaplayarak alternatifler için gelişmiş bir karşılaştırma sunmakta; VIKOR (Viekriterijumsko Kompromisno

Rangiranj) ise TOPSIS yönteminin bir çeşit geliştirilmiş bir versiyonu olarak öne çıkmaktadır (Emovon ve Oghenenyrovwho, 2020).

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, Öklidyen uzaklık hesaplamaları sayesinde alternatiflerin hem en iyi çözüme olan yakınlığı hem de en kötü çözüme olan uzaklığını dikkate almaktadır. Hesaplama süreci basit ve anlaşılır, karar kriterine ve alternatiflerin sayısına bakılmaksızın değişmezdir (Galik vd., 2022). Ancak yöntem, uzaklığı temel aldığı için nitelikler arasındaki korelasyonu hesaplamamaktadır. Ayrıca uzaklıklar iki uç noktalara göre hesaplandığından alternatiflerin birbirine olan uzaklıklar dikkate alınmamaktadır. Yöntemin güçsüz bulunan unsurlarına rağmen birçok sektörde gerçek problemlerin çözülmesinde hızlı, kolay uygulanır ve anlaşılır olması bakımından sıklıkla kullanılmaktadır (Alsalem vd., 2018). Çalışmanın konusu ve verinin niteliği göz önüne alınarak TOPSIS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

TOPSIS, iki temel kavram üzerine kurulmuştur: pozitif ideal çözüm (PIS: Positive Ideal Solution) ve negatif ideal çözüm (NIS: Negative Ideal Solution). Pozitif ideal çözüm, her kriterde maksimum performansa sahip olan bir alternatifin olduğu noktadır. Negatif ideal çözüm ise, her kriterde minimum performansa sahip olan alternatifin olduğu noktadır. Bu iki çözüm arasındaki mesafe ölçülerek, alternatiflerin bir benzerlik puanı elde edilir (Opricovic & Tzeng, 2004). Benzerlik puanları bize alternatifler arasında bir sıralama sunmaktadır. Pozitif ideal çözüme en yakın olan, alternatifler arasında en iyisi olacaktır. Yöntemin adımları kısaca şu şekilde sıralanabilir (Hwang & Masud, 2012):

1. Karar verme problemi için kriterler belirlenir ve alternatifler belirlenerek standart karar matrisi oluşturulur.
2. Her alternatifin kriterlere göre performans değerleri elde edilir ve normalize edilir. Normalize edilmiş değerler, nicel veya nitel olarak belirlenen ağırlık katsayıları ile ağırlıklandırılır ve karar matrisini oluşturulur.
3. Karar matrisindeki her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal çözümlere olan mesafesi hesaplanır. İdeal çözüme olan mesafe, alternatifin pozitif ideal çözüme olan benzerliğini ölçerken, negatif ideal çözüme olan mesafe alternatifin negatif ideal çözüme olan farkını ölçer.
4. Her alternatif için pozitif ideal çözüme olan mesafe ile negatif ideal çözüme olan mesafe arasındaki oran hesaplanır ve bu oranlar kullanılarak bir benzerlik puanı elde edilir.
5. Benzerlik puanlarına göre alternatifler sıralanır ve en yüksek puan alan alternatif en iyisi olarak seçilir.

Science Direct veri tabanında TOPSIS anahtar sözcüğü ile arama yapıldığında 1 Ekim 2024 itibarıyla 12.536 sonuç bulunmaktadır. Google Scholar sorgulamasında ise yaklaşık 290.000 sonuç çıkmaktadır. Böylelikle yöneme oldukça sık başvurulduğu, üzerinde çalışıldığı anlaşılmaktadır. Çalışmaların geneli hakkında bilgi almak için literatür incelemeleri verimli olmaktadır. Örneğin Behzadian vd. (2012) yöntemin uygulamalarına dair 266 makaleyi kategorilere ayırarak detaylı bir inceleme sunmuşlardır. Bu kategoriler tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, tasarım, mühendislik ve üretim sistemleri, işletme ve pazarlama yönetimi, sağlık, güvenlik ve çevre yönetimi, insan kaynakları yönetimi, enerji yönetimi, kimya mühendisliği, su kaynakları yönetimi ve diğer konular olarak dokuza ayrılmıştır. Diğer konular kategorisinin içinde tıp, tarım, eğitim, tasarım, kamu yönetimi ve spor gibi alanlar bulunmaktadır. Ele alınan makalelerin yazarlarının milliyetleri ise çeşitli olmakla birlikte en sık görülen 5 ülke sırasıyla Tayvan, Çin, İran, Türkiye ve Hindistan olmuştur. Yadav vd. (2018) ise çok kriterli karar verme yöntemlerinin üretimde materyal seçiminde endüstri bazlı detaylı bir incelemesini sunmuşlardır. Bu çalışmaya göre de TOPSIS yönteminin benzer şekilde havayolu, otomobil, finans ve bankacılık, gıda, bilgi teknolojileri sektörlerinde başarılı sonuçları bulunduğu gösterilmiştir.

Literatürde TOPSIS ve diğer çok kriterli karar alma yöntemlerinin tarım alanında kullanıldığı görülse de çalışmanın konusu ve kahve kalitesini hemen her nitelikli kahve ile ilgili kuruluşun kabul ettiği tadım puanlarıyla ele alan aynı minvalde bir çalışma bulunmamaktadır. Yine de benzer olarak Borman vd. (2020) robusta türünden kahvelerin nem, heterojenlik seviyesi, böcek içermesi, küflü çekirdek, tohum boyutu gibi çoğunlukla kusur olarak anlaşılabilecek nitelikleri ele alarak kahvelerin ihracat kalitesinin değerini TOPSIS yöntemiyle hesaplamışlardır. Aryza ve Ulandari (2021) ise kahveleri kalitelere göre sıralamak için TOPSIS yöntemi ile bir öneri getirmişlerdir. Kahve alternatiflerinin verisi, örneklem aldıkları üç kahve çiftliğinden edinilmiş ve kalite göstergeleri olarak uzman görüşünden yararlandıkları belirli üretim unsurları kabul edilmiştir. Bunlar bitkilerin ekim mesafesi, koruyucu bitki olup olmaması, toprak türü, organik gübre türü, böcek ilacı, çekirdek boyutu, çekirdek rengi ve çekirdek kokusu olarak sıralanmaktadır. Bahsedilen çalışmaların analizlerinde ağırlıklandırma aşamasında entropi yöntemi kullanılmamış, hem niteliklerin belirlenmesinde hem de ağırlıklarında uzman görüşüne başvurulmuştur. Özellikle yüksek kaliteli kahve alanında kahvenin kriterlerinin çoğalması ve bu kriterlerin genel kabul görmüş bir standarda evrilmesi, niteliklerin ağırlıklandırılmasında entropi gibi objektif değerlendirmenin önemini artırmıştır.

Kahve konusu daha geniş tutulduğunda, Hutasoit vd. (2018)'nin barista seçimi için TOPSIS metodu kullanıp çözüm önerdikleri görülmüştür. Baristalar kahve bilgisi, tadım becerisi, çeşitli kahve tarifleri becerileri, iş deneyimi, araç-gereçleri kullanma becerisi ve latte sanatı becerisi olarak altı kriter ile ele alınmıştır. Böylelikle kafelere barista seçimi için bir çözüm önerisi sunulmuştur. Thi-Nga Do vd. (2019) yaptıkları çalışmada Vietnam kahve endüstrisinin kritik parametrelerini belirlemek ve bunları etkili bir sürdürülebilir kalkınma için sıralamak üzere kapsamlı bir yapısal ilişki geliştirmeyi amaçlamışlar ve TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Sonucunda pazarlama ve marka inovasyonu, ürün kalitesi, stratejik planlama ve uygulama en önemli üç parametre

olarak ortaya konurken, yeni teknoloji geliştirme, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ile ittifak (joint-venture) en sondaki üç parametre olarak belirlenmiştir. Siregar (2019) ve Shanker vd. (2022)'nin çalışmalarında ise kahve sektöründe çalışan firmalar için lojistik problemlerin riskini yönetme konusu TOPSIS yöntemi ile incelenmiştir.

## Veri

Kahve kalitesinin göstergesi olarak KKE standartları baz alınarak derecelendirilmiş nitelikli kahveler, KKE veri tabanında bulunmaktadır (CQI Database). Bu veri tabanında her kahveye verilen özgün bir ID numarası, kahve cinsi, menşei, çiftliğin adı, üretimin rakımı, hasat tarihi, derecelendirme tarihi, işleme tekniği ve önceki başlıkta anlatılan tadım puanları yer almaktadır. Ayrıca kahvenin kusur derecesi ve bu kusurların sayısı da yer almaktadır.

Nitelikli kahve konusundaki terimler baskın şekilde İngilizce dilinde şekillenmiştir. Böylelikle çalışmada terimlerin Türkçe çevirileri yapılmıştır. Ancak hemen her çeviride olduğu gibi terimlerin anlam karşılıkları her zaman tam olarak aktarılamayabilir. Örneğin “clean cup” niteliği aslında bir çeşit duruluk, berraklık, temiz veya homojen gibi anlamları olsa da bu anlamı tek kelime ile çevirmek güçtür. Benzer olarak kusur niteliklerinden biri olan “quaker” teriminin çevirisi yapılamamış ve olduğu gibi bırakılmıştır.

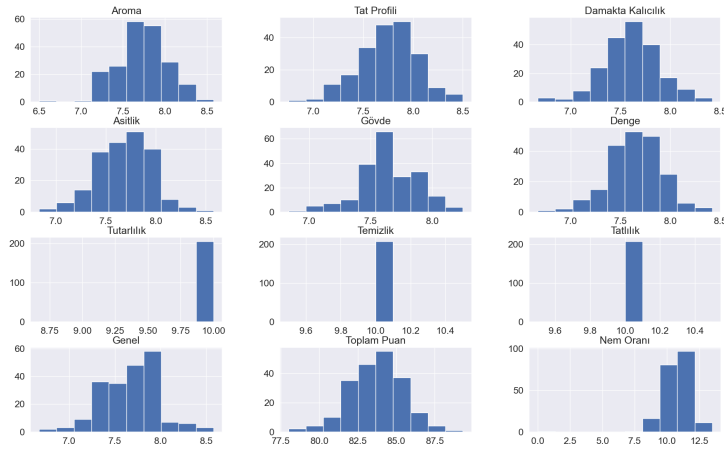
### Veri Toplama Yöntemi

Veri tabanına ulaşmak için üye olmak gerekmektedir. Kahvelerin her birinin verisi ID numarası verilerek ayrı sayfalarda tutulmuştur. Veri, her kahve için ayrı sayfalarda tutulduğundan hızlı veri toplama gerçekleştirmek için ağ kazıma (web scraping) tekniği uygulanmıştır. Ağ kazıma, Python 3.10.5 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılan Python programının içeriği EK-1’de sunulmuştur. Ayrıca ağ kazıma dosyalarına ve veriye GitHub platformundan ulaşılabilir (GitHub, 2023).

### Keşifsel Veri Analizi

Keşifsel veri analizi, veri setlerindeki desenleri, ilişkileri ve anlamlı bilgileri ortaya çıkarmak için istatistiksel ve görsel analiz yöntemlerini kullanır. Bu analiz yöntemleri, araştırmacılara veri setlerini anlamak, içgörüler elde etmek ve gelecekteki eylemler ve kararlar için temel sağlamak için kullanılabilir. Bu analizin temel amacı, verilerdeki bilgileri sistematik bir şekilde keşfetmek ve anlamaktır. Bu süreçte, veri setlerinin görselleştirilmesi, özetlenmesi ve modelleme tekniklerinin kullanılması önemlidir. Çalışmada kullanılan kahve kalitesi verisi için de birtakım görselleştirmeler faydalı olacaktır.

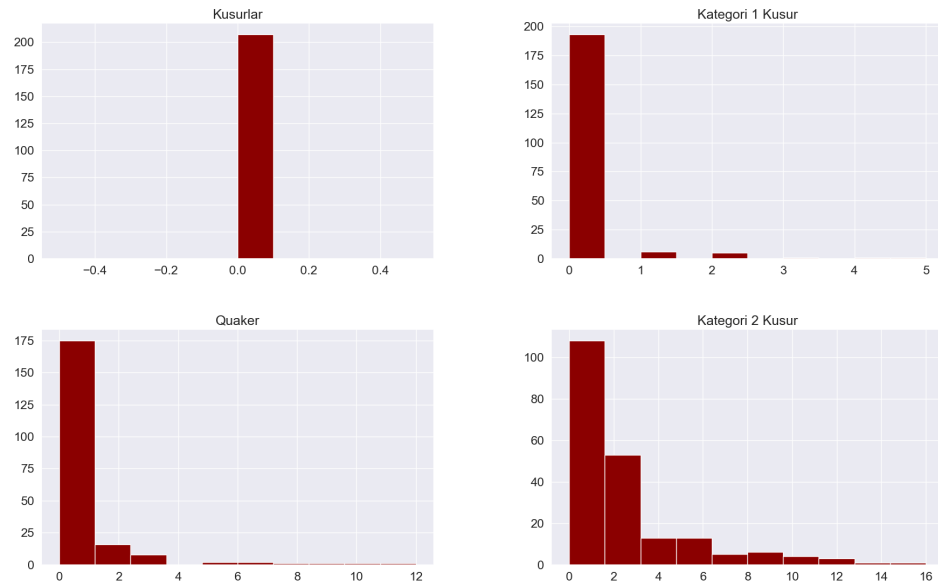
Kahvenin kalitesine işaret eden tadım puanları, veri setinde kantitatif niteliklerdendir. Bu nitelikler: “Aroma”, “Flavor”, “Aftertaste”, “Acidity”, “Body”, “Balance”, “Uniformity”, “Clean Cup”, “Sweetness”, “Overall”, “Total Cup Points” olarak sıralanır. Çalışmanın dil bütünlüğünü korumak için nitelikler sırasıyla “Aroma”, “Tat Profili”, “Damakta Kalıcılık”, “Asitlik”, “Gövde”, “Denge”, “Tutarlılık”, “Temizlik” ve “Tatlılık” olarak çevrilmiştir. Tadım notlarına ek olarak çekirdeğin nem oranı da ele alınarak Şekil 1’de dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 1. Kahve niteliklerinin dağılımları

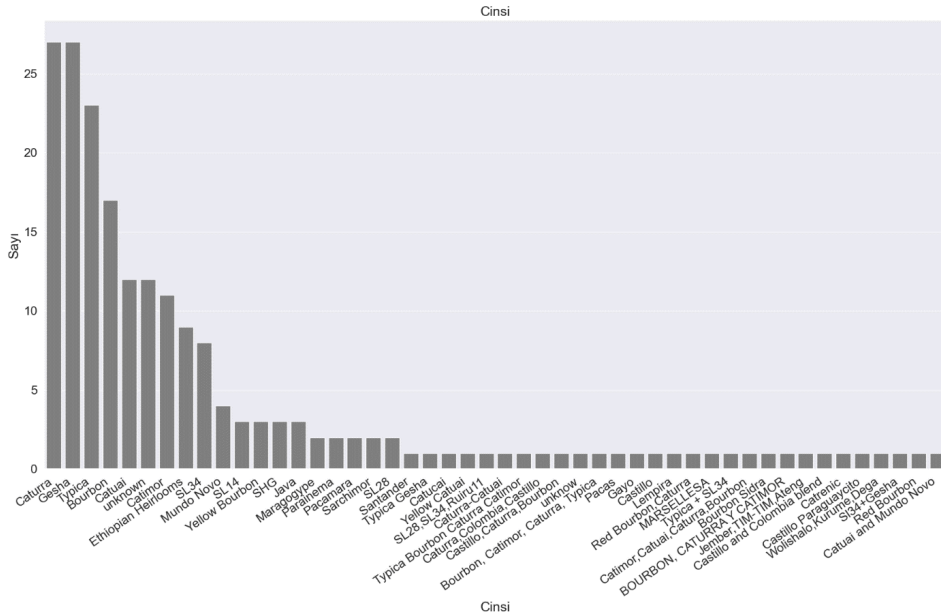
Tadım puanlarının hemen hepsi yaklaşık normal dağılmakta ve ortalaması 7.5 ve 8 arasında olduğu görülmektedir. Nem oranı %8 - %12 aralığında yoğunlaşmaktadır. İstikrar, temizlik ve tatlılık nitelikleri ise 10.0 olarak tek değere sahiptir.

Şekil 2’de ise kantitatif verilerde kahvenin kusur sayılarının dağılımı görülmektedir. Büyük çoğunlukla kusursuz olup daha az sayıda birkaç kusur gözlenmektedir.



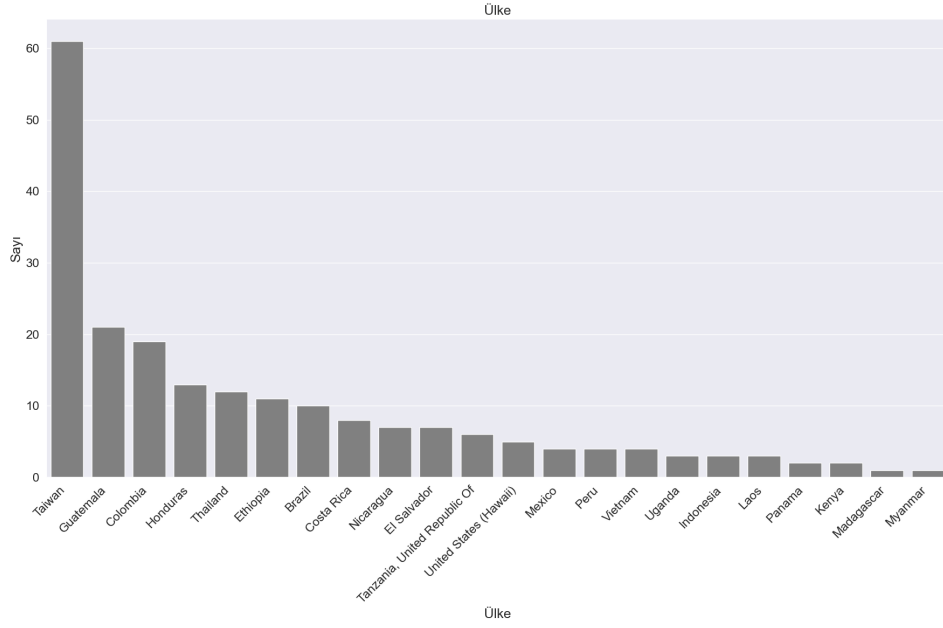
Şekil 2. Kahve kusurlarının dağılımları

3. Şekilde kahvenin cinsine göre verinin dağılımı verilmiştir. En yaygın kahve cinsleri Catura, Gesha, Typica, Bourbon, Catuai, Catimor olarak sıralanabilir.



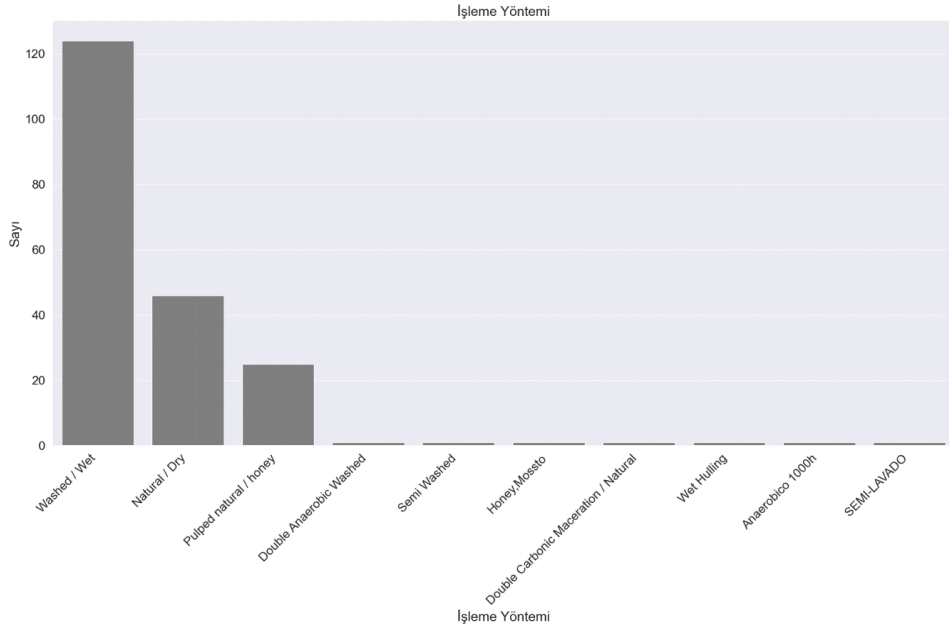
Şekil 3. Kahve cinsine göre verinin dağılımı

Menşei ülkeleri incelediğimizde ise bu veri setinde üretimde Tayvan diğer ülkelerden oldukça fazla üretim yaptığı görülmektedir. Sıralama 4. Şekilde verilmiştir.



Şekil 4. Menşei ülke sıralaması

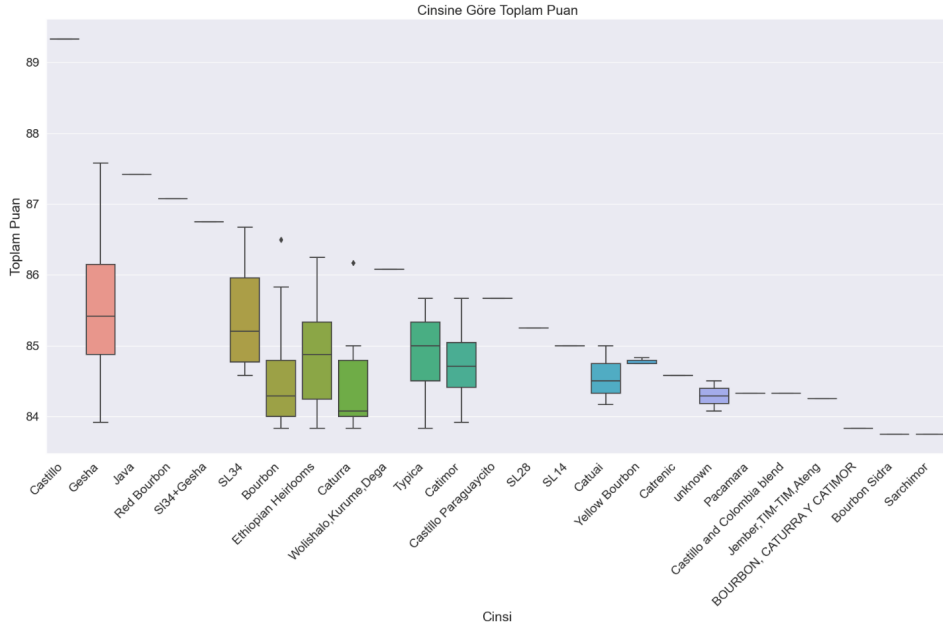
İşleme tekniğinde yıkanmış (washed/wet), natürel (natural/dry), ve bal (pulped natural/honey) metotları en yaygınlarıdır ve diğer metotlar sınırlı kalmıştır. Dağılım 5. Şekilde verilmiştir.



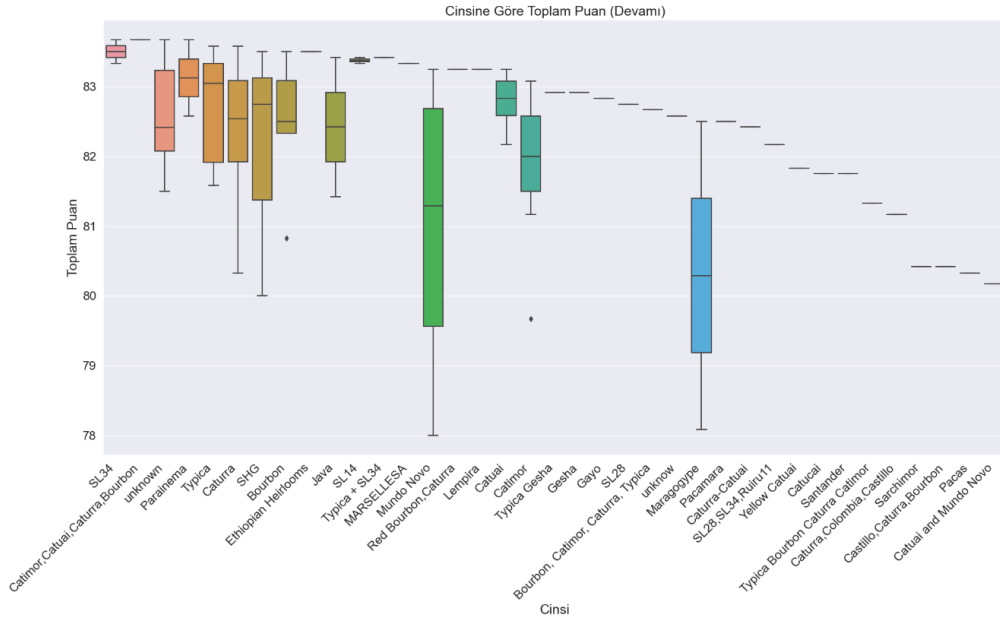
Şekil 5. İşleme tekniği sıralaması

6. ve 7. Şekillerde toplam tadım puanlarının kahve cinsine göre dağılımları kutu diyagramı ile gösterilmiştir. Birçok kahve cinsinin veri setinde sayısı az olduğundan kutu diyagramları çizilememiştir. Ancak, yaygın kullanılan kahve cinsleri için ortalama ve uç değerleri ve bu kahve cinslerinin toplam puanlarında sıralamaları için bilgi sunmaktadır.



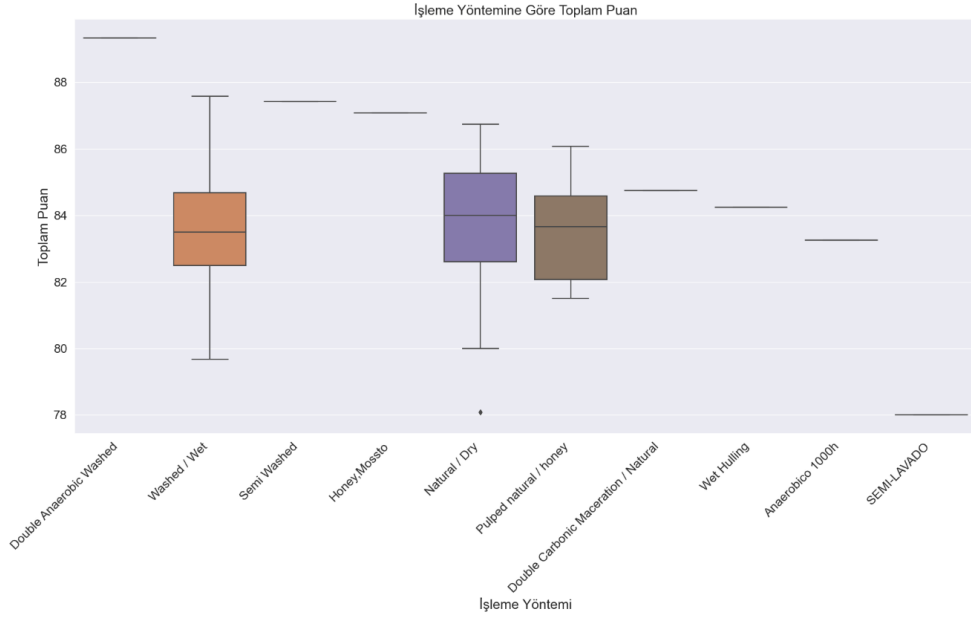


Şekil 6. Toplam tadım puanlarının kahve cinsine göre dağılımı



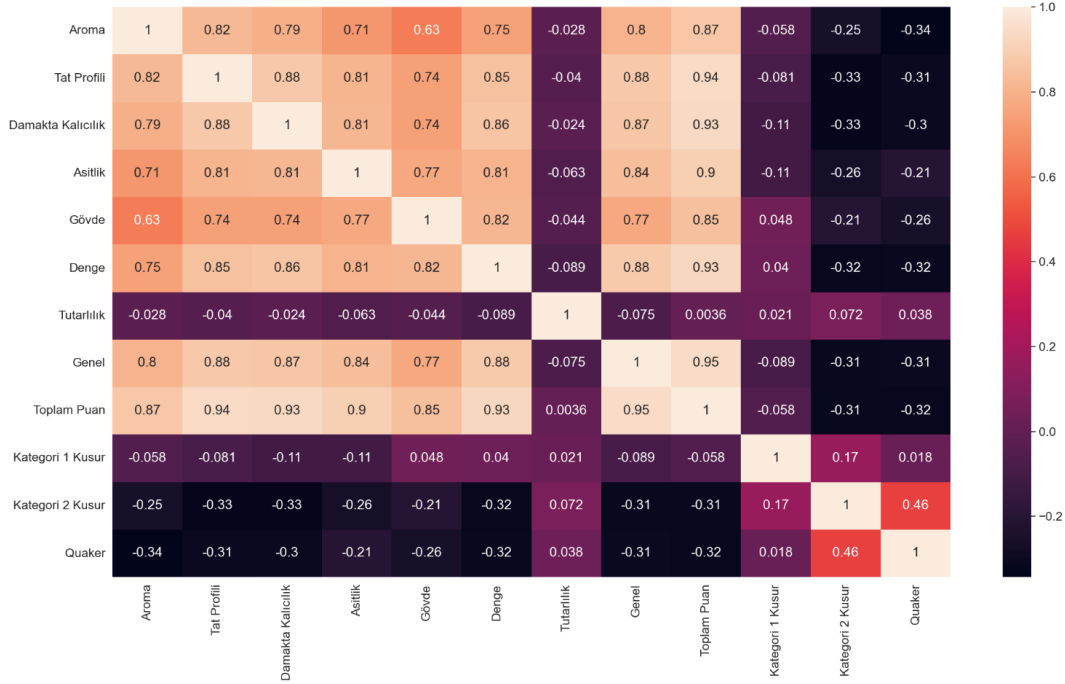
Şekil 7. Toplam tadım puanlarının kahve cinsine göre dağılımı (devamı)

İşleme yöntemine göre toplam tadım puanını karşılaştırması, kutu diyagramı olarak 8. Şekilde verilmiştir. Belirli bir sıralama görülse de yeterli veri olmadığı için sadece üç niteliği için kutu diyagramı çizilebilmiştir.



Şekil 8. İşleme yöntemine göre toplam tadın puanları

Kantitatif niteliklerin korelasyonlarını gösteren tablo 9. Şekilde gösterilmiştir. Beklenildiği üzere kusur olarak tanımlanan değişkenler, tadım puanları ile negatif korelasyona sahiptir. Tadım puanları ise kendi arasında pozitif korelasyona sahiptir.



Şekil 9. Korelasyon tablosu

### TOPSIS Yöntemi Uygulamas

Kahve kalitesinde bahsi geçen tadım puanları toplanıp basit bir şekilde genel bir sonuç olarak toplam puan kullanılabilir. Ancak niteliklerin eşit öneme sahip olabileceği gibi tadım puanlarının tüketiciler tarafından farklı önem dereceleri olabilir. Bu durum çok kriterli karar vermede niteliklerin ağırlıklandırılması adımı gerektirmektedir. Ağırlıklandırmada subjektif ve objektif olarak iki farklı yaklaşımın olduğu kabul edilebilir (Wang ve Lee, 2009). Subjektif ağırlıklandırmada tüketici tercihi, uzman görüşü gibi bilgiler kullanılmaktadır. Objektif ağırlıklandırmada ise karar vericinin görüşleri dikkate alınmadan matematiksel modeller otomatik olarak çözülerek ağırlıklar belirlenir.

Objektif bir ağırlıklandırma olarak Huang (2008) tarafından önerilen entropi yöntemi, Shannon entropi konseptini (Shannon, 1948) temel almaktadır. Shannon entropisi, “bir sistem hakkında kısmi bilgi verildiğinde belirli bir olayın meydana gelme belirsizliğinin bir ölçüsünün önerildiği bir kavramdır” (Pernalet vd., 2015). Yani kısaca bir veride veya dizideki düzensizliğin ölçütü olarak önerilmektedir. Shannon entropi hesaplaması çok kriterli karar alma modellerine yakın geçmişte entegre olsa da oldukça geniş bir araştırma yelpazesinde uygulama alanı bulmuş, çok kriterli karar alma yöntemlerinde de objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Chen, 2021). Örneğin risk değerlendirmede (Jozi vd., 2012), ürün dizaynında (Tiwari vd., 2019), ülkelerin inovasyon performansları karşılaştırmasında (Kaynak vd., 2017), yeşil teknoloji inovasyonlarının ekolojik ve ekonomik verimlilik değerlendirmesinde (Sun vd., 2017) doğrudan entropi ağırlıklandırma kullanılmıştır. Bu yaklaşımda entropi değerinin, yani bir çeşit düzensizliğin yüksek olduğu kriterlerin önem derecesinin de yüksek olacağı kabul edilmiştir. Kriterlerin görece daha az düzensiz veya tekdüze olması bu kriterlerin sahip olduğu alternatifleri için daha az bilgi verecektir. Bu çalışmada TOPSIS uygulamasında, niteliklerin eşit öneme sahip olduğu ve entropi uygulamalarıyla iki farklı ağırlıklandırma kullanılacaktır.

Bir nitelik karar almak için olumlu olabileceği gibi bir maliyet niteliği de olabilir. Yani maliyet nitelikleri kararda negatif etki yaratacaktır. Veri setinde tadım puanları olarak geçen sırasıyla “Aroma”, “Tat Profili”, “Damakta Kalıcılık”, “Asitlik”, “Gövde”, “Denge”, “Tutarlılık”, “Temizlik”, “Tatlılık” ve “Genel” niteliklerinin pozitif etkisi olacak, ancak “Kategori 1 Kusur”, “Kategori 2 Kusur” ve “Quakers” olarak adlandırılmış kusur niteliklerinin negatif etkisi olacaktır. Elde edilen veri setinde toplam 207 gözlem ve bahsi geçen kahve kalitesi göstergeleri 13 nitelik bulunmaktadır.

### Entropi Ağırlıklandırma ile TOPSIS Uygulamas

Entropi yöntemi niteliklerin entropi değerlerine dayalı olarak ağırlıkların hesaplamaktadır. Entropi değeri küçük olan bir nitelik, bu niteliğin ağırlığının daha büyük olmasını gerektirir. Yöntemin hesaplama adımları (Chen, 2019):

1. Karar matrisinin oluşturulması (R),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (R'),
3. Niteliklerin entropi değerlerinin hesaplanması ( $e_j$ ) ve
4. Niteliklerin entropi ağırlıklarının bulunması ( $w_j$ ).

TOPSIS yöntemini adımları ise (Hwang ve Yoon, 1981):

1. Karar matrisinin oluşturulması (P),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (P'),
3. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması (V),
4. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi ( $A^+$  ve  $A^-$ ),
5. Her alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması ( $S_i^+$  ve  $S_i^-$ ),
6. Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması ( $C_i$ ) ve
7. Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanmasıdır.

*Entropi yöntemi adımları ve kullanılan formüller*

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

m sayıda alternatif ve n sayıda nitelik bulunan veride  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için kurulan matrisin gösterimi formül (1)'de gösterilmiştir:

$$R = \{r_{ij}\} = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi

Entropi değerlerinin hesaplanmasında matrisin her niteliği için normalize edilmesi gerekmektedir.  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için  $r'_{ij}$ ,  $i$  alternatifinin  $j$  niteliğindeki normalize edilmiş değerleri,  $R'_{ij}$  ise normalize edilmiş matrisi ifade etmektedir. Kullanılan formül (2)'de verilmiştir.

$$R'_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

### 3. Adım: Niteliklerin entropi değerlerinin hesaplanması

Niteliklerin entropi değerlerinin bulunması için kullanılan formül (3)'te verilmiştir.

$k=(\log m)^{-1}$ : Entropi katsayısı,  
 $r'_{ij}$ : Normalize edilmiş değerler,  
 $e_j$ : Entropi değeri ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n r'_{ij} \log r'_{ij} \quad (3)$$

Entropi hesaplamasında logaritma işlemi olduğundan verideki 0 değerleri hesaplamayı güçleştirmektedir. Bu sıfır değerleri sadece kusur olarak belirtilen niteliklerde yer almaktadır. Bu sebeple normalize etmeden önce bu niteliklerin hepsine 1 eklenmiştir. Nitelik içinde alternatifler arasındaki kusur farkları değişmemiş olacak ve bu sayede 0 logaritma işleminden kaçınılmış olacaktır.

### 4. Adım: Niteliklerin entropi ağırlıklarının bulunması

Son olarak niteliklerin entropi değerlerine göre ağırlık katsayıları bulunacak ve TOPSIS yönteminin 3. adımındaki ağırlıklandırılmış karar matrisinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Kullanılan formül (4)'te verilmiştir.

$d_j=1-e_j$ : Bilginin farklılaşma değeri,  
 $w_j$ : Entropi katsayısı ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

Formülün ifade ettiği üzere entropi değeri ( $e_j$ ) yüksek olan niteliğin, bilginin farklılaşma değeri ( $d_j$ ) düşük olacak ve bu niteliğin de ağırlığı ( $w_j$ ) görece daha düşük olacaktır.

### *TOPSIS yöntemi adımları ve kullanılan formüller*

#### 1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması:

$m$  sayıda alternatif ve  $n$  sayıda nitelik bulunan veride  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için kurulan matrisin gösterimi formül (5)'te gösterilmiştir:

$$p = \{p_{ij}\} = \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi: Niteliklerin birbiri ile kıyaslanabilmesi için karar matrisin her niteliği için normalize edilmesi gerekmektedir.  $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için  $p'_{ij}$ ,  $i$  alternatifinin  $j$  niteliğindeki normalize edilmiş değerleri ifade etmektedir. TOPSIS yönteminde toplam normalizasyonu, vektör normalizasyonu ve min-max normalizasyonu gibi farklı yaklaşımlar görülse de Hwang ve Yoon (1981)'un önerdiği şekilde vektör normalizasyonu kullanılmıştır. Kullanılan formül (6)'da verilmiştir.

$$p'_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m p_{ij}^2}} \quad (6)$$

### 3. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması

Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklar, normalize edilmiş karar matrisi ile çarpılarak ağırlıklandırılmış değerler bulunmuştur. Kullanılan formül (7)'de verilmiştir.

$v_{ij}$ : Ağırlıklandırılmış değerler,  
 $p'_{ij}$ : Normalize edilmiş değerler,  
 $w_j$ : Niteliklerin entropi ağırlıkları ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için

$$v_{ij} = p'_{ij} \times w_j \quad (7)$$

### 4. Adım: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi

Alternatiflerin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri sırasıyla formül (8) ve formül (9) ile bulunmuştur. Verideki kategori 1 kusur, kategori 2 kusur ve quaker olarak adlandırılan nitelikler olumsuz etkidedir.

$A^+$ : Pozitif ideal çözüm,  
 $A^-$ : Negatif ideal çözüm,  
 $J_+$ : Faydalı nitelikler kümesi,  
 $J_-$ : Zararlı nitelikler kümesi,  
 $v_j^+$ : j niteliğinin pozitif ideal çözümü,  
 $v_j^-$ : j niteliğinin negatif ideal çözümü ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$A^+ = \left\{ \left( \max_i v_j \mid j \in J_+ \right), \left( \min_i v_j \mid j \in J_- \right) \right\} = v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+ \quad (8)$$

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_j \mid j \in J_+ \right), \left( \max_i v_j \mid j \in J_- \right) \right\} = v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \quad (9)$$

### 5. Adım: Her alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması

Alternatiflerin her bir nitelik göz önüne alınarak pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmaktadır. Hesaplamalar sırasıyla formül (10) ve (11)'de verilmiştir.

$s_i^+$ : Pozitif ideal çözüme uzaklık,  
 $s_i^-$ : Negatif ideal çözüme uzaklık,  
 $v_{ij}$ : Ağırlıklandırılmış değerler,  
 $v_j^+$ : j niteliğinin pozitif ideal çözümü,  
 $v_j^-$ : j niteliğinin negatif ideal çözümü ve  
 $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

#### 6. Adım: Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması

Göreceli yakınlığın değeri alternatiflerin göreceli üstünlüğünü yansıtmaktadır. Daha büyük bir yakınlık değeri ( $C_i$ ), alternatifinin nispeten daha iyi olduğunu gösterirken, daha küçük değer, bu alternatifin nispeten daha zayıf olduğunu göstermektedir. Yakınlık değerinin hesaplanmasında kullanılan formül (12)'de verilmiştir.

$C_i$ : Göreceli yakınlık değeri,

$s_i^+$ : Pozitif ideal çözüme uzaklık,

$s_i^-$ : Negatif ideal çözüme uzaklık ve

$i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (12)$$

#### 7. Adım: Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanması

Bulunan göreceli yakınlık değerleri ile alternatifler sıraya alınır. Kullanılan ölçüte göre en iyi alternatifler belirlenir. Entropi ağırlıklandırma ile uygulanan TOPSIS metoduna göre, her uzaklık hesabı için en iyi alternatifler sıralanmıştır. Niteliklerin entropi yöntemine göre ağırlıkları Tablo 1'de sıralanmıştır. Kategori 2 kusur, quaker ve kategori 1 kusur baskın rol oynamakta, toplam ağırlığın %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Toplam 207 alternatiften en iyi bulunan ilk 5 tanesi Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Nitelikler ve entropi ağırlıkları

Nitelikler	Entropi Ağırlığı
Aroma	0.00098507
Tat profili	0.00092614
Damakta kalıcılık	0.00093635
Asitlik	0.00080797
Gövde	0.00066369
Tat dengesi	0.00079872
Tutarlılık	0.0000789
Temizlik	0
Tatlılık	0
Genel	0.00112993
Kategori 1 kusur	0.11704606
Kategori 2 kusur	0.46101159
Quaker	0.41561558

Takip edilen adımların hesaplamaları Python 3.10.5 programında yapılmıştır ve kullanılan kodlar EK-2'de sunulmuştur.

#### Eşit Ağırlıklandırma ile TOPSIS Uygulaması

Kahvelerin kalitesine göre sıralamak için tadım puanları ve kusur sayıları niteliklerinin eşit öneme sahip olduğu kabul edilebilir. Bu varsayım kabul edildiğinde, veri normalize edildikten sonra ağırlık katsayısı ile çarpılmadan devam edilir. Takip edilen adımlar yine TOPSIS yönteminin 7 adımı olarak düşünülebilir, sadece ağırlıklandırma adımı es geçilecektir.

1. Karar matrisinin oluşturulması (R),
2. Karar matrisinin normalize edilmesi (R'),
3. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması (V) (bu adım es geçilecektir),

4. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinin belirlenmesi ( $A^+veA^-$ ),
5. Her alternatife pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklığının hesaplanması ( $S_i^+$  ve  $S_i^-$ ),
6. Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanması ( $C_i$ ) ve
7. Alternatiflerin hesaplanan göreceli yakınlığına göre sıralanmasıdır.

Takip edilen adımlarda kullanılan formüller, önceki bölümde ifade edilen formüller ile aynıdır. Verinin normalize edilmesi için kullanılan formül (6)'da belirtilen vektör normalizasyonudur. Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerini bulmak için kullanılan formül sırasıyla (8) ve (9)'da verilmiştir. Uzaklık ölçüleri sırasıyla (10) ve (11)'de belirtilen formüller ile hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Entropi ağırlıklandırma ile bulunan en iyi beş alternatif

ID	Üretildiği Ülke	Çiftlik Adı	Şirket	Bölge	Sahibi	Cinsi	İşlem Metodu
115	Thailand	Doi Tung Development Project	Doi Tung Development Project	North of Thailand	Doi Tung Development Project	Bourbon	Washed / Wet
0	Colombia	Finca El Paraiso	Coffee Quality Union	Piendam, Cauca	Coffee Quality Union	Castillo	Double Anaerobic Washed
1	Taiwan	Royal Bean Gesha Estate	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	Gesha	Washed / Wet
7	Taiwan	七彩琉璃咖啡莊園 Chi Tsai Liu Li Ecological Farm	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	SL34+Gesha	Natural / Dry
53	Tanzania, United Republic Of	IYENGA	VOLCAFE/TaylorWinch Tanzania Ltd	Mbeya	Balam Hinyula	Bourbon	Washed / Wet

**Tablo 3.** Eşit ağırlıklandırma ile bulunan en iyi beş alternatif

ID	Üretildiği Ülke	Çiftlik Adı	Şirket	Bölge	Sahibi	Cinsi	İşlem Metodu
116	Ethiopia	YHAENU PLC FARM	yaenu plc	OROMIA	YHAENU PLC	Ethiopian Heirlooms	Washed / Wet
0	Colombia	Finca El Paraiso	Coffee Quality Union	Piendam, Cauca	Coffee Quality Union	Castillo	Double Anaerobic Washed
1	Taiwan	Royal Bean Gesha Estate	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	Gesha	Washed / Wet
8	Taiwan	亮軒咖啡莊園 Liang Xuan Coffee Farm	Taiwan Coffee Laboratory	Chiayi	Taiwan Coffee Laboratory 台灣咖啡研究室	SL34	Washed / Wet
61	Costa Rica	Gamboia Farm	CECA S.A.	Tarrazu	Joselyn Morales Quesada	Caturra	Washed / Wet

Alternatiflerin göreceli yakınlığının hesaplanmasında kullanılan formül ise (10)'da gösterilmiştir. Hesaplamalar Python 3.10.5 programında yapılmıştır. Kullanılan kodlar EK-2'de sunulmuştur. Toplam 207 alternatiften eşit ağırlıklandırma sonucu en iyi bulunan ilk 5 alternatif Tablo 3'te gösterilmiştir.

## Sonuç

Nitelikli kahvelerin kalitesinin ölçümünde 10 farklı tadım puanı ve 3 ayrı kategori kusur türü bulunmaktadır. Tadım puanlarının toplamı ile genel bir ölçüt sunulmaktadır ancak tadım puanlarını ayrı ayrı dikkate alan hem de kusur niteliklerini hesaba katan bir hesaplama yönteminin kayda değer olacağı bu çalışma ile öne sürülmüştür.

Çalışmada hem entropi ağırlıklandırma hem de eşit ağırlıklandırma yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmıştır. Entropi ağırlıklandırma verinin kendisinden hesaplanmakta objektif bir ağırlıklandırma imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada tadım puanlarının entropisinin yüksek olması, kusur niteliklerinde ise entropinin az olması bu kusur niteliklerinin baskın olmasına yol açmıştır. Üç kusur niteliğinin toplam ağırlığı %75'e ulaşırken 10 farklı tadım puanı niteliğine toplam %25 ağırlık payı kalmıştır. Kullanılan veri setinde kusur kategorilerinde çok sayıda 0 değeri bulunmakta ve entropi değeri hesaplamasındaki logaritma işleminde güçlükle yaratmaktadır. Bu sebeple probleme sebep olan niteliklerde bütünü bozmayacağı kabul edilecek şekilde kusur niteliklerinde tüm alternatifler için 1 eklenmiştir. Bunun dışında veride bir değişiklik yapılmamıştır.

Eşit ağırlıklandırma yapılan hesaplamada tüm nitelikler eşit öneme sahiptir. Kahve kalitesini belirleyen ölçütlerin önemi eşit alınabileceği gibi, belirli bağlamlarda farklı niteliklerin önemi artırılabilir. Örneğin bir pazarda tüketicinin tercih ettiği tat profiline göre bu seçim özelleştirilebilir. Bu şekilde daha detaylandırılmış bir karar çalışması için o pazardaki satıcıların ve uzmanların görüşü alınabilir. Çalışmada, maddi ve zaman kısıtları sebebiyle uzman görüşü ile belirlenen subjektif bir ağırlıklandırma işlemi yapılmamıştır.

Elde edilen bulgulara göre KKE veri tabanında 2023 Mayıs itibarıyla bulunan alternatifler, sadece toplam puanlarına göre değil tüm kalite göstergeleri hesaba alınarak sıralanmıştır. İlk 5 alternatifte Etiyopya, Kolombiya, Tayvan, Tayland ve Kosta Rika menşelidir.

kahvelere rastlanmıştır. İşleme yöntemi olarak doğal işleme (natural/dry), çift anaerobik yıkanmış (double anaerobic washed) gibi görece yeni yöntemler görülse de çoğunlukla yıkanmış (washed/wet) görülmektedir. Ayrıca kahvelerin üretici çiftlikleri, şirketleri ve sahipleri bilgileri yer almaktadır. Entropi ve eşit ağırlıklandırma yöntemlerinde bulunan sıralamada aynı kahveler denk gelse de sıralama farklılaşmaktadır. Bunun sebebi entropi yönteminde kusur niteliklerinin ağırlığının daha yüksek olması ve hata sayısının az olduğu alternatiflerin sıralamada yukarı çıkmasıdır. Yani KKE veri tabanında bulunan nitelikli kahvelerin zaten hata sayısı oldukça düşük, çoğunlukla sıfır olduğundan hata sayısında daha yüksek görülen kahveler alt sıralara düşmüştür. Bu kusur niteliklerinin sıralamada baskın rol oynadığını göstermektedir. Eşit ağırlıklandırmada ise tadım puanları ve kusurlar eşit olarak değerlendirilmiştir.

Tüketiciler ve kahve pazarında çalışan firmalar, nitelikli kahve özelinde satın alma kararlarını kahvenin kalitesini gösteren birçok kriteri hesaba katarak verebilirler. TOPSIS bu bağlamdaki problemlerde sıkça kullanılan, anlaşılması kolay ve başarılı çözümler sunan bir yöntem olarak süregelmiştir. Ayrıca hesaplama adımlarında niteliklerin önemini belirleyen ağırlıklandırmalar hem subjektif biçimde uzman görüşüyle hem de entropi yöntemi gibi objektif biçimde hesaplanabilmektedir. Literatürde birçok alanda kullanıldığı görülse de bu çalışmanın konu aldığı biçimde nitelikli kahvenin kalitesini dikkate alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan hem veri toplama yöntemi hem de karar alma için örnek teşkil edeceği öne sürülmüş, farklı veri tabanlarında bulunan benzer bir kahve verisi için de kullanıma uygun bir yöntem önerilmiştir.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The author declared that this study has received no financial support.

---

**ORCID:**

Fatih Boyar 0000-0001-8631-4585

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

- Alsalem, M. A., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Hashim, M., Albahri, O. S., Albahri, A. S., ... & Mohammed, K. I. (2018). Systematic review of an automated multiclass detection and classification system for acute Leukaemia in terms of evaluation and benchmarking, open challenges, issues and methodological aspects. *Journal of medical systems*, 42, 1-36.
- Aryza, S., & Ulandari, L. (2021). Analysis of technique for order preference by similarity to ideal solution in detecting coffee bean quality.
- Chen, P. (2019). Effects of normalization on the entropy-based TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 136, 33-41.
- Chen, P. (2021). Effects of the entropy weight on TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 168, 114186.
- Coffee Quality Institute Database. <https://database.coffeainstitute.org/coffees/arabica> 01/05/2023
- Coffee Quality Institute Graders. Q ARABICA GRADERS. <https://database.coffeainstitute.org/users/graders/arabica> 10/05/2023
- Barfod, M. B., Salling, K. B., & Leleur, S. (2011). Composite decision support by combining cost-benefit and multi-criteria decision analysis. *Decision support systems*, 51(1), 167-175.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications*, 39(17), 13051-13069.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert systems with applications*, 36(8), 11363-11368.
- Borman, R. I., Megawaty, D. A., & Attohiroh, A. (2020). Implementasi Metode TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Biji Kopi Robusta Yang Bernilai Mutu Ekspor (Studi Kasus: PT. Indo Cafa Fajar Bulan Lampung). *Fountain of Informatics Journal*, 5(1), 14-20.
- Do, T. N., Kumar, V., & Do, M. H. (2020). Prioritize the key parameters of Vietnamese coffee industries for sustainability. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(6), 1153-1176.
- Emovon, I., & Oghenyerovwho, O. S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. *Results in Materials*, 7, 100115.
- GitHub, (2023) ağ kazıma ve elde edilen verinin olduğu kütüphane. <https://github.com/fatih-boyar/coffee-quality-data-CQI> 23/07/2023
- Galik, A., Bık, M., Baładynowicz-Panfil, K., & Cirella, G. T. (2022). Evaluating labour market flexibility using the TOPSIS method: Sustainable



- industrial relations. *Sustainability*, 14(1), 526.
- Huang, J. (2008, September). Combining entropy weight and TOPSIS method for information system selection. In *\_2008 ieee conference on cybernetics and intelligent systems\_* (pp. 1281-1284). IEEE.
- Hutasoit, R. A., Solikhun, S., & Wanto, A. (2018). Analisa Pemilihan Barista dengan Menggunakan Metode TOPSIS (Studi Kasus: Mo Coffee). *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 2(1).
- Hwang, C. L., & Masud, A. S. M. (2012). *\_Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey\_* (Vol. 164). Springer Science & Business Media.
- Hwang, C. L., Yoon, K., (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey*, 58-191.
- International Coffee Organization. Coffee Market Report-April 2023. <https://www.icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0423-e.pdf> 09/05/2023
- International Coffee Organization. Mission. [https://www.ico.org/mission07\\_e.asp?section=About\\_Us](https://www.ico.org/mission07_e.asp?section=About_Us) 09/05/2023
- Jozi, S. A., Shafiee, M., MoradiMajd, N., & Saffarian, S. (2012). An integrated Shannon's Entropy-TOPSIS methodology for environmental risk assessment of Helleh protected area in Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 184, 6913-6922.
- Kaynak, S., Altuntas, S., & Dereli, T. (2017). Comparing the innovation performance of EU candidate countries: an entropy-based TOPSIS approach. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 31-54.
- Oprićovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *\_European journal of operational research\_*, 156(2), 445-455.
- Özgürler, Ş., Güneri, A.F., Gülsün, B. and Yılmaz, O. (2011) 'Robot selection for a flexible manufacturing system with AHP and TOPSIS methods', *Proceedings of 15th International Research/Expert Conference on Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, pp.333-336.
- Pernalet, C. G., van Baten, J., Urbina, J. C., & Arévalo, J. F. (2015). A molecular reconstruction feed characterization and CAPE OPEN implementation strategy to develop a tool for modeling HDT reactors for light petroleum cuts. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 37, pp. 359-364). Elsevier.
- SCAA Cupping Protocols. <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf> 15/05/2023
- SCAA Defects Handbook. <https://www.coffeestrategies.com/wp-content/uploads/2020/08/Green-Coffee-Defect-Handbook.pdf> 16/05/2023
- SCAA Specialty Coffee. <https://sca.coffee/research/what-is-specialty-coffee> 27/09/2023
- Shanker, S., Sharma, H., & Barve, A. (2022). Analysing the critical success factors and the risks associated with third-party logistics in the food supply chain: a case of coffee industry. *Journal of Advances in Management Research*, 19(2), 161-197.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Shih, H. S., Shyr, H. J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and computer modelling*, 45(7-8), 801-813.
- Siksnyte-Butkiene, I., Zavadskas, E. K., & Streimikiene, D. (2020). Multi-criteria decision-making (MCDM) for the assessment of renewable energy technologies in a household: A review. *Energies*, 13(5), 1164.
- Siregar, I. (2019, December). Supplier selection by using analytical hierarchy process (ahp) and techniques for order preference methods with similarities to ideal solutions (topsis). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1339, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- Sun, L. Y., Miao, C. L., & Yang, L. (2017). Ecological-economic efficiency evaluation of green technology innovation in strategic emerging industries based on entropy weighted TOPSIS method. *Ecological indicators*, 73, 554-558.
- Tsaur, S.H., Chang, T.Y. and Yen, C.H. (2002) 'The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM', *Tourism Management*, Vol. 23, No. 2, pp.107-115.
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert systems with applications*, 36(5), 8980-8985.
- Yadav, S. K., Joseph, D., & Jigeesh, N. (2018). A review on industrial applications of TOPSIS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 30(1), 23-28.

### How cite this article / Atf Biçimi

Boyar, F. (2024). TOPSIS method approach in ranking coffee bean quality. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 46-62. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.401344234>