



An approach that combines multi-criteria decision making and simulation in new product selection

Yasemin Yavuz Güzeler*^{ID}, Gökhan Akyüz^{ID}

Department of Business Administration, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Akdeniz University, 07058, Konyaaltı, Antalya, Türkiye

Highlights:

- In the selection processes, the production process of the company should be taken into consideration as well as the demand for the product
- A new hybrid model with MCDM and simulation is presented for the new product selection problem.
- The demand process and the production process were evaluated together, and the demand and production process simulation models of the products were created

Keywords:

- New Product Selection
- Multi-Criteria Decision Making
- Simulation
- AHP
- TOPSIS

Article Info:

Research Article
Received: 05.10.2022
Accepted: 18.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1183811

Acknowledgement:

This study was produced from the master's thesis of the first author (completed under the supervision of the second author).

Correspondence:

Author: Yasemin Yavuz Güzeler
e-mail: 202152013004@ogr.akdeniz.edu.tr
phone: +90 242 249 6865

Graphical/Tabular Abstract

The effects of the variables in the simulation model (opening stock and remanufacturing (reorder) point) on costs were examined with various scenarios. Afterwards, it is aimed to find the most suitable solution by including the lot size and target stock level (Table A).

Table A. Comparison of onset and optimal solution values of the simulation model for natural multi-purpose cleaning product and natural liquid soap product

	Onset Solution		Optimal Solution		Difference		
	Natural Multi-Purpose Cleaning Product	Natural Liquid Soap Product	Natural Multi-Purpose Cleaning Product	Natural Liquid Soap Product	Natural Multi-Purpose Cleaning Product	Natural Liquid Soap Product	
Controllable Variables	Opening stock	50 kg	50 kg	1000 kg	1000 kg		
	Reproduction (reorder) Point to Start Production	1000 kg	1000 kg	1000 kg	1000 kg		
	Amount Obtained as a Result of Production (Lot Size)	5000 kg	5000 kg	2000 kg	4000 kg		
	Stock Targeted as a Result of Production	5000 kg	5000 kg	4000 kg	5000 kg		
Effect Variables	Average Total Cost (Sum of Production Cost and Stock Out Cost)	45,423.3 TL	39,633.7 TL	30,132.7 TL	34,162.76 TL	15,290.6 TL	5,470.9 TL
	Average Total Sales Revenue	1,569,478.3 TL	721,589.8 TL	1,591,855.9 TL	728,732.6 TL	22,377.5 TL	7,142.7 TL
	Total Amount of Loss	923.9 kg	2,040.9 kg	113.14 kg	1,132.2 kg	810.85 kg	908.77 kg

Purpose:

With this study, it is aimed to choose the most suitable product that the company plans to include in its product mix by combining multi-criteria decision making and simulation.

Theory and Methods:

In the first stage of the two-stage application, a pre-selection was made with multi-criteria decision-making methods (AHP and TOPSIS) among the natural products that the company thought to include in the product mix. In the second stage, a simulation model was created and run in Arena Rockwell program for the demand and production processes of the first two alternatives.

Results:

As a result of the multi-criteria decision-making method, multi-purpose cleaning products and liquid soap products were selected. As a result of the simulation, it was seen that the choice of multi-purpose cleaning product was the most appropriate choice.

Conclusion:

In this study, a solution method is presented to the problem of incorporating a new product into the product mix, which is a strategic decision for businesses. In the study, a solution was sought by combining multi-criteria decision making and simulation to the selection problem of the natural product to be added to the product mix of a company operating in the cosmetics and cleaning products sector.



Yeni ürün seçiminde çok kriterli karar verme ile simülasyonu birleştiren yaklaşım

Yasemin Yavuz Güzeler*^{ID}, Gökhan Akyüz^{ID}

Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Seçim süreçlerinde ürüne olan talep kadar işletmenin üretim süreci de dikkate alınmalıdır
- Yeni ürün seçimi problemi için ÇKKV ve simülasyonlu yeni bir hibrit model sunulmuştur
- Talep süreci ve üretim süreci birlikte değerlendirilmiş, ürünlerin talep ve üretim süreci simülasyon modelleri oluşturulmuştur

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 05.10.2022
Kabul: 18.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1183811

Anahtar Kelimeler:

Yeni ürün seçimi,
çok kriterli karar verme,
simülasyon,
AHP,
TOPSIS

ÖZ

Ürün karmasına eklenecek yeni ürün veya ürünleri belirleme kararı işletmeler için önemli stratejik kararlardan biridir. Bu kararın alınmasında rekabet ortamında ürüne olan talebin istenilen düzeyde olması gibi koşulların yanında üretim süreci ve maliyetleri de etkilidir. Uygulama kozmetik ve temizlik ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirilmiştir. İki aşamalı uygulamanın ilk aşamasında, firmanın ürün gamına dahil etmeyi düşündüğü doğal ürünler arasından çok kriterli karar verme yöntemleri (AHP ve TOPSIS) ile ön seçim yapılmıştır. İkinci aşamada, ilk iki alternatifin talep ve üretim süreçleri için bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve Arena Rockwell programında çalıştırılarak ürünler firmada üretilmeden önce üretim sürecinin durumunu görmek mümkün olmuştur. Daha sonra Arena programının Process Analyzer aracı ile kontrol edilebilir değişkenlerin farklı değerleri denenerek, aynı anda satış miktarını artırırken, maliyeti ve kayıp satış miktarını azaltacak değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır. En uygun değişken değerleri belirlendikten sonra satış geliri ve maliyet avantajından dolayı ürün seçilerek nihai seçim yapılmıştır. Çalışma, yeni ürün seçiminde hem seçim kriterlerini hem de üretim sürecini dikkate alan bir çalışma gerçekleştirilerek literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

An approach that combines multi-criteria decision making and simulation in new product selection

HIGHLIGHTS

- In the selection processes, the production process of the company should be taken into consideration as well as the demand for the product
- A new hybrid model with MCDM and simulation is presented for the new product selection problem
- The demand process and the production process were evaluated together, and the demand and production process simulation models of the products were created

Article Info

Research Article
Received: 05.10.2022
Accepted: 18.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1183811

Keywords:

New product selection,
multi-criteria decision
making,
simulation,
AHP,
TOPSIS

ABSTRACT

The decision to determine the new product or products to be added to the product mix is one of the important strategic decisions for businesses. In making this decision, besides the conditions such as the demand for the product at the desired level in the competitive environment, the production process and costs are also effective. The application was carried out in a company operating in the cosmetics and cleaning products sector. In the first stage of the two-stage application, a pre-selection was made with multi-criteria decision-making methods (AHP and TOPSIS) among the natural products that the company thought to include in the product mix. In the second stage, a simulation model was created and run in Arena Rockwell program for the demand and production processes of the first two alternatives. With this, it is possible to see the status of the manufacturing process before the products are produced in the company. Then with the Process Analyzer tool of the Arena program, by trying different values of controllable variables, it was tried to reach values that would reduce the cost and the amount of lost sales, while increasing the amount of sales at the same time. After determining the most suitable variable values, the final selection was made by selecting the product according to the sales revenue and cost advantage. The study aims to contribute to the literature by carrying out a study that considers both the selection criteria and the manufacturing process in the selection of new products.

1. Giriş (Introduction)

Müşteri beklenti ve taleplerinin sürekli değişim gösterdiği günümüz rekabet ortamında işletmelerde sürdürülebilirliği ve karlılığı sağlayabilmenin yolu sürekli gelişim ve yeniliklerden geçmektedir. Yeni ürün üretimi kararları da bu yeniliklerden biridir. Bu karar, üretim maliyetleri, tahmini satış gelirleri, karlılık ve stok parametreleri gibi birçok faktörün etkisi altında verilen çok kriterli bir karar verme problemidir.

Müşteri isteklerini tam karşılayan ürünler belirlenmiş ve üretime geçilmiş olsa bile doğru stok politikaları uygulanmaz ise karlılık ve sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. Zira, tutarlı müşteri memnuniyetinin oluşması, işletmede etkin bir stok yönetimi ve kontrolünü gerekli kılmaktadır [1]. Bu sebeplerden dolayı işletmelerin, maliyet ve satışlar üzerindeki etkilerine göre stok parametrelerini doğru tespit etmeleri önem arz etmektedir. Kozmetik ve temizlik ürünleri sektörü de stok politikası doğru belirlenmesi gereken sektörlerden biridir. Bunun sebebi, büyük miktarlarda üretim yapılması ve dayanıklılık süresinin uzun olmasıdır. Üretilen ürünlerin paketlenerek belirlenen bir süre için depolanması gerekmekte, bunun sonucunda da stok maliyetleri artmaktadır.

Bu çalışmada, kozmetik ve temizlik ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın alternatifler arasından ürün karmasına dahil edeceği yeni ürünü belirleme probleminde çözüm sunmak amaçlanmıştır. Nüfusun hızla artması, su kaynaklarının azalması, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi etkenlerin beraberinde getirdiği sorunları azaltmak için tüketicilerin her geçen gün doğal/organik ürünlere yönelimleri artmıştır [2]. Bu nedenle, alternatifler doğal/organik ürün grubundan belirlenmiştir. Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), alternatiflerin sıralanarak ön seçimin yapılması aşamasında ise TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Ön seçimde belirlenen alternatiflere, önerilen simülasyon modelinin uygulanması ile ürünlerin talep ve üretim süreci analizi yapılmıştır. Simülasyon sonuçları ürünlerin, satış ve maliyet kalemleri hakkında bilgiler vermektedir. Bu bilgiler ışığında nihai seçim yapılmıştır.

Çalışma giriş bölümünden sonra genel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır: İkinci bölüm, yeni ürün seçim probleminde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerine ve stok kontrolünde simülasyon uygulamalarına ilişkin literatür taramasına ayrılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde uygulamada izlenen adımlar ve modelin yapısı anlatılmış, çözüm aşamaları ve sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmaya ilişkin genel değerlendirmeler ise sonuç bölümünde ele alınmıştır.

2. Literatür İncelemesi (Literature Review)

Seçim, sıralama, sınıflandırma ve tanımlama yapma üzere [3,4] kullanılabilen çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, literatürde yeni ürün seçim problemlerine de uygulanmıştır (Tablo 1). Tablo 1'de yer alan çalışmalarda genellikle birden fazla yöntemin birlikte kullanımının tercih edildiği görülmektedir.

Literatürde ÇKKV yöntemlerini stok yönetimi ve kontrolüne uygulayan çalışmalara da rastlanmaktadır. Örneğin, Ertuğrul ve Tanrıverdi [31], bir tekstil işletmesinde stokların sınıflandırılması sürecinde ABC ve AHP yöntemlerini uygulayarak sonuçları karşılaştırmış ve stok maliyetleri açısından en uygun yöntemin AHP olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Sarmah and Moharana [32] bulanık kural tabanlı bir model oluşturarak yedek parçaları sınıflandırarak, mevcut diğer modellerle karşılaştırmıştır. Noorul Haq and Kannan, [33], lastik endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede

gerçekleştirdikleri çalışmalarında bulanık AHP ile tedarikçi seçimi ve genetik algoritma ile çok kademeli dağıtım envanter modeli sunmuşlardır. Topçu [34], likit üretim gerçekleştiren esnek üretim hattına sahip bir işletmede tampon stok (ara stok tankı) atamalarını simülasyon uygulaması ile gerçekleştirmiştir. Simülasyon sonuçları sonrası oluşturulan senaryolara çok kriterli karar verme tekniği uygulanmış, en uygun sonuç bulunmuştur. Çelikcan [35], bir alçı firması için en kritik yedek parça grubunun seçiminde entegre AHP-TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmanın bir sonraki aşamasında ABC-FSN analizi ile kritik yedek parçanın en sık kullanılan üç çeşidi belirlenmiştir. Bu parçaların toplam maliyet üzerindeki önem seviyeleri tespit edilerek maliyet fonksiyonuna yansıtılmıştır. Simülasyon ile en uygun (s: minimum stok seviyesi, S: maksimum stok seviyesi) parametre değerleri belirlenmiştir.

Topçu [34] ve Çelikcan [35]'in çalışmalarında olduğu gibi simülasyon, stokların yönetimi ve kontrolü, parametrelerinin ve maliyetlerinin hesaplanması gibi konularda başvurulan yöntemlerden biridir. Mitrović vd. [36], bir sistemin minimum toplam maliyetli ürün üretmesi için gerekli olan stok seviyesini belirlemek amacıyla simülasyon kullanmışlardır. Arani vd. [37], uluslararası bir limandaki yedek parçaların AHP yöntemi ile bütünleşen ABC analizi sonucunda kontrol altında tutulması gereken stok kalemlerini belirleyerek, yeniden sipariş noktası tahmini ve teslim sürelerinin değerlendirilmesi için simülasyon çalışması gerçekleştirmiştir. Özcan ve Yıldırak [38], ambalaj sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ebat/ambalaj bölümünde üretim sürecinin simülasyonunu oluşturarak, ara stok sorunlarını çözmek için çeşitli senaryolar oluşturmuşlardır. Bu senaryolar sonucunda, mevcut durum ve senaryoların karşılaştırılması yapılarak en iyi sonuç veren durum seçilmiştir. Arat [39], eritme peynir üreten bir işletmenin krema ve süt ürünleri grubu için önerdiği stok kontrol yöntemini simüle ederek, eski sistem ile önerilen sistemin maliyetlerini kıyaslamıştır. Aslantaş [40], dağıtım transformatörlerinin üretiminde kullanılan stoklar için periyodik gözden geçirme politikası uygulamış; ortalama maliyeti minimize eden parametrelerin belirlenmesi için simülasyon tabanlı optimizasyon yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmada önerilen politika ile mevcut stok politikasının maliyetleri karşılaştırılmıştır. Kim ve Jeong [41], seri üretim yapan bir fabrikada stok maliyetlerini ve kayıpların azaltılması için EOQ modeline göre talep tahmini gerçekleştirmiştir. Bulunan sonuçlar ışığında simülasyon modeli oluşturularak sistemi test etmişlerdir. İki aşamalı tedarik zinciri probleminde çözüm arayan Göçken, vd. [42], dağıtım merkezleri için tedarikçi seçimi ve optimum stok kontrolü parametrelerini belirlemek amacıyla simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Doğan vd. [43], kısa ömürlü ürünlerin stok yönetimini inceledikleri çalışmalarında, stok seviyesini ve sipariş verme noktalarını simülasyon optimizasyonu ile belirleyerek analiz etmişlerdir. Persson vd. [44], talebi kesikli, yüksek parasal değerli ve tedarik süresi uzun üç adet ürün için Arena programında simülasyon çalışması gerçekleştirerek, en uygun emniyet stoğu seviyesini belirlemişlerdir. Duong vd. [45], bozulabilir ve ikame edilebilir ürünlerin stok politikasını belirlemek amacıyla simülasyon modeli oluşturmuş ve çözmüşlerdir. İlhan [46], stok optimizasyonunda ve emniyet stokunun saptanmasında simülasyondan yararlanmış. Sarıaşlan ve Uysal [47], bir kömür işletmesinde kullanılan yedek parçaların optimal stok seviyesini belirleyecek modelleri simülasyon tekniği aracılığı ile geliştirmiştir. Guerrin [48], endüstriyel hayvancılık çiftliklerinin atıklarını artırmak amacıyla kurulan tesislere, "Teslimat ne zaman yapılmalıdır?" ve "Ne kadar teslim edilmelidir?" sorularını cevaplamak için simülasyon modeli oluşturmuştur. Çalışmada karar değişkenleri belirlenerek stok seviyeleri hesaplanmıştır. Vieira [49], bir sistemin dört aşamalı tedarik zinciri modelinin simülasyonunu oluşturarak stok seviyesi ve servis düzeyini değerlendirmiştir. Kurt ve Erol [50], bozulabilen ürünler için periyodik gözden geçirme stok kontrol modeli

Tablo 1. Yeni Ürün Seçimi ile ilgili ÇKKV Literatüründen Örnekler (Examples from MCDM Literature on New Product Selection)

Yazar	Yıl	Problem	Yöntem
Mostafa [5]	2021	Bulut bilgi işlem hizmeti seçimi problemi	Analytic Hierarchy Process (AHP) ve Best-Worst Method (BWM)
Li, Chan, Tsang ve Lam [6]	2021	Elektronik İmalat Sanayinde yeni ürün fikri seçim problemi	Fuzzy BWM
Goswami vd. [7]	2021	Robot seçimi problemi	Two Hybrid Models (ARAS-TOPSIS ve ARAS-COPRAS)
Chawla ve Singari [8]	2021	İki tekerlekli karter kapağı için malzeme seçim sorunu	TOPSIS, PROMETHEE ve MOORA
Ardil [9]	2021	Askeri uçak seçimi problemi	TOPSIS
Ransikarbum ve Khamhong [10]	2021	Eklemlerli üretim yazıcı seçimi problemi	Fuzzy AHP ve TOPSIS
Agrawal [11]	2021	Üç katmanlı üretim (AM) teknolojisi için sürdürülebilir malzeme seçimi problemi	SAW, MOORA, TOPSIS ve VIKOR
Nasution vd. [12]	2020	Pematangsiantar şehrinde cilt bakım ürünü seçimi	ELECTRE
Karmarkar ve Gilke [13]	2020	Tarım makineleri seçim problemi	AHP
Kumar vd. [14]	2020	Hindistan pazarındaki sorunda taşınabilir sabit disk seçimi	WASPAS
Yörükoğlu ve Aydın [15]	2020	Rüzgar türbini seçim problemi	MULTIMOORA
Durmaz ve Gencer [16]	2020	Akrobasi uçağı seçimi	SWARA-SMAA-2
Koç ve Tosun [17]	2019	Teknoloji ürünleri üreten bir firmada yeni ürün seçim problemi	Fuzzy AHP ve Fuzzy WASPAS
Wu vd. [18]	2019	Bir ev aletleri üreticisinde en uygun yeni ürün(ler)in seçilmesi	AHP ve Dempster-Shafer Theory (DST)
Kusakci [19]	2019	Endüstriyel fan seçimi problemi	Fuzzy AHP ve TOPSIS
Atalay ve Can [20]	2018	Belirtilen içecek ürün grubundan yeni ürün seçimi	Intuitionistic Fuzzy AHP-MOORA
Karadağ ve Kılıç Delice [21]	2018	Fiber optik kablo seçimi problemi	Fuzzy DEMATEL, Fuzzy VIKOR, GRA ve Zero One Goal Programming
Adalı ve Işık [22]	2017	Dizüstü bilgisayar seçimi problemi	MULTIMOORA ve MOOSRA
Elahi vd. [23]	2017	Farmasötik ürün seçimi problemi	AHP
Özceylan vd. [24]	2016	Makine seçimi problemi	Fuzzy AHP ve PROMETHEE
Hanine vd. [25]	2016	ETL (Ayıkla, Dönüştür ve Yükle) yazılım seçim problemi	AHP ve TOPSIS
Efe, Boran ve Kurt [26]	2015	Ergonomik telefon seçimi	Fuzzy TOPSIS
Yan ve Ma [27]	2015	Yeni özelliklere sahip televizyonun yapım kararı	FWA, FN-WOWA ve Fuzzy Rating Method
Ertuğrul ve Özçil [28]	2014	Klima seçimi problemi	TOPSIS ve VIKOR
Song vd. [29]	2013	Sekiz mini buzdolabı tasarım alternatifinden en iyi tasarım konsepti seçimi	AHP ve TOPSIS
Ishizaka ve Labib [30]	2011	Yeni üretim tesislerinin seçimi	The Group AHP Ordering Method

uyguladıkları çalışmalarında farklı envanter seviyeleri ve yeniden sipariş verme noktaları için simülasyon çalışması yaparak en iyi envanter politikasını belirlemeyi amaçlamışlardır.

Literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı ya belirlenmiş kriterler itibarıyla doğrudan seçime ya da seçilmiş ürünün üretim sürecine odaklanarak problemin bir boyutunu ele almaktadır. Bu çalışmada literatürdeki bu yaygın yaklaşımdan farklı olarak ÇKKV yöntemleri ile simülasyon birlikte kullanılmış, seçim sürecine üretim ve talep boyutlarının da dahil edildiği bir metodoloji takip edilmiştir. ÇKKV yöntemleri, ürün karmasına katılabilecek ürünlerin ön seçim aşamasında, üretim ve talep sürecinin modellendiği simülasyon ise nihai seçim aşamasında uygulanmıştır.

3. Yöntemler (Methods)

Çalışmada alternatif ürünlerin ön seçiminde ÇKKV yöntemlerinden yararlanılmıştır. Kriterlerin önem düzeylerinin farklılaşması

nedeniyle ilk aşamada kriter ağırlıklarını belirlemek, ikinci aşamada ise alternatifleri sıralamak gerekmiştir. Kriterlerin önem düzeylerini belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), CRITIC yöntem, En İyi-En Kötü yöntemi (Best-Worst Method- BWM) gibi farklı yöntemler kullanılabilir. CRITIC yöntem, uzman görüşlerine başvurmadan kriterlerin birbirleri arasındaki çelişme ve zıtlık yoğunluklarını yorumlayarak kriter ağırlıklarını belirlemektedir [51]. 2015 yılında Jafar Rezaei tarafından önerilen BWM’de öncelikle en iyi ve en kötü kriterler belirlenmekte ve ikili karşılaştırmalar bu kriterler ile yapılmaktadır. Birden fazla uzman görüşü alındığında ayrı ayrı modellenip ağırlıklar belirlenmektedir. Literatürde çok yaygın olarak kullanılan AHP’de ise tüm kriterler ikili karşılaştırmaya tabi tutulmakta, birden fazla uzman görüşü ortak değerlendirmeye alınabilmektedir. Bu çalışmada kriterlerin önem düzeyinin belirlenmesinde özneliği azaltabilmek adına birden fazla uzman görüşüne ihtiyaç duyulmuş ve yöntem olarak AHP’nin kullanılmasına karar verilmiştir. Alternatiflerin sıralamasında da literatürde birçok ÇKKV yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemler arasında TOPSIS yöntemi

birden fazla kritere dayalı olarak karar vermedeki tutarlılığı, rasyonelliği, anlaşılabilirliği, hesaplama verimliliği ve her alternatif için göreceli performansı basit matematiksel işlemlerle ölçebilme yeteneğiyle öne çıkmaktadır. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında TOPSIS'in bir avantajı da kriter ağırlıklarından hareketle güvenilir sonuçlar üretebilmesidir [52]. Tüm bu üstünlükleri dikkate alınarak alternatiflerin sıralanması aşamasında TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. TOPSIS ile sıralaması yapılan ürünler arasından nihai seçimin yapılması aşamasında simülasyon kullanılmıştır. Firma yöneticilerine alternatif ürünlerin oluşan sıralaması sunulmuş ve ilk iki ürünün üretimine hızla geçilebileceği, dolayısıyla bu iki ürün için simülasyon uygulamasının yapılması kararlaştırılmıştır.

3.1. AHP (Analytic Hierarchy Process)

Literatürde yaygın olarak kullanılan AHP, Thomas L. Saaty [53] tarafından geliştirilmiştir. AHP yönteminde, amaç/amaçları etkileyen kriterler ve alt kriterlerin önem dereceleri tespit edilmektedir. Problemlere özgü nitel ve nicel kriterleri ve alternatifleri değerlendirme ve önceliklendirme AHP'nin en güçlü yönlerinden biridir [54]. Önem derecelerinin belirlenmesi aşamasında kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmakta; bu karşılaştırmalarda Tablo 2'de verilen temel skala tablosundan yararlanılmaktadır [55]. Bu skala 1-9 önem skalası olarak da bilinmektedir [56].

İkili karşılaştırma matrisinde (Tablo 3) w_i/w_j değeri, amaca ulaşmak için i kriterinin j kriterine göre önem derecesini göstermektedir [57]. i kriter ile j kriterin ikili karşılaştırma değeri a_{ij} olarak gösterilirse, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ eşitliği elde edilir. Bu özelliğe, karşılık olma özelliği denir [58]. Matrisin köşegen değerleri 1'dir.

Bir sonraki aşamada ikili karşılaştırma matrisinin her bir değeri bulunduğu sütunun toplamına bölünerek normalize edilmiş matris oluşturulur. Normalize edilmiş matriste her bir satırın ortalaması alınarak her bir kriter için yüzde önem ağırlıkları olan öncelikler vektörü elde edilir [59].

AHP yönteminde karar vericinin ikili karşılaştırmalar sırasında tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek amacıyla tutarlılık analizi uygulanmaktadır [60]. Bunun için öncelikle Tutarlılık İndeksi (CI) ardından Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmaktadır.

Tablo 3. İkili Karşılaştırma Matrisi (Pairwise Comparison Matrix) [55]

Kriterler	Kriter 1	Kriter i	Kriter j
Kriter 1	$w_1 / w_1 = 1$	w_1 / w_i	w_1 / w_j
Kriter i	w_i / w_1	$w_i / w_i = 1$	w_i / w_j
Kriter j	w_j / w_1	w_j / w_i	$w_j / w_j = 1$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (1)$$

CR hesaplamasının özü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle karşılaştırma matrisi ile öncelikler vektörü çarpılarak bir sütun vektör elde edilir. Bu sütun vektör ile öncelikler vektöründeki karşılıklı elemanların bölünmesi ile her bir kritere ilişkin temel değer elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir. Hesaplanan λ , Eş. 1'de yerine konularak tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. Eşitlikteki n kriter sayısını ifade etmektedir. Sonrasında Eş. 2 kullanılarak tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Eşitlikteki RI rassal değer indeksi olarak ifade edilir ve RI için kriter sayısına (n) bağlı olarak Tablo 4'de verilen değerler kullanılır. Tutarlılık oranı (CR) 0,10'dan küçük ise yapılan karşılaştırmalar tutarlıdır denir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Tablo 4. Rassal Değer İndeksi (Random Consistency Index) (RI) [53]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

3.2. TOPSIS

(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Hwang ve Yoon [61], 1981 yılında çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) metodunu geliştirmişlerdir. TOPSIS yönteminin temel prensibi, seçilen alternatifin pozitif ideal noktaya en yakın, negatif ideal noktaya ise en uzak olması gerekliliğidir [62]. Bu prensip ile hem ideal hem de ideal olmayan çözümleri birlikte görme ayrıcalığı sunmaktadır [63]. Her bir kriter monoton artıyor veya

Tablo 2. Temel Skala Tablosu (Fundamental Scale of Absolute Numbers) [57, 59]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önem	İki faaliyet/kriter amaca eşit olarak katkıda bulunur.
2	Hafif veya Zayıf	
3	Orta Derecede Önem	Deneyim ve yargılara göre, bir faaliyet/kriter diğerine göre biraz daha üstündür.
4	Orta Artı	
5	Güçlü Önem	Deneyim ve yargılara göre, bir faaliyet/kriter diğerine göre güçlü bir şekilde üstündür.
6	Güçlü Artı	
7	Çok Güçlü veya Kanıtlanmış Önem	Tecrübe ve yargılara göre, bir faaliyet/kriter diğerine göre çok daha üstün bir öneme sahiptir.
8	Çok, Çok Güçlü	
9	Aşırı Önem	Bir faaliyeti diğerine tercih eden kanıt, mümkün olan en yüksek doğrulama derecesine sahiptir.
Ara Değerler	i etkinliği, j etkinliği ile karşılaştırıldığında kendisine atanan yukarıdaki sıfır olmayan sayılardan birine sahipse, o zaman j , i ile karşılaştırıldığında karşılıklı değere sahiptir.	Mantıksal bir varsayım olarak tanımlanır. Uzlaşma gerektiği koşullarda kullanılan iki ardışık değer arasında bulunmaktadır.

azalıyorsa ideal çözümün belirlenmesinin daha kolay olduğu varsayılmaktadır [64].

TOPSIS yönteminin adımları aşağıda verildiği gibidir [65-67]:

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Alternatiflerin her bir kriter için aldığı değerler kullanılarak Tablo 5'te verilen karar matrisi oluşturulur.

Tablo 5. TOPSIS Yönteminde Karar Matrisin Tablo Üzerinde Gösterimi
(Table Display of Decision Matrix in TOPSIS Method)

Alternatifler	Kriterler			
	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n
Alternatif 1	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}
Alternatif 2	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}
...
Alternatif m	X _{m1}	X _{m2}	...	X _{mn}

Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla normalize karar matrisine dönüştürülür:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_i^2}} \quad (3)$$

Eş. 3 uygulanarak aşağıdaki normalize karar matrisi elde edilir. Matrisin boyutu $m \times n$ boyutundadır.

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

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisin Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisi ile her kriterin ağırlık değeri çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir. Bunun için öncelikle kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmiş olması gerekir.

$$w_j = (w_1, w_2, \dots, w_n) \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4)$$

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

Adım 4: Pozitif İdeal Nokta ve Negatif İdeal Nokta Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra pozitif ideal nokta (A^+) ve negatif ideal nokta (A^-) değerleri aşağıdaki gibi belirlenir.

$$A^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+) \quad (5)$$

$$A^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-)$$

Eğer j fayda kriteri ise; $V_j^+ = \left\{ \begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} V_{ij} \right\}$ $V_j^- = \left\{ \begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} V_{ij} \right\}$

Eğer j maliyet kriteri ise; $V_j^+ = \left\{ \begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} V_{ij} \right\}$ $V_j^- = \left\{ \begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} V_{ij} \right\}$

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Her bir alternatifin pozitif ideal noktaya (S_i^+) ve negatif ideal noktaya (S_i^-) uzaklıkları Eş. 6 ve Eş. 7 kullanılarak bulunur.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i=1, \dots, m \quad (6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i=1, \dots, m \quad (7)$$

Adım 6: İdeal Noktaya Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir alternatifin ideal noktaya göreli yakınlığı (C_i^*) 0 ile 1 (0 ve 1 dahil) arasında değer almaktadır ve Eş. 8 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (8)$$

$C_i^* = 1$ ise karar noktası pozitif ideal noktaya mutlak yakınlığını ifade eder

$C_i^* = 0$ ise karar noktası negatif ideal noktaya mutlak yakınlığını ifade eder

3.3. Simülasyon (Simulation)

Simülasyon modellemesi, karmaşık sistemleri analiz etmek için yaygın olarak kullanılan paradigmadır [68]. Simülasyon ile karmaşık ve matematiksel formüllerle kesin çözüm bulunamayan sistemlerin temsili modeli oluşturulmakta, bu model üzerinde deneyler yapılarak belli gerçekler ve varsayımlara göre sistemin davranışı incelenmektedir. Bu nedenle simülasyon, özde deneysel nitelikli bir matematiksel modelleme tekniği olarak, sistemlerin davranışını inceleme ve tanımlama, sistemlerdeki değişimlerin etkilerini belirleme ve böylece gelecekteki davranışları tahmin etme amacı taşıyan deneysel ve uygulamalı bir metodolojidir [69]. Çeşitli paket programlar veya kullanıcı tarafından kodlanan modeller aracılığıyla problemler simüle edilerek çözümlenmektedir. Matematiksel çözümler gibi kesin sonuçlar vermemesi dezavantaj gibi gözükse de oluşturulan model değiştirilen her koşul veya kısıt için tekrar çalıştırılabilmektedir [70].

Literatür incelendiğinde, simülasyonun imalat sistemleri, tedarik zinciri sistemleri, bilgisayar ve iletişim sistemleri, taşımacılık sistemleri gibi birçok sistemin çözümlenmesinde kullanıldığı görülmektedir. Çözüm aranan problemler arasında stok seviyesinin belirlenmesi, maliyet-fayda analizleri, kapasite ve üretim planlaması, lojistik planlaması gibi konular yer almaktadır.

Simülasyon modellerini farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Örneğin, zamandan etkilenip etkilenmemeye durumuna göre dinamik veya statik simülasyon modeli; olasılık dağılımını içerip içermeme durumuna göre stokastik veya dinamik simülasyon modeli; temel değişkenlerin zaman içerisinde kesikli veya sürekli değerler alması durumuna göre kesikli veya sürekli simülasyon modeli şeklinde sınıflandırılabilir. Statik simülasyon modellerinde zaman önemli değildir ve sistemin belirli bir andaki gösterimi modellenmektedir. Dinamik simülasyon modellerinde ise bir aralık veya tüm çalışma zamanı dikkate alınarak sistemin zaman içerisindeki değişimi modellenmektedir. Bir veya daha fazla rassal değişken içeren stokastik (olasılıklı) simülasyon modellerinde sistemin davranışı tam olarak tahmin edilemezken; rassal değişken bulunmayan, verilen girdiler için tek bir çıktının oluştuğu deterministik simülasyon modellerinde ise sistemin davranışı tamamen öngörülebilir. Kesikli simülasyon modellerinde sistemin durum değişkenleri zaman aralıkları boyunca sabit kalır ve bu değerler, olay zamanları adı verilen tanımlanmış noktalarda değişirken (örneğin hasta sayısının yeni bir hasta gelmesiyle değişmesi gibi), havadaki uçağın hızının ve pozisyonunun sürekli değişmesinde olduğu gibi sürekli simülasyon modellerinde durum değişkenlerinin değerleri zaman boyunca sürekli değişmektedir [71].

Tablo 6. Alternatif Ürünler ve Değerlendirme Kriterleri (Alternative Products and Evaluation Criteria)

Alternatifler	Kriterler
• Doğal sabun (A ₁)	• Maliyet (C ₁)
• Doğal yüzey temizleyicisi (A ₂)	• Satın Alınan Bileşen Çeşidi (C ₂)
• Doğal bulaşık sabunu (A ₃)	• Üretim Süresi (C ₃)
• Doğal çamaşır sabunu (granül sabun) (A ₄)	• Tedarik Süresi (C ₄)
• Doğal el dezenfektanı (A ₅)	• Tedarikçiye Olan Uzaklık (C ₅)
• Doğal yüzey dezenfektanı (A ₆)	• Öngörülen Talep (C ₆)
• Doğal arap sabunu (A ₇)	
• Doğal çok amaçlı temizlik (A ₈)	
• Doğal şampuan (A ₉)	
• Doğal sıvı sabun (A ₁₀)	
• Doğal köpük sabun (A ₁₁)	

Bu çalışmada simülasyon modellemesi iki sürecin analiz ve değerlendirilmesi için yapılmıştır. İlk olarak, müşterilerin ürünleri işletmeden talep ederek satın aldıkları talep süreci; ikinci olarak ise müşteri talepleri ile azalan stoğa bağlı olarak çalışan üretim süreci modellenmiştir. Kullanılan simülasyon modelleri her iki ürün için de bir aylık dönem için çalıştırıldığından dinamik, olasılık dağılımı içerdiğinden stokastik ve talep ve üretim değerleri belirli bir aralık boyunca sabit kaldığından kesikli simülasyon modeli sınıflarına girmektedir.

4. Uygulama (Application)

Kozmetik ve temizlik ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirilen uygulamada, firmanın ürün karmasına eklenebilecek en uygun ürünün seçimi probleminin çözümü için yapılmıştır. Tüketicilerin son yıllarda ürünün fiziksel özelliklerinden daha çok çevreye ve sağlığa olan etkisine göre karar verir hale gelmeleri [72] nedeniyle doğal/organik ürünlere olan talep yükselmektedir. Her sektörde olduğu gibi temizlik ürünleri ve kozmetik sanayi sektöründe de doğal ürünlere yönelimin artması nedeniyle eklenecek yeni ürünün doğal ürünler arasından seçilmesi politikası benimsenmiştir.

T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu doğal kozmetik ürünün şu şekilde tanımlamıştır; “Bileşiminin en az yüzde 95’inin doğal içerikli olduğu, bununla birlikte bu içeriğin doğal olma gerekliliklerini sağladığını kanıtlayan ancak organik olmasının gerekmediği kozmetik üründür”. Doğal kozmetik bileşeni ise, “Doğal kaynaklı hammaddelerden, doğal işleme yöntemlerine veya kriterlerine göre elde edilen kozmetik ürünlerin bileşimine giren maddeler” olarak tanımlanmaktadır. Uygulama yapılan firma tedarik edilen hammaddelerin doğal sertifikaları olmasını istemekte, sertifikasyon işlemleri ise tedarikçiler tarafından gerçekleştirilmektedir.

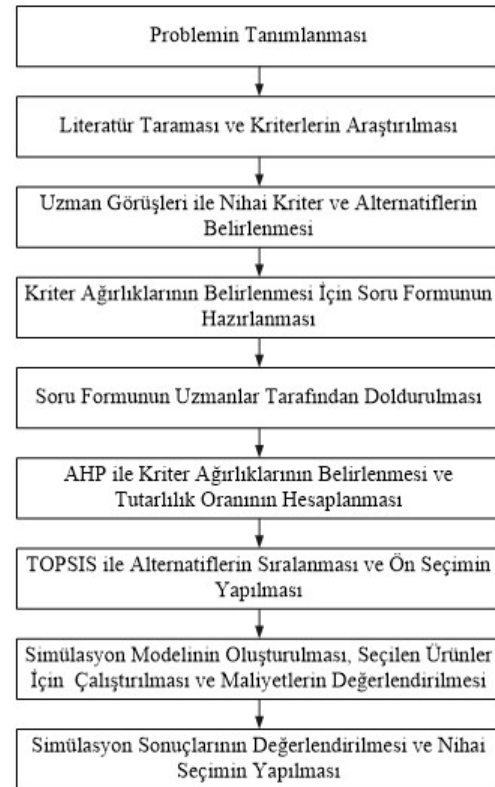
Şekil 1’de verilen adımların izlendiği çalışmada, problem tanımlanması aşamasını takiben kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bir sonraki aşamada AHP ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Ön seçim aşamasında, sıralaması yapılan alternatiflerden ilk iki sırada yer alan alternatif belirlenmiştir. Nihai seçim aşamasında ise öncelikle Arena Rockwell programı kullanılarak bu iki ürünün talep ve üretim süreçlerinin simülasyon modeli oluşturulmuştur.

Simülasyon sonucunda maliyet, satış geliri ve kayıp kişi sayısı ve miktarı tespit edilmiştir. Arena Rockwell programının Process Analyzer eklentisi kullanılarak kontrol edilebilir stok değişkenlerinin maliyetler, satış ve kayıp durumları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her iki alternatif için en uygun stok parametreleri belirlenerek kaydedilmiştir. Son durumda belirlenen maliyetler, satış gelirleri ve kayıp miktarları karşılaştırılarak en uygun alternatifin nihai seçimi

gerçekleştirilmiştir. Bu sayede çalışmada, detaylı incelemeye geçmeden önce alternatifleri uygun sayıya indirgemedeki ÇKKV yöntemlerini kullanan, akabinde talep ve üretim süreçlerini simülasyon ile detaylı incelemeye dahil eden hibrit bir metodoloji uygulanmıştır.

4.1. Kriter ve Alternatiflerin Belirlenmesi (Identification of Criteria and Alternatives)

Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi aşamasında uzman görüşlerinden ve literatürde bulunan çalışmalardan faydalanılmıştır. Beş kişiden oluşan uzmanlar grubunda firmada çalışan kimya mühendisleri ve firma yöneticileri yer almıştır. Uzmanlar grubu ile yapılan çalışma sonucunda 11 alternatif ürün ve bu ürünleri değerlendirmek için altı kriter belirlenmiştir (Tablo 6).



Şekil 1. Çalışmada İzlenen Metodolojik Adımlar (Methodological Steps Followed in the Study)

Rekabet gücü açısından önemli bir kriter olan maliyet (C₁), bir birim ürünün direkt imalat giderleri toplamından oluşmaktadır. Satın alınan

bileşen çeşidi sayısı (C_2), yeni stok ve tedarik/tedarikçi süreçlerinin oluşturulmasını gerektireceğinden kriterler arasında yer almıştır. Seçilecek ürün mevcut ürün karmasına ekleneceğinden üretim süresi (C_3), kapasite ve üretim planlama açısından önem arz etmektedir. Benzer şekilde hammaddelerin tedarik süresi (C_4) özellikle uygulanacak stok politikaları (sipariş miktarı, emniyet stoku vb.), tedarikçiye olan uzaklık (C_5) ise taşıma maliyetleri üzerinde etkili olmaktadır. İlk beş kriterde de değerlerin minimum olması istenen bir durumdur. Öngörülen talep (C_6) miktarı ise ilgili ürün için bir aylık tahmini talep miktarını vermekte ve bu kriterin yüksek değer olması istenmektedir.

4.2. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması (Calculation of Criterion Weights)

Kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında ikili karşılaştırmaların yapıldığı soru formu hazırlanarak uzman grubuna sunulmuştur. Her bir uzman tarafından ayrı olarak doldurulan ikili karşılaştırma formlarındaki görüşlerin birleştirilmesinde geometrik ortalama kullanılmıştır. AHP yönteminin ilk adımı olan ikili karşılaştırma matrisi birleştirilen görüşler kullanılarak oluşturulmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. İkili Karşılaştırma Matrisi (The Pairwise Comparison Matrix)

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	1,00	3,95	2,35	3,37	6,58	0,39
C_2	0,25	1,00	0,28	0,30	2,55	0,18
C_3	0,43	3,57	1,00	2,55	3,73	0,25
C_4	0,30	3,37	0,39	1,00	2,93	0,19
C_5	0,15	0,39	0,27	0,34	1,00	0,12
C_6	2,55	5,55	3,95	5,33	8,39	1,00

İkili karşılaştırma matrisindeki her elemanın sütun toplamına bölünmesiyle normalize matris elde edilmiş, bu matrisin satır ortalamalarının alınması ile kriter ağırlıkları (w) hesaplanmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Normalize Matris ve Kriter Ağırlıkları
(Normalized Matrix and Criteria Weights) (w)

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	Ağırlık (w)
C_1	0,214	0,222	0,285	0,261	0,261	0,184	0,238
C_2	0,054	0,056	0,034	0,023	0,101	0,085	0,059
C_3	0,091	0,200	0,121	0,198	0,148	0,119	0,146
C_4	0,064	0,189	0,048	0,078	0,116	0,088	0,097
C_5	0,032	0,022	0,033	0,026	0,040	0,056	0,035
C_6	0,545	0,311	0,479	0,414	0,333	0,469	0,425

Eş. 1 ve Eş. 2 kullanılarak sırasıyla Tutarlılık İndeksi (CI) ve Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı (CR) 0,050 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,10'dan küçük olduğu için karşılaştırmalar tutarlıdır. Bulunan kriterlerin ağırlıkları (w) incelendiğinde en önemli kriterin 0,425 ile öngörülen talep (C_6) olduğu görülmektedir. İkinci ve üçüncü sırada ise sırasıyla 0,238 ile maliyet (C_1) ve 0,146 ile üretim süresi (C_3) kriteri yer almıştır. Kriterler arasında önem düzeyi en düşük kriter ise 0,035 ile tedarikçiye olan uzaklık (C_5) kriteridir.

4.3. Alternatiflerin Sıralanması ve Ön Seçim (Ranking of Alternatives and Preselection)

Alternatiflerin sıralanması aşamasında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Her bir alternatifin ilgili kriterlere ilişkin değerleri firma yetkilileri ve uzmanları ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 9). Verilen tabloda örneğin doğal sabun (A_1) alternatifinin maliyeti (C_1) 65 TL'dir veya doğal el dezenfektanı (A_5) alternatifinin tedarik süresi (C_4) 2 gündür.

Tablo 9. Karar Matrisi (Decision Matrix)

	C_1 (TL)	C_2 (adet)	C_3 (saat)	C_4 (gün)	C_5 (km)	C_6 (adet)
A_1	65,00	4	10,0	2	614	5.000
A_2	1,50	7	2,0	2	685	2.323
A_3	3,00	7	3,0	2	614	3.304
A_4	4,50	13	6,0	3	697	1.700
A_5	11,00	3	2,0	2	614	2.220
A_6	2,60	14	2,0	2	697	2.200
A_7	5,00	4	5,0	2	614	5.000
A_8	2,50	8	2,0	2	614	5.826
A_9	1,87	12	3,0	3	685	5.000
A_{10}	2,50	10	3,0	3	614	6.957
A_{11}	3,00	8	2,5	3	697	1.000

Eş. 3 ve Eş. 4 kullanılarak sırasıyla normalize matris ve ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiştir. Bir sonraki adımda Eş. 5 kullanılarak pozitif ideal ve negatif ideal noktalar bulunmuştur (Tablo 10). C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 kriterleri maliyet yönlü, C_6 ve C_7 kriterleri ise fayda yönlü kriterlerdir.

Tablo 10. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris ve Pozitif - Negatif İdeal Noktalar
(Weighted Normalized Matrix and Positive - Negative Ideal Solutions)

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_1	0,176	0,006	0,074	0,018	0,008	0,128
A_2	0,004	0,011	0,015	0,018	0,009	0,060
A_3	0,008	0,011	0,022	0,018	0,008	0,085
A_4	0,012	0,020	0,044	0,027	0,009	0,044
A_5	0,030	0,005	0,015	0,018	0,008	0,057
A_6	0,007	0,022	0,015	0,018	0,009	0,056
A_7	0,014	0,006	0,037	0,018	0,008	0,128
A_8	0,007	0,012	0,015	0,018	0,008	0,149
A_9	0,005	0,019	0,022	0,027	0,009	0,128
A_{10}	0,007	0,016	0,022	0,027	0,008	0,178
A_{11}	0,008	0,012	0,018	0,027	0,009	0,026
Pozitif İdeal Nokta	0,004	0,005	0,015	0,018	0,008	0,178
Negatif İdeal Nokta	0,176	0,022	0,074	0,027	0,009	0,026

Eş. 6 ve Eş. 7 kullanılarak alternatiflerin pozitif (S_i^+) ve negatif (S_i^-) ideal noktalara olan uzaklıkları, Eş. 8 aracılığı ile de ideal noktaya göreli yakınlıkları (C_i) hesaplanmıştır (Tablo 11). Sıralama C_i değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanması ile oluşmaktadır. Yapılan sıralama, ilk sırada doğal sıvı sabun (A_{10}), ikinci sırada doğal çok amaçlı temizlik (A_8) ve üçüncü sırada doğal şampuan (A_9) alternatifleri yer almıştır. Son sırada ise doğal sabun (A_1) bulunmaktadır. İlk iki alternatif (A_{10} , A_8) seçilerek ön seçim aşaması bu noktada tamamlanmış ve bir sonraki nihai seçim aşamasında bu iki ürün için simülasyon uygulanmıştır.

Tablo 11. Her Alternatifin Pozitif ve Negatif İdeal Noktaya Olan Uzaklıkları ve Göreli Yakınlık Değerleri
(The Distances to the Positive and Negative Ideal Solution and Relative Proximity Values of Each Alternative)

Ürün Adı	Kod	S_i^-	S_i^+	C_i	Sıra
Doğal sıvı sabun	A_{10}	0,2336	0,0162	0,9351	1
Doğal çok amaçlı temizlik	A_8	0,2180	0,0302	0,8783	2
Doğal şampuan	A_9	0,2057	0,0534	0,7939	3
Doğal arap sabunu	A_7	0,1962	0,0557	0,7789	4
Doğal bulaşık sabunu	A_3	0,1856	0,0943	0,6631	5
Doğal yüzey temizleyicisi	A_2	0,1852	0,1190	0,6088	6
Doğal yüzey dezenfektanı	A_6	0,1816	0,1232	0,5958	7
Doğal el dezenfektanı	A_5	0,1617	0,1242	0,5656	8
Doğal çamaşır sabunu	A_4	0,1672	0,1394	0,5453	9
Doğal köpük sabun	A_{11}	0,1767	0,1533	0,5355	10
Doğal sabun	A_1	0,1042	0,1883	0,3562	11

4.4. Simülasyon ve Nihai Seçim (Simulation and Final Selection)

Simülasyon modelini oluşturma sürecinde firmanın talep ve üretim süreçleri analiz edilerek, Arena Rockwell programında ayrı ayrı modellenmiştir. Talep süreci simülasyon modelinde üretim kararı alındığında üretim süreci simülasyon modelinin çalışması sağlanmıştır. Modelde, talep gelişlerine ve talebin geldiği andaki eldeki stok miktarına bağlı olarak üretime başlama ya da başlamama kararı alınmaktadır. Model, talep geldiğinde elde stok bulunmaması ya da yeterli olmaması durumunda kayıp müşteri verisini tutmaktadır. Modelin çıktıları arasında toplam maliyet, toplam üretim maliyeti, elde bulundurmama maliyeti ve hammadde satın alma maliyetlerinin yanı sıra satış, kayıp müşteri sayısı ve kayıp satış miktarı da yer almaktadır. Modelde kullanılan varsayımlar ve kısıtlar aşağıda verildiği gibidir:

- Talep sürecinde müşteri gelişleri arasındaki zamanın her iki ürün için de üstel dağıldığı (Doğal Sıvı Sabun ürünü (A₁₀) Random (Expo) (1,5) min, Doğal Çok Amaçlı Temizlik ürünü (A₈) için Random (Expo) (2) min olarak kabul edilmiştir.
- Üretim sürecinde hammadde gelişleri arasındaki zamanın her iki üründe de üstel dağıldığı (Random (Expo) (5) min) olarak kabul edilmiştir.
- Talep edilen ürün miktarının her iki üründe 10-15 kg aralığında tek düze dağılım (UNIF (10,15)) gösterdiği varsayılmıştır.
- Tank kapasiteleri nedeniyle parti büyüklüğü en az 1.000 kg, en fazla 5.000 kg'dır; parti büyüklüğünde 1.000 kg'lık artışlar gerçekleştirilebilmektedir.
- Her iki üründe de başlangıç stok miktarının 50 kg olduğu ve bu miktarın en fazla 1.000 kg olacağı varsayılmıştır.
- Her iki üründe de yeniden üretim (sipariş) noktası en fazla 1.000 kg'dır ve bu miktar 200 kg'lık azalışlar gösterebilmektedir.
- Her iki üründe de maksimum stok miktarının 5.000 kg ile sınırlandırıldığı varsayılmıştır.
- Endirekt işçilik, genel yönetim giderleri vb. diğer maliyetler ile elde bulundurma maliyetleri kapsam dışında tutulmuştur.

Başlangıç stok miktarı, parti büyüklüğü, yeniden üretim (sipariş) noktası, hedef stok miktarından oluşan kontrol edilebilir değişkenlerin

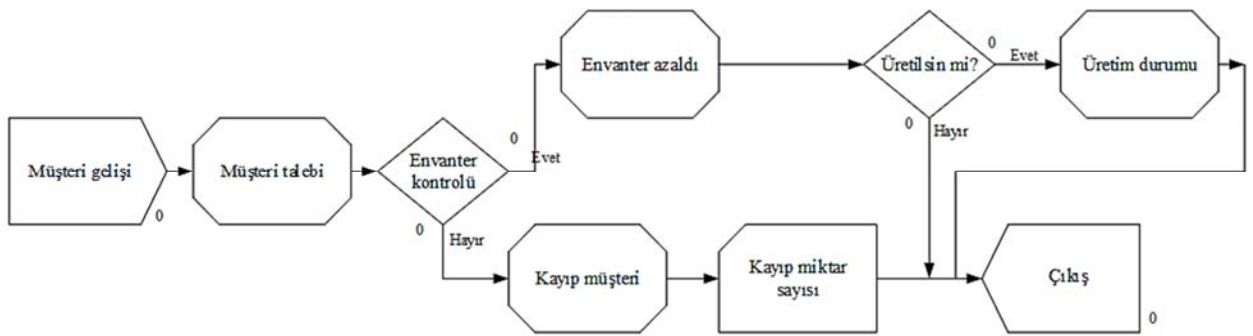
farklı değerleri denenerek maliyeti ve kayıp satış miktarını azaltacak, aynı zamanda satış miktarını artıracak değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır. Bunun için *Arena* programının *Process Analyzer* eklentisi kullanılmıştır. Kontrol edilebilir değişkenlerin alabileceği olası değerler firma yönetimi ve uzmanları (kimya mühendisleri) ile yapılan görüşmelerde belirlenmiştir.

4.4.1. Talep süreci simülasyon modeli (Demand process simulation)

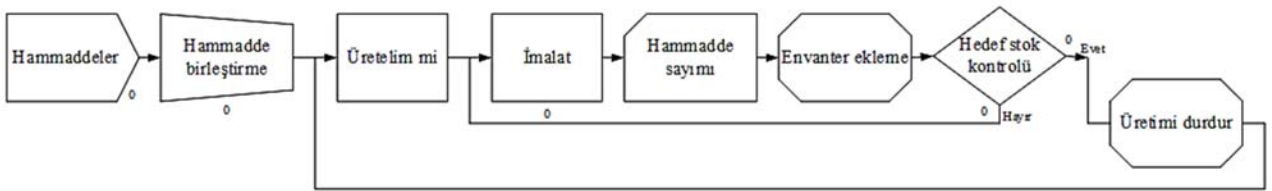
Talep sürecinin simülasyon modeli Şekil 2'de verildiği gibi oluşturulmuştur. Model, öncelikle talebin eldeki stok ile karşılanıp karşılanmadığını kontrol etmektedir. Yeterli stok durumunda talebi karşılamakta; yetersiz stok durumunda ise üretime başlatma komutunu vermektedir. Eldeki stok miktarı yeniden sipariş miktarının altına düşüğünde de model üretim kararı almaktadır. Modelde ayrıca kayıp satış verisi kayıt altına alınmaktadır. Talep süreci modelinde, müşterilerin (taleplerin) sisteme girişi ile simülasyon başlamaktadır. Burada müşterilerin gelişleri arasındaki zamanın, müşterilerin talep ettiği ürün miktarının ve başlangıç stok miktarlarının sisteme girilmesi gereklidir. Bu değerler çalışmanın varsayımlar kısmında ifade edilen dağılımlara uygun olarak modele girilmiştir. Modelde talep miktarına göre stok kontrolü yapılmaktadır. Eğer eldeki stok miktarı yeterli ise talep karşılanmakta ve karşılanan talep kadar miktar stoktan düşülmektedir. Eğer stok miktarı, belirlenen yeniden üretim (sipariş) noktasına eşit ya da küçük olursa üretime başlama komutu verilerek üretime başlanmaktadır. Üretim gerçekleşene kadar geçen zamanda firma elindeki stokla talepleri karşılamaya devam etmektedir. Stok, talep miktarını karşılamadığı durumda kayıp miktar ve müşteri olarak kaydedilmektedir.

4.4.2. Üretim süreci simülasyonu (Production process simulation)

İşletmenin üretim süreci simülasyon modeli Şekil 3'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Hammaddelerin gelişleri arasındaki sürenin varsayımlarda da belirtildiği gibi her iki üründe de Random (Expo) 5 dakika olduğu bilgisi ve üründe kullanılan bileşen (hammadde) sayısı modele tanımlanmıştır. Doğal ürünler ile doğal olmayan ürünlerin üretim süreleri arasında farklılık olmadığından üretim sürelerinin olasılık dağılımın belirlenmesinde doğal olmayan ürünlerin üretim sürelerinden yararlanılmıştır. Firmada üretilen doğal olmayan



Şekil 2. Talep Sürecinin Simülasyon Modeli (Demand Process Simulation Model)



Şekil 3. Üretim Sürecinin Simülasyon Modeli (Production Process Simulation Model)

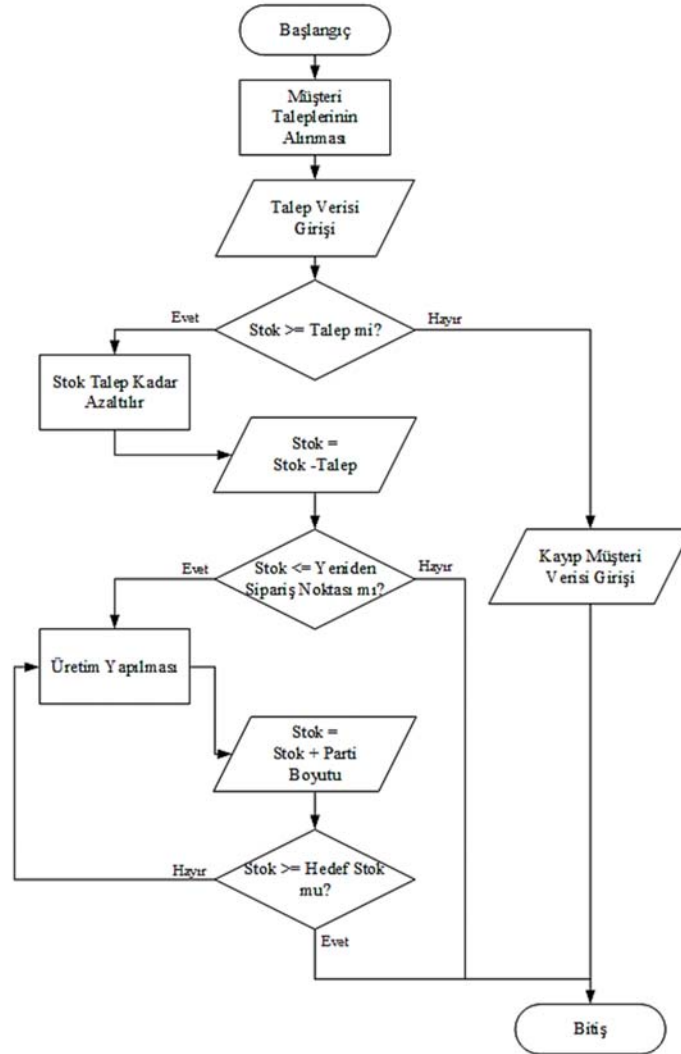
ürünlerin (çok amaçlı temizlik ürünü ve sıvı sabun) üretim süreleri gözlemlenmiş ve toplanan veriler Arena - Input Analyzer'da analiz edilmiştir. Üretim süresi Doğal Sıvı Sabun için Üçgensel (triangular) (2,5, 3,5, 4,5) saat, Doğal Çok Amaçlı Temizlik ürünü için Üçgensel (Triangular) (1,5, 2,5, 3,5) saat olarak modele girilmiştir. Oluşturulan modelde hammaddeler sisteme giriş yaptığında ve talep süreci simülasyon modelinden üretimi başlat komutu geldiğinde üretime başlanmaktadır. Talep süreci modelinden başlat komutu gelmesine rağmen hammadde yok ise hammadde gelinceye kadar beklenmektedir. Hammadde gelmiş ancak üretimi başlat komutu verilmemiş ise hammadde kuryuğu oluşmaktadır.

Üretilen miktar stoğa eklenmekte, sonrasında oluşturulan hedef stok kontrolü ile firmanın belirlediği stok seviyesine ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmektedir (Şekil 3). Eğer stok istenilen seviyenin altında ise tekrar üretim yapılmakta, değil ise üretim durmaktadır. Bu süreçte, ürünlerin yeni ürünler olması sebebiyle imalattan sonra yapılan kalite kontrol süreçleri ve ambalajlama işlemleri kapsam dışı tutulmuştur. Bu modelde, maliyetler üzerinde etkileri olan başlangıç stok miktarı ve yeniden üretim noktası önemli değişkenlerdir. Maliyeti azaltacak değişken değerlerinin tespitinde *Process Analyzer* eklentisinden faydalanılmıştır. Talep ve üretim süreci modellerinin akış şeması Şekil 4'te verilmiştir.

4.4.3. Simülasyon sonuçları ve nihai seçim (Simulation results and final selection)

Modelin çalıştırılabilmesi için gerekli olan verilerin (Tablo 12, Tablo 13) girişleri tamamlandıktan sonra model aylık çalışma saati 180 saat ve tekrar sayısı da 100 olacak şekilde çalıştırılmıştır. Simülasyon sonucunda doğal sıvı sabun ürünü (A₁₀) için aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Aylık müşteri sayısı 7.190 adet olarak bulunmuştur. Ortalama 12,4990 kg ürün talep edildiği görülmektedir. Dolayısıyla aylık talep 89.867,81 kg'dır.
- Değişkenler kısmı incelendiğinde karşılanan ortalama talep değerinin 42.948,90 kg, aynı şekilde kayıp satış miktarı incelendiğinde ortalama değer 2.040,97 kg olduğu raporlanmıştır. Kayıp müşteri sayıları ise sırasıyla ortalama 163,26 kişidir.
- Oluşturulan modelde üretim sonunda 5.000 kg ürün elde edilmektedir. Bir partide üretilen hammaddenin satın alma maliyeti 9.335,73 TL olarak bulunmuştur.
- Toplam üretim maliyeti; üretilen parti miktarı ve parti sayısının çarpımı sonucunda başlangıç stoğu ile toplanarak birim üretim maliyeti ile çarpımı sonucu elde edilmiş ve toplam üretim maliyeti 25.125 TL olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Talep ve Üretim Süreci Simülasyon Modellerinin Akış Şeması (Flow Chart of Demand and Production Process Simulation Models)

Tablo 12. Doğal Çok Amaçlı Temizlik ve Doğal Sıvı Sabun Ürünlerinin Simülasyon Modelinde Kullanılan Veriler (Data Used in the Simulation Model of Natural Multi-Purpose Cleaning and Natural Liquid Soap Products)

Veri	Doğal Çok Amaçlı Temizlik Ürünü için Miktar	Doğal Sıvı Sabun Ürünü için Miktar
Müşteri Gelişleri Arasındaki Süresi	Random(Expo)(2) min	Random(Expo)(1,5) min
Hammaddelerin Gelişleri Arasındaki Süresi	Random(Expo)(5) min	Random(Expo)(5) min
Üretim Süresi	Üçgensel (Triangular) (1,5, 2,5, 3,5) h	Üçgensel (triangular) (2,5, 3,5, 4,5) h
Birim Üretim Maliyeti	2,5 TL/kg	2,5 TL/kg
Satış Fiyatı	23,6 TL/kg	8,26 TL/kg
Müşteri Başına Talep Miktarı	UNIF(10,15) kg	UNIF(10,15) kg
Başlangıç Stok Miktarı	50 (kg)	50 (kg)
Üretimin Başlaması İçin Yeniden Üretim (Sipariş) Noktası	1.000 (kg)	1.000 (kg)
Üretim Sonucunda Elde Edilen Miktar (Parti Büyüklüğü)	5.000 (kg)	5.000 (kg)
Üretim Sonucunda Ulaşılmaması	5.000 (kg)	5.000 (kg)
Hedeflenen Stok	5.000 (kg)	5.000 (kg)

Tablo 13. Üretimde Kullanılan Hammaddelerin Miktarı ve Birim Satın Alma Maliyeti (Verilen miktarlar üretime dahil olduğunda yaklaşık 1.000 kilogram ürün elde edilmektedir.) (Amount of Raw Materials Used in Production and Unit Purchase Cost (When the given quantities are included in the production, approximately 1,000 kilograms of product is obtained.))

Hammadde	Doğal Çok Amaçlı Temizlik Ürünü		Doğal Sıvı Sabun Ürünü	
	Miktar	Birim Satın Alma Maliyeti	Miktar	Birim Satın Alma Maliyeti
1	930 kg	1,4 TL/kg	866 kg	1,4 TL/kg
2	20 kg	10,5 TL/kg	80 kg	7 TL/kg
3	10 kg	7 TL/kg	15 kg	1,4 TL/kg
4	15 kg	2,1 TL/kg	15 kg	0,7 TL/kg
5	5 kg	0,21 TL/kg	2 kg	0,7 TL/kg
6	10 kg	0,154 TL/kg	30 kg	0,049 TL/kg
7	7 kg	1,4 TL/kg	0,6 kg	0,455 TL/kg
8	3 kg	7 TL/kg	1 kg	7 TL/kg
9	-	-	0,006 kg	7 TL/kg
10	-	-	5 kg	10,5 TL/kg

- Elde bulundurmama maliyeti ise kayıp satışlardan dolayı oluşan maliyet kalemidir. Birim satış fiyatı ile birim maliyet farkının, kayıp ürün miktarı ile çarpılması ile elde edilmektedir. Simülasyon sonucunda elde bulundurmama maliyeti, ortalama 14.508,74 TL olarak hesaplanmıştır.
- Toplam maliyet ise, toplam üretim maliyeti ile elde bulundurmama maliyetinin toplamıdır (toplam üretim maliyetine hammadde satın alma maliyeti dahil olduğu için toplam maliyete satın alma maliyeti eklenmemiştir). Toplam maliyet ise, ortalama 39.633,74 TL bulunmuştur.
- Toplam satış geliri karşılanan talep miktarı ile birim satış fiyatının çarpılması ile bulunmuştur. Toplam satış geliri ortalama 721.589,87 TL olmaktadır.

Simülasyon sonucunda doğal çok amaçlı temizlik ürünü (As) için aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Aylık müşteri sayısı 5.397 adet olarak bulunmuştur. Ortalama 12,4988 kg ürün talep edildiği görülmüştür. Dolayısıyla aylık talep 67.456,0236 kg'dır.
- Değişkenler kısmı incelediğinde karşılanan ortalama talep değerinin ortalama 32.827,00 kg, Aynı şekilde kayıp satış miktarı incelendiğinde ortalama değer 923,99 kg olduğu raporlanmıştır. Kayıp müşteri sayıları ise ortalama 73,8280 kişidir.
- Oluşturulan modelde üretim sonunda 5.000 kg ürün elde edilmektedir. Bir partide üretilen hammaddenin satın alma maliyeti 8.234,45 TL olarak bulunmuştur.
- Doğal çok amaçlı temizlik ürünü için toplam üretim maliyeti 25.125 TL olarak hesaplanmıştır.
- Simülasyon sonucunda elde bulundurmama maliyeti, ortalama 20.298,39 TL olarak hesaplanmıştır.
- Toplam maliyet ise ortalama 45.423,39 TL bulunmuştur.

- Toplam satış geliri ortalama 1.569.478,32 TL olmaktadır. Bir sonraki aşamada, kontrol edilebilir değişkenlerin (başlangıç stok miktarı, parti büyüklüğü, yeniden üretim (sipariş) noktası, hedef stok miktarı) toplam maliyeti ve kayıp satış miktarını azaltacak, toplam satış gelirini ise artıracak değerleri geliştirilen senaryolar ile araştırılmıştır. Process Analyzer eklentisi kontrol parametreleri kısmındaki değerlerin manuel olarak değiştirilmesine izin vermektedir. Senaryolar bu parametre değerlerinin değiştirilmesiyle çalıştırılmıştır. Buradaki amaç, değişkenlerin değerlerinin farklılaşmasının maliyet, satış ve kayıp üzerindeki etkisini incelemek ve işletme için en uygun olanı seçmektir.

Öncelikle üretim süreci modelinde bulunan değişkenlerin (başlangıç stoğu ve yeniden üretim (sipariş) noktası) çeşitli senaryolarla maliyetler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonrasında, parti büyüklüğü ve hedef stok seviyesi dahil edilerek en uygun çözümün bulunması amaçlanmıştır (Tablo 14, Tablo 15). Doğal sıvı sabun ürünü için kontrol edilebilir değişkenlerinin maliyet ve satış geliri üzerindeki etkisi birlikte incelenmiştir. Denenen senaryolar sonucunda, başlangıç stokunun 1.000 kg, yeniden üretim (sipariş) noktasının 1.000 kg, parti büyüklüğünün 4.000 kg, hedef stoğun 5.000 kg olduğu durumda en uygun çözüme ulaşıldığı görülmüştür. Bu değişkenler sisteme girildiğinde toplam maliyet ortalama 34.162,76 TL, satış gelirinin ortalama 728.732,64 TL, kayıp miktar değerinin 1.132,20 kg olduğu görülmektedir (Tablo 16). Doğal sıvı sabun ürünün de olduğu gibi doğal çok amaçlı temizlik ürünü için de toplam maliyet ve toplam satış geliri durumları birlikte gözlemlenerek uygun çözüm bulunmuştur; başlangıç stoğu 1.000 kg, yeniden üretim (sipariş) noktası 1.000 kg, parti büyüklüğü 2.000 kg, hedef stok 4.000 kg'dır. Bu değerler sisteme girildiğinde toplam maliyet ortalama 30.132,70 TL, satış geliri ortalama 1.591.855,90 TL, kayıp miktarı ortalama 113,14 kg olmaktadır (Tablo 17).

Tablo 14. Doğal Çok Amaçlı Temizlik Ürünü için Oluşturulan Senaryolar (Scenarios Created for Natural Multi-Purpose Cleaning Product)

Senaryolar	Başlangıç Stoğu	Yeniden Sipariş Noktası	Parti Boyutu	Hedef Stok	Toplam Maliyet	Toplam Satış Geliri	Kayıp Miktar
1	50	1.000	5.000	5.000	45.423,39	1.569.478,30	923,99
2	200	1.000	5.000	5.000	42.651,24	1.572.946,40	774,52
3	400	1.000	5.000	5.000	38.948,63	1.577.685,40	574,89
4	600	1.000	5.000	5.000	35.267,57	1.582.249,60	377,88
5	800	1.000	5.000	5.000	31.974,33	1.586.175,70	197,23
6	1.000	1.000	5.000	5.000	29.621,14	1.589.544,70	70,35
7	1.000	800	5.000	5.000	34.900,79	1.583.153,20	247,52
8	1.000	600	5.000	5.000	42.943,11	1.574.468,30	500,82
9	1.000	400	5.000	5.000	51.047,27	1.565.431,20	756,19
10	1.000	200	5.000	5.000	58.762,05	1.557.763,90	1.001,27
11	800	800	5.000	5.000	35.110,26	1.583.217,20	255,20
12	800	600	5.000	5.000	42.266,57	1.574.189,30	501,12
13	600	600	5.000	5.000	41.505,54	1.575.188,90	492,85
14	600	400	5.000	5.000	50.683,93	1.564.749,90	783,60
15	1.000	1.000	4.000	5.000	27.156,83	1.588.554,30	73,94
16	1.000	1.000	3.000	5.000	33.098,82	1.588.128,00	111,36
17	1.000	1.000	2.000	5.000	27.609,97	1.589.023,50	101,95
18	1.000	1.000	1.000	5.000	30.074,67	1.584.022,60	204,34
19	1.000	1.000	4.000	4.000	29.976,84	1.586.502,90	83,52
20	1.000	1.000	3.000	4.000	32.321,73	1.587.512,40	115,44
21	1.000	1.000	2.000	4.000	30.132,70	1.591.855,90	113,14
22	1.000	1.000	1.000	4.000	30.752,68	1.584.608,60	222,13
23	1.000	1.000	3.000	3.000	28.623,66	1.587.569,50	105,11
24	1.000	1.000	2.000	3.000	30.138,13	1.585.656,10	119,36
25	1.000	1.000	1.000	3.000	33.329,15	1.581.328,70	271,01
26	1.000	1.000	2.000	2.000	29.482,61	1.586.659,10	139,06
27	1.000	1.000	1.000	2.000	36.803,09	1.578.931,60	368,97
28	1.000	1.000	1.000	1.000	36.707,98	1.576.565,90	371,40

Tablo 15. Doğal Sıvı Sabun Ürünü için Oluşturulan Senaryolar (Scenarios Created for Natural Liquid Soap Products)

Senaryolar	Başlangıç Stoğu	Yeniden Sipariş Noktası	Parti Boyutu	Hedef Stok	Toplam Maliyet	Toplam Satış Geliri	Kayıp Miktar
1	50	1.000	5.000	5.000	39.633,73	721.589,87	2.040,97
2	200	1.000	5.000	5.000	39.141,69	722.833,23	1.890,62
3	400	1.000	5.000	5.000	38.509,59	724.525,32	1.692,26
4	600	1.000	5.000	5.000	37.847,23	726.207,54	1.492,82
5	800	1.000	5.000	5.000	37.174,62	727.922,63	1.292,79
6	1.000	1.000	5.000	5.000	36.540,48	729.506,73	1.096,66
7	1.000	800	5.000	5.000	38.968,06	725.739,86	1.394,19
8	1.000	600	5.000	5.000	40.858,87	722.523,38	1.613,08
9	800	800	5.000	5.000	38.176,44	726.226,21	1.364,63
10	600	800	5.000	5.000	38.852,45	724.531,59	1.564,93
11	600	600	5.000	5.000	40.136,15	722.721,12	1.657,00
12	400	800	5.000	5.000	39.531,07	722.898,41	1.765,66
13	200	800	5.000	5.000	40.187,04	721.193,46	1.965,69
14	400	600	5.000	5.000	40.738,52	721.169,16	1.852,20
15	200	600	5.000	5.000	41.372,52	719.590,79	2.050,72
16	1.000	1.000	4.000	5.000	34.162,76	728.732,64	1.132,20
17	1.000	1.000	3.000	5.000	40.492,39	723.857,11	1.322,07
18	1.000	1.000	2.000	5.000	35.756,06	727.217,65	1.186,87
19	1.000	1.000	1.000	5.000	236.643,90	424.615,67	19.107,60
20	1.000	1.000	4.000	4.000	39.864,00	722.999,69	1.236,61
21	1.000	1.000	3.000	4.000	40.411,92	724.505,84	1.390,48
22	1.000	1.000	2.000	4.000	38.637,59	723.936,37	1.360,20
23	1.000	1.000	1.000	4.000	236.643,90	424.615,67	19.107,60
24	1.000	1.000	3.000	3.000	38.556,82	724.695,12	1.500,66
25	1.000	1.000	2.000	3.000	40.209,91	720.526,09	1.596,87
26	1.000	1.000	1.000	3.000	236.643,90	424.615,67	19.107,60
27	1.000	1.000	2.000	2.000	41.690,01	717.871,59	1.653,33
28	1.000	1.000	1.000	2.000	236.643,90	424.615,67	19.107,60
29	1.000	1.000	1.000	1.000	236.643,90	424.615,67	19.107,60

Tablo 16. Doğal Sıvı Sabun Ürünü İçin Simülasyon Modelinin Başlangıç ve En Uygun Çözüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Comparison of Onset and Optimal Solution Values of the Simulation Model for Natural Liquid Soap Product)

	Değişken Adı	Başlangıç Çözümü	En Uygun Çözüm	Fark
Kontrol Edilebilir Değişkenler	Başlangıç Stok Miktarı	50 kg	1000 kg	
	Üretimin Başlaması İçin Yeniden Üretim (Sipariş) Noktası	1000 kg	1000 kg	
	Üretim Sonucunda Elde Edilen Miktar (Parti Büyüklüğü)	5000 kg	4000 kg	
	Üretim Sonucunda Ulaşılmaması Hedeflenen Stok	5000 kg	5000 kg	
Etki Değişkenleri	Ortalama Toplam Maliyet (üretim maliyeti ve elde bulundurmama maliyeti toplamı)	39.633,74 TL	34.162,76 TL	5.470,98 TL
	Ortalama Toplam Satış Geliri	721.589,87 TL	728.732,64 TL	7.142,77 TL
	Ortalama Kayıp Miktarı	2.040,97 kg	1.132,20 kg	908,77 kg

Tablo 17. Doğal Çok Amaçlı Temizlik Ürünü İçin Simülasyon Modelinin Başlangıç ve En Uygun Çözüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Comparison of Onset and Optimal Solution Values of the Simulation Model for Natural Multi-Purpose Cleaning Product)

	Değişken Adı	Başlangıç Çözümü	En Uygun Çözüm	Fark
Kontrol Edilebilir Değişkenler	Başlangıç Stok Miktarı	50 kg	1000 kg	
	Üretimin Başlaması İçin Yeniden Üretim (Sipariş) Noktası	1000 kg	1000 kg	
	Üretim Sonucunda Elde Edilen Miktar (Parti Büyüklüğü)	5000 kg	2000 kg	
	Üretim Sonucunda Ulaşılmaması Hedeflenen Stok	5000 kg	4000 kg	
Etki Değişkenleri	Ortalama Toplam Maliyet (Üretim Maliyeti ve Elde Bulundurmama Maliyeti Toplamı)	45.423,39 TL	30.132,70 TL	15.290,69 TL
	Ortalama Toplam Satış Geliri	1.569.478,32 TL	1.591.855,90 TL	22.377,58 TL
	Ortalama Kayıp Miktarı	923,99 kg	113,14 kg	810,85 kg

Doğal çok amaçlı temizlik (A_8) ve sıvı sabun (A_{10}) ürünleri için oluşturulan simülasyon modeli ve senaryolar sonucunda, doğal çok amaçlı temizlik ürününün satış geliri ortalama 1.591.855,90 TL ve toplam maliyeti (elde bulundurmama ve üretim maliyeti toplamı) 30.132,70 TL olarak, doğal sıvı sabun ürününün ise satış geliri ortalama 728.732,64 TL, toplam maliyeti ortalama 34.162,76 TL olarak hesaplanmıştır. ÇKKV yöntemleri en uygun seçimin, doğal sıvı sabun olduğunu göstermiş olsa da simülasyon sonuçlarına göre nihai seçim aşamasında firmaya ürün karmasına eklenecek yeni ürün olarak doğal çok amaçlı temizlik ürünü (A_8) önerilmiştir. Bunun nedeni, doğal çok amaçlı temizlik ürününün sıvı sabuna göre satış gelirinin daha yüksek ve belirlenen maliyet kalemlerine göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

5. Sonuçlar (Conclusions)

Müşteri istek ve taleplerinin sürekli değişkenlik gösterdiği günümüz rekabet ortamında firma yönetiminin bu beklentileri karşılamak için alması gereken önemli kararlardan biri de ürün karmasına dahil edilecek yeni ürün ya da ürünlerin seçimidir. Bu kararları verebilmek için birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir. Bunlar arasında, dahil edilecek ürünün üretim süreci, maliyetleri, satış miktarı gibi faktörler yer almaktadır. Bunlara ek olarak, üretim sürecindeki stok seviyesinin, üretim miktarının, yeniden üretim noktasının belirlenmesi de gerekebilmektedir.

Bu çalışmada, işletmeler için stratejik bir karar olan ürün karmasına yeni bir ürünün dahil edilmesi problemi için çözüm yöntemi sunulmuştur. Uygulamada, kozmetik ve temizlik ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın ürün karmasına ekleyeceği doğal ürünün seçim probleminde çözüm aranmıştır. İki aşamalı uygulanan çözüm sürecinin ilk aşamasında AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak ön seçim yapılmıştır. İkinci aşamada ise ön seçimde belirlenen iki

alternatif ürün önerilen simülasyon modeli ile değerlendirilerek nihai seçim yapılmıştır.

Önerilen simülasyon modelinin başlangıç çözümünü geliştirecek parametre değerleri de geliştirilen senaryolarla belirlenmeye çalışılmıştır. Burada, Arena Rockwell programının Process Analyzer eklentisi kullanılarak kontrol edilebilir değişkenlerin (başlangıç stok miktarı, parti büyüklüğü, yeniden üretim (sipariş) noktası, hedef stok miktarı) toplam maliyeti ve kayıp satış miktarını azaltacak, satış miktarını ise artıracak değerleri tespit edilmiştir. Bu analiz ile seçilen ürün için uygun parametre değerleri de belirlenmiştir.

Ön seçim aşamasında ilk iki sırayı sırasıyla doğal sıvı sabun ve doğal çok amaçlı temizlik ürünü almıştır. Nihai seçim aşamasında ise firmaya satış geliri ve maliyet avantajı nedeniyle ürün karmasına doğal çok amaçlı temizlik ürününü katması önerilmiştir. Simülasyon modelinin başlangıç çözümünde senaryo analizlerinin sonucunda da doğal çok amaçlı temizlik ürününün tercih edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan senaryo analizleri maliyet ve kayıp miktarlarını azaltıp satış gelirlerini artırıcı değişken değerlerinin bulunmasına katkı sağlarken nihai tercihin değişimine etki etmemiştir. Bununla birlikte, farklı ürünlerin karşılaştırılmasında senaryo analizleri bulgularının nihai seçimi etkileyebileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan alternatif ürünlerin özellikle talep süreçlerine ilişkin gözlem yapma imkânı olmadığından firma yönetimi ve uzmanlarının deneyimlerine dayalı olarak varsayımlar yapılmış ve modele girilmiştir. Bu durum çalışmanın kısıtını da oluşturmaktadır. Bu kısıtın giderilmesinde başvurulabilecek yöntemlerden biri benzer süreçleri işleten bir firmada süreçlerin gözlemlenmesi ve toplanan verilerin analiz edilmesidir. Böylece veriyeye dayalı olasılık dağılımlarının tespiti ve modele tanıtılması ile modelin çözüm gücü artırılabilir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve alternatiflerin sıralamasında ise AHP ve TOPSIS yöntemlerinden

yararlanılmıştır. Farklı ÇKKV yöntemlerinin kullanılması durumunda kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin sıralamasının değişmesi muhtemeldir. Simülasyon modelinin uygulama kapsamı sıralamada ilk ikide yer alan alternatifler ile sınırlanmıştır. Diğer alternatifler için de simülasyon modeli çalıştırılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Çalışmanın kısıtlarını oluşturan tüm bu hususlar aynı zamanda çalışmanın geliştirilebilir yönlerine de işaret etmektedir. Bu çalışmada, çalışmanın kısıtları ve varsayımları altında elde edilen en uygun çözüm önerilmiştir. Çalışmanın geliştirilerek varsayım ve kısıtların azaltılması/değiştirilmesi durumunda farklı çözüm değerleri elde edilebilecektir.

Etik Standartlara Uygunluk: Firmadan çalışma için izin alınmıştır. Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar (References)

- Kaya, N., Stok Yönetimi, İksad Publisher, Ankara, 2020.
- Bozyiğit, S., Kılınç Doğan, G., The Marketing Problems of Natural and Organic Product Producers in Turkey: An Exploratory Study, Afyon Kocatepe University Journal of Economics and Administrative Sciences, 17 (2), 33-47, 2015.
- Uludağ, A. S., Doğan, H., A., Service Quality Application Focusing on the Comparison of Multi-Criteria Decision Making Methods, Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences, 6 (2), 17-48, 2016.
- Roy, B., Multicriteria Methodology for Decision Aiding, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1996.
- Mostafa, A. M., An MCDM Approach for Cloud Computing Service Selection Based on Best-Only Method, In IEEE Access, 9, 155072-155086, 2021.
- Li, S. M., Chan, F. T., Tsang, Y. P., Lam, H. Y., New Product Idea Selection in the Fuzzy Front End of Innovation: A Fuzzy Best-Worst Method and Group Decision-Making Process, Mathematics, 9 (4), 337, 2021.
- Goswami, S. S. S., Behera, D. K. K., Afzal, A., Razak Kaladgi, A., Khan, S. A. A., Rajendran, P., Asif, M., Analysis of a Robot Selection Problem Using Two Newly Developed Hybrid MCDM Models of TOPSIS-ARAS and COPRAS-ARAS. Symmetry, 13 (8), 1331, 2021.
- Chawla, S., Singari, R. M., Integrated TOPSIS-PROMETHEE-MOORA model for material selection of crankcase cover, Indian Journal of Engineering and Materials Sciences (IJEMS), 28 (5), 454-461, 2021.
- Ardil, C. Fighter Aircraft Selection Using Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution with Multiple Criteria Decision Making Analysis, International Journal of Transport and Vehicle Engineering, 13 (10), 649-657, 2021.
- Ransikarbum, K., Khamhong, P., Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution for Additive Manufacturing Printer Selection. Journal of Materials Engineering and Performance, 30 (9), 6481-6492, 2021.
- Agrawal, R. Sustainable material selection for additive manufacturing technologies: A critical analysis of rank reversal approach, Journal of Cleaner Production, 296, 126500, 2021.
- Nasution, N., Febriadi, B., Mahalisa, G., Hijriana, N., Rasyidan, M., Sinaga, D. M., Dewi, S. M., Windarto, A. P., Aswan, N., Raharjo, M. R., Application of ELECTRE Algorithm in Skincare Product Selection, In Journal of Physics: Conference Series IOP Publishing, 1471 (1), 012066, 2020.
- Karmarkar, A. U., Gilke, N. R., An application of AHP for parameter importance evaluation for farm machinery selection, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering IOP Publishing, 810 (1), 012022, 2020.
- Kumar, R., Bhattacharjee, A., Singh, A. D., Singh, S., Pruncu, C. I. Selection of portable hard disk drive based upon weighted aggregated sum product assessment method: A case of Indian market, Measurement and Control, 53 (7-8), 1218-1230, 2020.
- Yörükoğlu, M., Aydın, S., Wind turbine selection by using MULTIMOORA method, Energy Systems, 12 (4), 863-876, 2020.
- Durmaz K.İ., Gencer C., A new plugin based on JSMAA: SWARA-JSMAA and aerobatic aircraft selection, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (3), 1487-1498, 2020.
- Koç Ustalı, N., Tosun, N., New Product Selection with Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS Methods, Studies on Marketing Insights, 3 (2), 25-34, 2019.
- Wu, C., Zhang, Z., Zhong, W., A Group Decision-Making Approach Based on DST and AHP for New Product Selection Under Epistemic Uncertainty, Mathematical Problems in Engineering, 1-16, 2019.
- Kusakci, A. O., A Decision Support System for Product Selection Using Hybridized Fuzzy-AHP TOPSIS Methods, International Journal of Engineering Research and Development, 11 (1), 99-108, 2019.
- Atalay, K.D., Can, G.F., A New Hybrid Intuitionistic Approach for New Product Selection, Soft Comput 22 (8), 2633-2640, 2018.
- Karadağ, İ., Kılıç Delice, E., A New Fuzzy Hybrid Medm-Zogp Approach for Product Selection Problem: A Case Study Of The Optical Fiber Cable, International Journal of Industrial Engineering, 25 (4), 507-525, 2018.
- Adalı, E. A., Işık, A. T., The multi-objective decision making methods based on MULTIMOORA and MOOSRA for the laptop selection problem, Journal of Industrial Engineering International, 13 (2), 229-237, 2017.
- Elahi, F., Muqtadir, A., Anam, S., Mustafiz, K., Pharmaceutical Product Selection: Application of AHP, International Journal of Business and Management, 12 (8), 193-200, 2017.
- Özceylan, E., Kabak, M., Dağdeviren, M. A fuzzy-based decision making procedure for machine selection problem, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 30 (3), 1841-1856, 2016.
- Hanine, M., Boukhoum, O., Tikniouine, A., Agouti, T., Application of an integrated multi-criteria decision making AHP-TOPSIS methodology for ETL software selection, SpringerPlus, 5 (1), 1-17, 2016.
- Efe, B., Boran, F., Kurt, M., Ergonomic Product Concept Selection Using Intuitionistic Fuzzy Tops is Method, Suleyman Demirel University Journal of Engineering Sciences and Design, 3 (3), 433-440, 2015.
- Yan, H. B., Ma T., A Fuzzy Group Decision Making Approach to New Product Concept Screening At The Fuzzy Front End, International Journal of Production Research, 53 (13), 4021-4049, 2015.
- Ertuğrul, İ., Özçil, A., Air Conditioner Selection with TOPSIS and VIKOR Methods in Multi Criteria Decision Making, Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences, 4 (1), 267-282, 2014.
- Song, W., Ming X., Wu, Z., An Integrated Rough Number-Based Approach to Design Concept Evaluation Under Subjective Environments, Journal of Engineering Design, 24 (5), 320-341, 2013.
- Ishizaka, A., Labib, A., Selection of new production facilities with the Group Analytic Hierarchy Process Ordering method, Expert Systems with Applications, 38 (6), 7317-7325, 2011.
- Ertuğrul, İ., Anrıverdi, Y. ABC Method for Stock Controls and the Application of the AHP Analysis to Yarn Company, International Journal of Alanya Faculty of Business, 5 (1), 41-52, 2013.
- Sarmah, S. P., Moharana, U. C., Multi-criteria classification of spare parts inventories—a web based approach, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 21 (4), 456-477, 2015.
- Noorul Haq, A., Kannan, G. Design of an integrated supplier selection and multi-echelon distribution inventory model in a built-to-order supply chain environment, International Journal of Production Research, 44 (10), 1963-1985, 2006.
- Topçu, Ö. M., Capacity Analysis with Simulation For Continuous Production Lines And Buffer Allocation. Master Thesis, Istanbul Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, İstanbul, 2015.
- Çelikkan, Ş., Simulation-Optimization Approach Based On Multicriteria Decision Making Methods in Spare Parts Inventory Management, Master Thesis, Cukurova University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Adana, 2019.
- Mitrović, M., Popović, D., Vidović, M., Radivojević, G., Order Level Optimization in Inventory Management Using Arena Simulation Model, International journal for Traffic and Transport Engineering, 11 (2), 25, 2021.
- Arani, M., Abdolmaleki, S., Maleki, M., Momenitabar, M., Liu, X., A simulation-optimization technique for service level analysis in conjunction with reorder point estimation and lead-time consideration: A case study in sea port, In: Advances in Parallel & Distributed Processing, and Applications: Proceedings from PDPTA'20, CSC'20, MSV'20, and GCC'20. Springer International Publishing, 839-858, 2021.

38. Özcan, B., Yıldırak, E. A Simulation Study on a Production System, *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 4 (2), 172-186, 2020.
39. Arat, B., An Application in Stock Control and Melting Cheese Industry, Master Thesis, Marmara University Institute of Social Sciences, İstanbul, 2020.
40. Aslantaş, M., Simulation based optimization of stock control parameters in a transformer company, Master Thesis, Balıkesir University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Balıkesir, 2019.
41. Kim, J. A., Jeong, J., Simulation Evaluation for Efficient Inventory Management Based on Demand Forecast, In *International Conference on Computational Science and Its Applications – ICCSA*, 10960, 639-650, 2018.
42. Göçken, M., Boru, A., Dosdoğru, A. T. Analyzing Inventory Control and Supplier Selection Simultaneously in Two Echelon Supply Chain by Using Optimization via Simulation Approach, *Karalmas Science and Engineering Journal*, 8 (1), 1-10, 2017.
43. Doğan, İ., Tekkeşin, A., Kara, A., Supply Chain Modelling of Perishable Products and Simulation Study. *Nevşehir Journal of Science and Technology*, 6 (2), 605-618., 2017.
44. Persson, F., Axelsson, M., Edlund, F., Lanshed, C., Lindström, A., Persson, F., Using simulation to determine the safety stock level for intermittent demand, *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference (WSC)*, IEEE Press, 3768-3779, 2017.
45. Duong, L. N., Wood, L. C., Wang, W. Y., A multi-criteria inventory management system for perishable & substitutable products, *Procedia Manufacturing*, 2, 66-76, 2015.
46. İlhan, İ., An application of stock optimization with selection of quantitative demand forecasting methods in supply chain management, Master Thesis Maltepe University Graduate School of Natural and Applied Sciences, İstanbul, 2015.
47. Sarıaslan, H., Uysal, E. Stok Kontrol Sistemlerinde Simülasyon Tekniği: Demir Export AŞ Kangal Kömür İşletmesi Örnek Uygulaması, *Ankara University SBF Journal* 48 (01), 2014.
48. Guerrin, F. Simulation Of Stock Control Policies İn A Two-Stage Production System: Application To Pig Slurry Management İnvolving Multiple Farms, *Computers and Electronics in Agriculture* 45 (1-3), 27-50, 2004.
49. Vieira, G. E., Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena, In *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, IEEE Press, 1418-1427, 2004.
50. Kurt, M., Erol, R., Analysis of price-discounted stochastic inventory policies for perishable items using simulation, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering*, 12 (1-2), 37-42, 1997.
51. Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayannakis L, Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method, *Computers and Operation Research*, 22 (7), 763-770, 1995.
52. Galik, A.; Bık, M.; Bałandynowicz-Panfil, K.; Cirella, G.T., Evaluating Labour Market Flexibility Using the TOPSIS Method: Sustainable Industrial Relations. *Sustainability*, 14, 526, 2022.
53. Saaty, R. W., The analytic hierarchy process-what it is and how it is used, *Mathematical modelling*, 9 (3-5), 161-176, 1987.
54. Yıldız A., Ayyıldız E., Taşkın A., Özkan C., Evaluation of quality expectations for intercity bus firms by interval type-2 trapezoidal fuzzy AHP and firm selection, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37 (2), 757-770, 2022.
55. Ömürbek, N., Tunca, M. Z., A Case Study On Group Decision Making Stage In Analytic Hierarchy Process And Analytic Network Process Methods, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 18 (3), 47-70, 2013.
56. Saaty, T. L. Relative Measurement And Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons Are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors the Analytic Hierarchy/Network Process, *RACSAM-Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales, Serie A. Matematicas*, 102 (2), 251-318, 2008.
57. Manap, G., Tourism Centre Selection with Analytic Hierarchy Process Abstract, *Gazi University Journal of Commerce and Tourism Education Faculty*, 2, 157-170, 2006.
58. Dağdeviren, M., Diyar, A., Mustafa, K., Analytical Hierarchy Process for Job Evaluation and Application, *Gazi University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 19 (2), 131-138, 2004.
59. Palaz, D., Hakan, U., Kovancı, A., Evaluate The Selection of Turkish Navy Submarines By Using Ahp, *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3 (3), 53-60, 2008.
60. Timor M., Analitik Hiyeleşme Prosesi, *Türkmen Bookstore*, İstanbul, 2011.
61. Hwang, C.L., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1981.
62. Dymova, L., Sevastjanov, P., Tikhonenko, A., A direct interval extension of TOPSIS method, *Expert Systems with Applications*, 40 (12), 4841-4847, 2013.
63. Erdemir N., Ozturk F., Kaya G. K., Inte-grated Decision Support Model for Performance Evaluation of Public Staff: Using AHP and Fuzzy TOPSIS, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37 (4), 1809-1821, 2022.
64. Dymova, L., Sevastjanov, P., Tikhonenko, A., An approach to generalization of fuzzy TOPSIS method, *Information Sciences*, 238, 149-162, 2013.
65. Özdemir, A., İşletmelerde Karar Verme Teknikleri, T.R. Anadolu University Publication No: 3355, *Open Education Faculty Publication* No: 2210, Eskişehir, 2019.
66. Tsaur, R. C., Decision risk analysis for an interval TOPSIS method, *Applied Mathematics and Computation*, 218 (8), 4295-4304, 2011.
67. Özgüner, Z., Özgüner, M., Analysis of Supplier Evaluation and Selection Problem with Integrated Entropi-Topsis Methods, *İstanbul Ticaret University Journal of Social Sciences*, 19 (37), 551-56, 2019.
68. Altıok, T., Melamed, B., *Simulation Modeling and Analysis with ARENA*, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2007.
69. Sarıaslan, H., *Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi*, Siyasal Bookstore, Ankara, 2014.
70. Kahya, A. F., Analysis of waiting times with queue model and labor planning: An application for a dentistry hospital, Master Thesis, Akdeniz University Institute of Social Sciences, Antalya, 2019.
71. Ersöz, F., *Benzetim ve Modelleme- Simülasyon- Model Kurma- Sistem Simülasyonu*, 3rd Edition, Seçkin Publisher, Ankara, 2021.
72. Yıldırım, A. E., Investigation of Marketing Components Affecting the Evaluation of Female Consumers About Organic Cosmetic Products, *Journal of Business Research-Turk*, 12 (3), 3225-3245, 2020.

