

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAGUCHI METODU AĞIRLIKLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİYLE TESİS YERİ SEÇİMİ**

Zeynel KARABACAK

**Danışman
Doç. Dr. Erdal AYDEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2024**



© 2024 [Zeynel KARABACAK]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL YÖNTEM.....	11
3.1. Kalite ve Deney Tasarımı.....	11
3.1.1. Kalite kavramı.....	11
3.1.2. Gürbüz (robust) tasarım.....	13
3.1.3. Deney tasarımı.....	14
3.1.3.1. Tek faktöriyel deneyler.....	17
3.1.3.2. Tam faktöriyel deneyler (klasik yöntem)	17
3.1.3.3. Taguchi deney tasarımı.....	18
3.1.4. İdeal sistem ve gerçek sistem	19
3.2. Taguchi Yöntemi	21
3.2.1. Sistem tasarımı.....	21
3.2.2. Parametre tasarımı.....	22
3.2.3. Tolerans tasarımı	24
3.2.4. Taguchi kayıp fonksiyonu	25
3.3. Çok Kriterli Karar Verme.....	26
3.3.1. TOPSIS yöntemi.....	27
3.3.2. VIKOR yöntemi	31
3.3.3. COPRAS yöntemi.....	34
3.3.4. Önerilen baskın çözüm yöntemi	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
4.1. Taguchi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma.....	40
4.2. TOPSIS Yöntemi ile Çözüm.....	45
4.3. VIKOR Yöntemi ile Çözüm	49
4.4. COPRAS Yöntemi ile Çözüm.....	51
4.5. Baskın Çözüm Yöntemi ile Çözüm.....	54
4.6. Sonuçların Karşılaştırılması	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAGUCHI METODU AĞIRLIKLIL ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE TESİS YERİ SEÇİMİ

Zeynel KARABACAK

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Erdal AYDEMİR

Bu tez çalışması, bir süpermarket zincirinin yeni market yeri seçimi problemini ele almaktadır. Tesis yeri seçimi sürecinde, yeni şubenin kurulacağı alanın büyüklüğü, otopark kapasitesi, işletme çevresinin nüfus yoğunluğu ve çevredeki rakip işletme sayısı olmak üzere dört önemli kriter işletme yönetimi tarafından belirlenmiştir. İşletmenin 12 alternatif marketi için tasarlanan bu çok kriterli karar verme problemi, işletme yöneticilerinin belirlediği kriter ağırlıkları ve bu tez çalışmasında önerilen Taguchi metodu ile elde edilen kriterlerin önem ağırlıkları kullanılmıştır. Daha sonra TOPSIS, VIKOR ve COPRAS çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözüm aranmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve nihai kararın elde edilmesi için önerilen yeni bir baskın çözüm yaklaşımı bu tez çalışmasıyla sunulmuştur.

Tez çalışması ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde; Taguchi yöntemi ile elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarına göre, en önemli faktörün %46,90'lık bir ağırlıkla çevredeki rakip işletme sayısı olduğunu göstermektedir. Onu takip eden faktör ise %41,77'lik bir ağırlıkla yeni işyerinin çevresindeki nüfus miktarıdır. Diğer iki faktörün ağırlıkları ise; yeni işyerinin büyüklüğü %6,88 ve otopark kapasitesi %4,43 olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde ise; incelenen karar verme problemi için TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde her iki ağırlıklandırma sisteminde ve COPRAS yönteminde ise işletme görüşü ağırlıklandırma 2 nolu alternatif seçimi önerilirken, Taguchi izafi ağırlıklandırma sisteminde 12 nolu alternatif ilk sırada önerilmiştir. Aynı yöntemde 2 nolu alternatif ise ikinci sırada gelmektedir. Farklı yöntem sonuçlarından nihai bir karar elde edebilmek için önerilen değişken ağırlıklı baskın çözüm yaklaşımında ise her iki ağırlıklandırma sisteminde 2 nolu alternatif ilk sırada önerilmektedir.

Sonuç olarak; bu tez çalışmasında önerilen ve geliştirilen, Taguchi metodu ile izafi ağırlıkların belirlenmesi yaklaşımının alternatif bir ağırlık belirleme yöntemi olarak kullanılabileceği ve nihai kararın verilmesi sürecinde çok kriterli karar

verme problemleri için önerilen değişken baskın çözüm yönteminin kullanılabilir yeni bir yöntem olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ele alınan yeni market seçim problemi için sayısal çözümler detaylıca verilmiş ve önerilen yaklaşımların etkinliği de gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taguchi metodu, TOPSIS, VIKOR, COPRAS, tesis yeri seçimi, baskın çözüm yaklaşımı

2024, 69 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

TAGUCHI METHOD WEIGHTED MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS FOR FACILITY LOCATION SELECTION

Zeynel KARABACAK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdal AYDEMİR

This thesis focuses on the problem of selecting a new location for a supermarket chain using the Taguchi method weighted multi-criteria decision-making methods. In the facility location selection process, four crucial criteria determined by the management of the business are the size of the area where the new branch will be established, parking capacity, population density in the business environment, and the number of competing businesses in the vicinity. A multi-criteria decision-making problem is designed for 12 alternative markets of the business, utilizes the criteria weights set by the management and the importance weights obtained through the Taguchi method proposed in this thesis. Subsequently, the TOPSIS, VIKOR, and COPRAS multi-criteria decision-making methods are employed for solution. A new dominant solution approach is proposed in this thesis for evaluating the results obtained from multi-criteria decision-making methods and reaching the final decision.

When the results obtained from the thesis study are examined; according to the weighting results obtained with the Taguchi method, it is shown that the most important factor is the number of rival businesses in the environment with a weight of 46.90%. The next factor is the population around the new business with a weight of 41.77%. The weights of the other two factors are determined as follows; the size of the new business is 6.88% and the parking capacity is 4.43%. In the evaluation of alternatives; in both weighting systems in TOPSIS and VIKOR methods and in the COPRAS method, while alternative 2 is proposed as the business opinion weighting in the decision-making problem examined, alternative 12 is recommended as the first choice in the Taguchi relative weighting system. The alternative 2 in the same method comes in second place. In the recommended variable-weighted dominant solution approach to obtain a final decision from different method results, alternative 2 is recommended as the first choice in both weighting systems.

In conclusion; it has been reached that the approach of determining relative weights with the Taguchi method proposed and developed in this thesis study can be used as an alternative weighting determination method, and the proposed variable dominant solution method recommended for multi-criteria decision-

making problems in the process of making the final decision will be a new method that can be used. Detailed numerical solutions have been provided for the new market selection problem addressed, and the effectiveness of the proposed approaches has also been demonstrated.

Key words: Taguchi method, TOPSIS, VIKOR, COPRAS facility location, dominant solution approach

2024, 69 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Erdal AYDEMİR'e SDÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik personellerine çalışmalarım sırasında sabır gösterip bana destek olan eşim Melek KARABACAK'a, çalışma süresinde desteklerini esirgemeyen Kapriss Mobilya çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Zeynel KARABACAK
ISPARTA, 2024



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Sistem veya sürecin genel yapısı.....	16
Şekil 3.2. İdeal sistem tasarımı temel görünümü.....	20
Şekil 3.3. Gerçek sistem tasarımı temel görünümü.....	20
Şekil 3.4. Tasarımın üç aşaması.....	21
Şekil 3.5. Geleneksel yöntem ve Taguchi kayıp fonksiyonu.....	26
Şekil 4.1. S/N için sonuç tablosu.....	44



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Süreç içi ve süreç dışı kalite.....	12
Çizelge 3.2. Tek faktöriyel deney tasarımı.....	17
Çizelge 3.3. Tam faktöriyel deney tasarımı.....	18
Çizelge 3.4. Taguchi yöntemi ile deney seti.....	19
Çizelge 3.5. Ortogonal dizi seçim tablosu.....	24
Çizelge 4.1. Alternatif süpermarket bilgileri.....	40
Çizelge 4.2. İşletme yönetimi kriter ağırlıkları.....	40
Çizelge 4.3. Faktörler ve Seviyeleri.....	41
Çizelge 4.4. L ₉ Taguchi deney tasarımı.....	41
Çizelge 4.5. Karlılık ve S/N oranları.....	42
Çizelge 4.6. Varyans analizi tablosu.....	43
Çizelge 4.7. Taguchi metodu ile en iyi faktör seviyeleri.....	44
Çizelge 4.8. TOPSIS yöntemi karar matrisi.....	45
Çizelge 4.9. TOPSIS yöntemi standart karar matrisi.....	46
Çizelge 4.10. TOPSIS yöntemi ağırlıklı standart karar matrisi.....	47
Çizelge 4.11. Kriterlerin ağırlıkları.....	47
Çizelge 4.12. TOPSIS yöntemi ideal çözüme göre yakınlık katsayısı.....	48
Çizelge 4.13. TOPSIS yöntemi çözüm sıralaması.....	49
Çizelge 4.14. VIKOR yöntemi en iyi, en kötü değerler ve ağırlık katsayıları.....	49
Çizelge 4.15. VIKOR yöntemi S _j , R _j ve Q _j değerleri.....	50
Çizelge 4.16. VIKOR yöntemi ideal çözüm.....	51
Çizelge 4.17. COPRAS yöntemi normalize karar matrisi.....	52
Çizelge 4.18. Kriterlerin ağırlıkları.....	52
Çizelge 4.19. COPRAS yöntemi ideal çözüm.....	53
Çizelge 4.20. COPRAS yöntemi işletme görüşü ve Taguchi izafi ağırlık çözüm.....	54
Çizelge 4.21. Baskın çözüm karar matrisi.....	55
Çizelge 4.22. Baskın çözüm kriterleri.....	55
Çizelge 4.23. Baskın çözüm ağırlıklandırılmış çözüm matrisi.....	56
Çizelge 4.24. Baskın çözüm sıralanmış ideal çözüm.....	57
Çizelge 4.25. Yöntem sonuçlarının karşılaştırılması.....	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Karar matrisi
a_i	Katsayı
ASS	Alt spesifikasyon sınırı
C	İdeal çözüme göreli yakınlık
COPRAS	Complex Proportional Assessment : Karmaşık Orantılı Değerlendirme
C_1	Kabul edilebilir avantaj
C_2	Kabul edilebilir istikrar
F^*	En iyi değer
F^-	En kötü değer
k	Sapmayı paraya çeviren katsayı
L	Parasal olarak oluşan kayıp
m	Hedef değer
m^2	metrekare
Min	En küçük değer (minimum)
Max	En büyük değer (maksimum)
N	Gürültü
R	Standart Karar Matrisi
S	İdeal çözüm kümesi
S	Sinyal
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution: İdeal Çözüm İçin Benzerlikleri Dikkate Alan Sıralama Tekniği
ÜSS	Üst spesifikasyon sınırı
V	Ağırlıklandırılmış karar matrisi
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Hırvatça): Çok Kriterli Eniyileme Yaklaşımı
W	Ağırlık değeri
X	Girdi
Y	Çıktı
y	Değişken değeri
₺	Türk Lirası

1.GİRİŞ

Perakendecilik; malların, ürünlerin, toplu olarak değil de tek tek satılmasına yönelik geliştirilmiş bir pazarlama girişimidir. Diğer bir tanımlamayla son tüketiciye ihtiyaç duyduğu mal ve hizmeti mevcut pazarlama şartlarıyla götüren işletmelere perakende işletmeleri denir. Perakende işletmeleri kâr amacı güden kuruluşlardır. Hal böyleyken perakende özellikle market perakendeciliğinde sükse devamlı değişmektedir. Perakende satışın küresel piyasada artışıyla, tanınmasıyla, birlikte marketçiliğin, mahalle bakkallarının yerini perakende olarak daha güçlü yapısıyla süpermarketler ve daha sonrasında süpermarket zincirleri almıştır. Süpermarket zincirlerinin, toptan alımların yurt geneline yayılmış şube sayısının yüksek olması daha düşük maliyetle ürün alımı yapmasına olanak sağlar. Böylelikle girdi maliyetleri düşer ve fiyatlama hususunda esneklikleri yüksek olur. Günümüz tüketicisinin daha iyi bir hizmeti, ürünü daha düşük fiyatlamayla almak istemesi market zincirlerinin de rekabet üstünlüğü, bakkal perakendeciliğini bitme noktasına kadar getirmiştir (Gülçubuk, 2008).

Süpermarket zincirlerinin çoğalması beraberinde yeni karar mekanizmalarını doğurmuş, en yüksek karlılık ve en çok müşteri bağlılığını daha iyi nasıl sağlamanın sorularına cevap aramaya yönlendirmiştir. Perakende işletmeler için mağaza yeri seçimi ilk basamakta verilmesi gereken kararlardandır. Rekabetin artması ile işletmeler minimum karlarla maksimum başarı elde etme çabası içine girmektedirler. Bunu gerçekleştirebilmeleri için de tesis yeri seçimine karar vermek önem arz etmektedir. Yeni işletmelerin nereye kurulacağı, malzeme tedarikinin en az maliyetle nasıl yapılacağı ve en çok satışı nerede yapılacağı önemli konulardır. İşletme giderlerini azaltıp satış miktarını artırabilmek sektördeki bir işletme için en önemli başarı kriterleridir. Ne de olsa müşteriler ürün fiyatının ucuz olmasının yanında kolay ulaşılır olmasını tercih etmektedir (Arık vd., 2012). Bu tez çalışmasının temelinde de yukardaki soruların cevaplarını en verimli tesis yeri seçimi ve buna etki eden kriterlerde araştırılmaktadır.

Zincir marketler için yeni şube yerinin nereye açılacağı stratejik düzeyde verilecek ilk karardır. Bu kararı verirken aceleci davranmak en fazla müşteri bağlılığını kazanmakla sonuçlanabilmektedir. Ancak uygun kuruluş yerine karar verme sürecinin uzun sürmesi ve yatırım kararının gecikmesiyle müşteriler rakip işletmelere kaptırılabilenmekte, aynı mevki de başka alternatiflere yönelme kararı verilse bile mevcut nüfusun müşteri bağlılığı rakip işletmelere kayabilmektedir. İşletme ile yapılan görüşmelerde karar verme sürecinde en çok kullanılan ve çalışma da detaylı olarak ele alınan başlıca dört kriter aşağıda sıralanmıştır;

- Yeni şubenin kurulacağı alanın büyüklüğü
- Yeni şubenin otopark alanı
- İşletme çevresinin nüfus yoğunluğu
- Çevrede yer alan rakip sayısı.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde kaynak özetleri bilimsel yazından seçilerek sunulmuştur. Taguchi, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution: İdeal Çözüm İçin Benzerlikleri Dikkate Alan Sıralama Tekniği), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Hırvatça): Çok Kriterli Eniyileme Yaklaşımı) yöntemleri COPRAS (Complex Proportional Assessment: Karmaşık Orantılı Değerlendirme) ve tesis yeri seçimleri ile ilgili kaynaklar irdelenmiştir.

Bu tez çalışmasının üçüncü bölümünde de Taguchi yöntemi, TOPSIS, VIKOR, COPRAS ve önerilen baskın çözüm yöntemleri detaylıca anlatılmıştır

Dördüncü bölümde ise araştırma bulguları ayrı ayrı ve karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Son bölümde ise; Taguchi yöntemi ile önerilen yeni ağırlıklandırma yöntemi ve önerilen yeni baskın çözüm yaklaşımın etkileri tartışılmış ve gelecek araştırma fırsatlarına değinilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışmanın bu bölümünde Taguchi, TOPSIS, VIKOR, COPRAS ve Perakende sektöründeki işletmelerle alakalı son yıllarda yapılmış çalışmaların kaynak özetlerine yer verilmiştir. Bilimse Yazında, Taguchi yönteminin tesis yeri seçiminde kullanılması ile ilgili kaynağa rastlanmamıştır.

Küçük ve Ecer (2007), bulanık TOPSIS kullanarak tedarikçilerin değerlendirmesinde kullanımı üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarını Erzurum'da bir uygulama yaparak tamamlamışlardır. Tedarikçiden son kullanıcıya kadar olan tedarik zincirinin optimizasyonu için performans kriterleri belirlemiş ve bu kriterleri kullanarak optimum tedarikçiyi TOPSIS kullanarak seçmişlerdir. Bu çalışmayla TOPSIS yönteminin tedarikçi seçiminde kullanılabileceğini de göstermişlerdir.

Ertuğrul ve Özçil (2014), çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanarak klima seçim sürecini modellemişlerdir. Klima tercihleri arasında seçim yapma problemine cevap ararken çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak verilen kararın doğruluğu ve kullanılan yöntemler de değerlendirilmiştir.

Balaji vd. (2021), çalışmalarında su jeti ile 304 paslanmaz çeliğin delinmesi ve kesilmesini incelemişlerdir. Su jetinde kullanılan aşındırıcı karışım içerikleri; silisyum, karbür, garnet ve alüminyum oksit ve bunların farklı oranda karışımlarını parametreler olarak belirlemişlerdir. Aşındırma sonucu karar verme kriteri olarak da delik çapı, dairesellik ve yüzey pürüzlülüğü gibi delim özellikleri üzerindeki etkiler incelenmiştir. Deney sürecinde Taguchi-Gri ilişkisel analiz ve Krill sürü algoritması kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca Krill sürü algoritmasını gri kurt optimizasyonu ile karşılaştırmışlardır.

Kumar vd. (2014), Manikara zapota bitkisinden biodisel üretimini ele almışlardır. Bu üretimde metanolün yağa molar oranı, reaksiyon süresi, reaksiyon sıcaklığı ve katalizör derişimi dikkate alınan parametrelerdir. Bu dört parametrenin en

iyilemesi için Taguchi Yöntemi kullanılmıştır. Deney sonucunda reaksiyon sıcaklığı 50 °C, reaksiyon süresi 90 dakika, metanol yağ oranı 6:1 ve %1 katalizör derişimi en iyi parametre seviyeleri olarak tespit edilmiş en önemli parametre ise metanol yağ oranı olarak belirlenmiştir.

Sakthivel ve Vinodh (2020), çalışmalarında otomotiv sanayinde kullanılan parçaların modellenmesinde; parça büyüklüğü, parça doldurma stili, yapının açısı parametrelerinin üzerindeki işlem süresi yüzey pürüzsüzlüğü ve sertliğinin üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma genel olarak deney süresini kısaltılması ve maliyeti azaltmayı hedeflemiştir. Yöntem olarak Gri Tabanlı Taguchi yöntemi kullanılmış ve daha sonra sonucu TOPSIS yöntemi ile de sonuç doğrulanmıştır.

Altın (2023), çalışmasında finansal yönetim, işletmenin fon ihtiyacını uygun kaynaklardan sağlayarak ortakların servetini en yüksek düzeyde gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Şirket değerini maksimize etmek, piyasa değerini artırmak temel hedefidir. Temel finansman kaynakları borçlanma ve özkaynaktır. Tahvil ve hisse senedi, uzun vadeli finansman seçenekleridir. Tahvil sabit getiri vaat ederken, hisse senedi temettü ve sermaye kazancına odaklanır. İlk halka arz, şirketin sermaye ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan bir finansman yöntemidir. OCRA ve COPRAS yöntemleri, halka arz sürecinin analizi için önerilmiş, Borsa İstanbul'daki 2021 ilk halka arzlarına uygulanarak çeşitli bilgiler elde edilmiştir.

Sarıçalı ve Kundakçı (2016), çalışmalarında tatil oteli seçimini etkileyen faktörleri belirleyerek, çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP ve COPRAS'ı kullanarak otel alternatiflerini değerlendirmiştir. AHP, tatilcilerin önemsedığı kriterlerin ağırlıklarını belirlerken, COPRAS ise çeşitli otel alternatiflerini değerlendirerek en uygun olanı seçmeye yardımcı olmuştur. Bu yöntemler, işletme sahiplerine hedef müşteriye uygun otel tasarımında rehberlik etmek için kullanılabilecek etkili araçlardır.

Dhiman ve Deb (2020), yapmış oldukları çalışmalarında rüzgâr enerjisi tahminindeki belirsizlikleri azaltarak güvenilir bir enerji üretimini hedeflemektedir. Yapay sinir ağları, destek vektör makineleri ve aşırı öğrenme makineleri gibi makine öğrenimi modelleri, rüzgâr tahmininde etkili olarak değerlendirilmiştir. Kısa vadeli rüzgâr tahminlerinde, Yapay sinir ağları veya ELM gibi yapay zekâ yöntemlerinin, sinyal ön işleme teknikleriyle birleştirilerek daha doğru sonuçlar elde edilebileceği vurgulanmıştır. Çalışma, bulanık mantık kullanılarak rüzgâr hızının enerji potansiyeli değerlendirmesini de incelemiştir. Ayrıca, çok kriterli karar verme yöntemleri üzerinde durularak, özellikle bulanık mantık temelli yöntemlerinin rüzgâr enerjisi sektöründe etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın odak noktası, hibrit rüzgâr enerjisi üretim sistemlerinin işletme perspektifinden değerlendirilmesi olup, yöntemlerin geniş ölçekli rüzgâr enerjisi santralleri için uygulanabilirliği üzerinde odaklanmaktadır. Odak noktasında TOPSIS ve COPRAS yöntemleri yer almaktadır.

Kumar vd. (2023), yaptıkları çalışmalarında, küresel rekabetin etkisiyle birçok imalat endüstrisinin, kaynakları etkili bir şekilde yönetmek amacıyla çeşitli israf azaltma stratejilerini benimsemeye zorlandığını vurgulamaktadır. Yalın üretim felsefesi ve araçları, birçok imalat endüstrisi tarafından farklı isimlerle ve biçimlerle kullanılmıştır. Yalın prensiplerinin ana odak noktası, en etkili süreç akışını sağlayarak katma değerli olmayan aktiviteleri belirlemek ve ortadan kaldırmaktır. Çalışma, küçük ve orta ölçekli imalat işletmelerinin ülke ekonomisine katkıda bulunduğunu, ancak küresel üretim yeteneklerinin henüz tam olarak araştırılmadığını belirtir. Yalın üretim, bu küçük ve orta ölçekli imalat işletmelerin üretkenliği, kaynak kullanımı ve performansını artırmak için önemli bir tekniktir. Çalışma, uzman ve endüstri profesyonellerinin dilbilgisi görüşleri kullanılarak uygun yalın aracını seçmek için bütünleşik bir çerçeve sunar. Araştırmanın amacı, mevcut bir imalat tesisi için uygun yalın araçlarını ve alternatiflerini seçmek için bulanık bütünleşik AHP ve COPRAS'ı kullanmaktır.

Roobahani vd. (2020), çalışmalarında İran'ın iç bölgelerine su transferini sağlamak amacıyla farklı senaryoları içermektedir. Senaryolar, farklı barajlar, tüneller, boru hatları ve pompalama istasyonları kullanılarak su transferini

detaylandırmaktadır. İsfahan, Yazd ve Kerman illerine yönelik su transferini ele alan senaryolar, kaynaklardan hedeflere kadar olan suyun miktarını, transfer yöntemlerini ve altyapı detaylarını içermektedir. Her bir senaryo, farklı su transfer stratejilerini ve altyapı önerilerini sunmaktadır. Çözüm metodolojisinde gri tabanlı COPRAS ve Fuzzy tabanlı COPRAS yöntemini kullanmışlardır.

Yıldırım ve Timor (2019), yapmış oldukları çalışmalarında günümüzde işletmeler arasındaki rekabetin tedarik zincirleri arasındaki rekabetle daha fazla ilişkilendirildiği vurgulamışlardır. İşletmeler, dinamik pazar taleplerine hızlı yanıt verebilmek ve rekabet avantajı sağlamak için tedarik zinciri yönetimine odaklanmışlardır. Özellikle üretim sektörlerinde, tedarikçi seçiminde COPRAS-F ve COPRAS-G yöntemleri kullanılarak iklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim problemini ele alınmış ve çözüm modelleri karşılaştırılmıştır.

Noshad vd. (2018), yaptıkları çalışmalarında çilek kurutma sürecinde verim olarak kaybettikleri ve kazandırdıklarının reçetesini çıkarmışlardır. Bunu yaparken de AHP-TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Çileğin dehidrasyon sürecinde iki farklı ortam hazırlayarak çilekte görülen; su kaybını, c vitaminindeki değişikliği, rengindeki ve tadındaki değişiklikleri incelemişlerdir.

Nguyen vd. (2018), yaptıkları çalışmalarında elektrik deşarjlı şekillendirme işleme işlemini optimize etmişlerdir. Yöntem işleme verimliliği ve kalitesini iyileştirmede en iyi yöntemlerdendir. Metot olarak Taguchi ve TOPSIS kullanmışlardır. Deney sonucunda parça kaldırma oranı, yüzey pürüzsüzlüğü ve işlenmiş parçanın yüzey sertliğini eş zamanlı olarak optimize etmişlerdir. Bunu yaparken tecrübelerden yola çıkarak farklı iş parçaları üzerinde; elektrot cinsi, polaritesi, süre, akım ve titanyum tozu derişimini parametreler olarak seçmişlerdir. Sonrasında sına deneyleri ile belirlenen optimum seviyeden maksimum hata miktarı %13,38 olarak belirlenmiştir.

Gavcar ve Didin (2007), çalışmalarında tüketicilerin perakendeci markalı ürünleri satın alması kararını etkileyen faktörleri belirlemek için Muğla ilinde bir

Çalışma yapmışlardır. Çalışmada ayrıca tüketicilerin yani müşterilerin yeni bir marketi seçerken düşüncelerini yani marketi seçme kriterlerini belirlemişlerdir. Bu belirlemeyi yaparken ilk adım olarak anket düzenlemişlerdir.

Beeram ve Morapakala (2021), Hindistan'da geleneksel olarak üretilen rafinesiz meyve şekeri üretimine yoğunlaşmışlardır. Bu retim genel olarak sürdürülebilirliği; kaynaklara, teknik, ekonomik, proses çıktısı ve çevresel parametrelere ait çok sayıda kritere bağlıdır. alışmalarında TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE II metotlarını kullanmışlardır. alışmalarında on farklı meyve suyu arasından seçim yapmak için dört unsuru kapsayan toplam on bir farklı değerlendirme kriterinden faydalanmışlardır. Bu sayede daha sağlıklı olan şeker üretiminin artırılmasını ve sürecin daha sürdürülebilir olmasını hedeflemişlerdir.

Katekar vd. (2023), bitkisel yağların damıtılmasını modellemiş ve belirlenen faktörlerden yola çıkarak Taguchi ve Gri İlişkisel analiz yöntemleri ile süreci optimize etmişlerdir. Katı Kütlesi, Su Miktarı, G ve Ekstraksiyon süresi gibi parametrelerin etkisini inceleyerek optimum seviyelere ulaşmışlardır.

Gavahian ve Chu (2021), çalışmalarında ananastan elde edilebilecek yan ürünleri incelemişlerdir. Ananas hasat süreci kısa olduğu için taze meyve olarak tüketimi kısıtlı bir ürün olması sebebiyle, kuru meyve olarak işlenmesi ve bu işlemler sonucunda yan ürünler elde edilmesini incelemişlerdir. Ananasın işlenmesini ekonomik hale getirmedeki süreçleri Taguchi yöntemi kullanarak geleneksel yöntemle de kıyaslamışlardır.

Qi vd. (2019), yapmış oldukları çalışmalarında mısır koçanlarının nem oranlarını düşüren sisteme etki eden parametreleri optimum seviyeye taşımaya çalışmışlardır. Bunu yaparken dış etkenler fazla olduğu için Taguchi yöntemini kullanarak deney sayısını azaltmışlardır. Döner ısı eşanjörüne giren mısır koçanlarının üzerindeki nem miktarı, uygulanan ısı miktarı, çıkış nem miktarı gibi parametreler üzerinde çalışmışlar ve çalışma sonucunda en iyi çıkış nem oranı ve koçan ağırlığı için optimum parametre ağırlıklarını belirlemişlerdir.

Chiu vd. (2019), pirinç şarabı üretimin süreci üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Taguchi yöntemi kullanarak şarap üretimindeki etkenlerin optimum seviyelerini belirlemişlerdir. Pirincin jelatinleşme sıcaklığı, maya miktarı, mayalanma süresi ve mayalanma sıcaklığının şarap kalitesindeki etkilerini araştırmış ve en iyi seviyelerini belirlemişlerdir. Taguchi Yöntemi sayesinde geleneksel yöntemle göre daha az maya varili kullanarak süreci ve israfı engelleyerek daha iyi bir sonuç elde etmişlerdir.

Emirza ve Köksal (2011), çalışmalarında kuruluş yeri açısından cadde ve alışveriş mağazacılığını karşılaştırmıştır. Kuruluş yeri seçimindeki kriterlerin belirlenmesinden yola çıkarak yöneticilerin cadde üzeri mağazacılık ve alışveriş merkezi mağazacılığı seçmesinin ardındaki faktörleri değerlendirmiştir. Yöneticilerin geniş otopark alanı, çocukları için oyun alanları, temizlik, havalandırma ve güvenlik kriterlerine öncelikli önem verdiklerini belirlemiştir.

Arık (2012), çalışmasında perakende sektöründe yer alan bir işletmenin gerçek problemini ele almış ve yeni şube yeri seçimi sürecine karar vermiştir. Çalışmasında karar verdirici olarak gelecek satış tahminlemesini kullanmıştır.

Ömürbek vd. (2013), analitik hiyerarşi prosesinin kuruluş yeri seçiminde kullanımını göstermişlerdir. Çalışmalarında Isparta bölgesinde yer alan küçükbaş yetiştiriciliğini ele almışlardır. Bölgedeki yedi ilçe beş farklı kritere göre değerlendirilmiştir.

Barutçu (2008), çalışmasında perakendecilik sektöründeki teknolojileri ele almıştır. Sürecin yani perakendeciliğin günden güne e-mağazacılığa doğru yöneldiği sonucunu çıkarmıştır.

Demireli (2010), çok kriterli karar verme sitemlerinden TOPSIS kullanarak Türkiye'deki kamu bankalarının yeni şube yeri seçiminde karar verme süreçleri üzerine bir uygulama yapmıştır.

Karabay vd. (2014), stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi kararı üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Göloğlu ve Mızrak (2009), kendin yap modeli temelli bir çalışma üzerinde bulanık mantık ve Taguchi modellerini kullanmıştır. Bu çalışmada nihai tüketicinin kendi bisiklet kadrosunun ilgili etkenler çerçevesinde seçmesine yardımcı bir yapı kurulmuştur. Bu etkenleri de %38.84 ile boru belirlemiştir, %2,36 olarak pedal kuvveti olarak belirlenmiş olsa da diğer parametrelere göre ağırlığı düşük olması nedeniyle göz ardı edilmiştir.

Erdem, Belevi, Koçhan (2010), “Taguchi Metodu ile Plastik Enjeksiyon Parçalarda Çarpılmanın En Aza İndirilmesi” adlı çalışmalarında plastik enjeksiyon ürünlerde kaliteye etki eden faktörler üzerinde çalışmışlardır. İlgili çalışma sonucunda varyans analizi göstermektedir ki çarpılma miktarını etkileyen en önemli faktör %50,196’lık bir payla ürün tasarımı olmuştur. Bunu %19,837 ile giriş ölçüleri, %9,913 ile giriş sayısı, %2,974 ile yolluk tasarımı takip etmektedir. Daha sonrasında kontrollü deneyler yaparak ilgili sonuçları başarılı bir şekilde test etmişlerdir.

Baynal ve Gencel (2015), “Taguchi yönteminin gıda sektöründe çok yanıtlı problemin eniyilemesinde uygulanması” adlı çalışmalarında Taguchi yönteminin alışlagelmiş tek yanıtlı yaklaşımından uzaklaşarak çok yanıtlı bir probleme cevap arama yaklaşımı denemişlerdir. İlgili yaklaşımın faktörler arasında etkileşim olmasından ötürü bu etkileşimi göz ardı etmiş, sonuç bölümünde de bunu ilgili yaklaşımın dezavantajı olarak belirtmiştir.

Ertabak (2022), “İplik Dayanımını Etkileyen Proses Parametrelerinin Gri Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu” adlı çalışmasında Gri Taguchi Yöntemini kullanarak iplik mukavemetini etkileyen parametreleri eniyilemeyi amaçlamıştır. Mukavemeti etkileyen iki farklı seviyeyi de deneylerinde kullanmıştır.

İşletmeler için kuruluş yeri seçimi maliyetler, genel giderler ve sürdürülebilirlik için hayati önem arz etmektedir. Tez çalışmamızda tesis yeri seçimi üzerinde

durup belirlenen parametreler doğrultusunda seçim işlemi problemi çözümü, literatür taraması sonucunda sıklıkla karşılaşılan TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri ile yapılmıştır. Bu üç yöntem haricinde literatür taramasında tesis yeri seçiminde karşılaşılmayan Taguchi yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır ve bu yöntemin de tesis yeri seçimi probleminde kullanılabileceği gösterilmiştir. Kriter ağırlıkları önem derecesi olarak belirlenmiş hata değerinin değerlendirmeye alınmayan kriterleri temsil ettiği vurgulanmıştır. Önem derecesinin ise hata değerini de ele alarak izafi olarak 1'e eşitlenmesi ile Taguchi izafi ağırlıklar bulunmuş ve bu alternatif kriter ağırlıkları ile karar problemi tekrar çözülmüştür.



3. MATERYAL YÖNTEM

3.1. Kalite ve Deney Tasarımı

3.1.1. Kalite kavramı

Kalite genel olarak kullanıma uygunluk durumu olarak tanımlanmış olsa da geçmişten günümüze çok farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu aslında kaliteyi belirli bir şekilde tanımlamanın zorluğu yani tek bir noktadan ele alınamayacak bir olgu olmasından kaynaklı bir durumdur (Çelikkan, 2009).

Taguchi kaliteyi; ürünün müşteriye gönderildikten sonra toplumda meydana getirdiği kayıpla değerlendirmiştir. Taguchi bir ürünün kalitesini tasarım, uygunluk, kullanım kalitesi olmak üzere üç yönde oluşturmaktadır. Taguchi diğer kalite tanımlarından ve kalite yaklaşımlardan farklı olarak kaliteyi spesifikasyon sınırları içerisinde kabul etmekten ziyade hedef değere olabildiğince yaklaşmak olarak ele almıştır. Bu da Taguchi'nin kayıp fonksiyonu (loss function) olarak önümüze gelmektedir. Buna göre hedef değerden yapılacak olan her şaşma, uzaklaşma, kayıp olarak tanımlanır ve bu kayıp hedef değerden şaşmanın karesine eşit olmaktadır (Bryne ve Taguchi, 1986; Çelikkan 2009).

Garvin ise kalitenin daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için kaliteyi sekiz boyutta değerlendiriyor. Bu sekiz boyut:

- Performans
- Güvenilirlik
- Dayanıklılık
- Servis
- Estetik
- Özellikler
- Algılanan kalite
- Uygunluk

Buradaki ilk yedi boyut tamamen ürünün tasarımı ile ilgilidir. Yani bu yedi bölümü süreç içi tasarım olarak ele alabiliriz. Sekizinci boyut ise kullanıma uygunlukla ilgilidir (Garvin 1987; Şirvancı, 1997).

Kaliteyi daha genel bir şekilde süreç içi ve süreç dışı kalite olarak ele alabiliriz. Buradaki süreç içi (off line) kalite ürünün üretilmeye başlamadan önceki süreci; süreç dışı ise ürünün üretimi ve müşteriye gönderildiği süreçleri ifade eder (Şirvancı, 1997).

Çizelge 3.1.'de süreç içi ve süreç dışı kaliteyi çevrim içi ve çevrim dışı kalite olarak gösterilmiştir. Çevrim içi bölümü imalat, müşteri bölümlerini çevrim dışı bölümü ise Pazar araştırması ve ürün süreç geliştirme kısımlarını içermektedirler.

Çizelge 3.1. Süreç içi ve süreç dışı kalite (Şirvancı, 1997)

Çevrim İçi (On-Line) Kalite Kontrol			Çevrim Dışı (Off-Line) Kalite Kontrol	
İmalat	Müşteri	Hizmet	Pazar araştırması	Ürün süreç geliştirme
İmalat; ürünün süreç dışı aşamada belirlenen standartlara, süreçlere göre üretilmesi aşaması. Müşteri; nihai tüketiciye servis hizmetinin verilmesi, kullanım sürecinde yaşanan problemlerin çözülmesi aşamalarını kapsar. Hizmet; ürünün üretilmeye başlamasından, ekonomik ömrünü tamamlanmasına kadar geçen süreçte ürünle alakalı teknik servis, dokümantasyon ve müşteri memnuniyeti hizmetleridir.			Pazar araştırması; üretimi planlanan ürünle alakalı müşteri ihtiyaçlarının araştırılması, ilgili ihtiyaçların en ekonomik olarak hayata nasıl geçirileceğinin araştırılması, bunların sonucunda planlanan ürünün tasarımının yapılmasıdır. Ürün süreç tasarımı; süreç dışı aşamasında Pazar araştırması yoluyla tasarımı belirlenen ürünün en verimli şekilde üretimi için sürecin tasarlanması ve belirlenmesi aşamasıdır.	

3.1.2. Gürbüz (robust) tasarım

Gürbüz kelimesi dilimize gürbüz olarak geçmiş olan, temelinde anlamı güçlü, dirayetli, farklı dış ortamlara uyum sağlayabilen anlamındadır (Taylan, 2009). Gürbüz tasarım kuramı ise Taguchi tarafından Japonya’da geliştirilmiş olan bir kalite yaklaşımıdır. Bu kurama göre üretilen ürünlerin hedef değerler içerisinde üretilmesi yani sisteme girdilerin en faydalı bir şekilde sistemden ürün olarak çıkmasıdır. Gürbüz tasarım olarak adlandırılan bu yaklaşımda; yüksek performanstaki ürünlere ulaşmak ise istatistiksel deney modeline dayalı seçilen parametrelerin ışığında ortogonal diziler eşliğinde yapılacak deney sonuçlarına göre yapılmaktadır (Peace, 1992; Taylan 2009).

Bu bilgiler ışığında gürbüz tasarım kuramı;

- Rekabetin arttığı pazar şartlarının sürekli değiştiği ortamda sürekli kalite geliştirme önem taşır.
- Ürün kalitesini artırırken müşteri ilgisi, beklentisi göz ardı edilmemelidir.
- Bir ürünün nihai kalite ve ömrü, ürünün imalat sürecinin mühendislik tasarımıyla belirlenir (Peace, 1992; Taylan 2009).

Üretim sürecinde gürbüz tasarım; personel, teçhizat, makine arızaları gibi tüm girdilerin değişkenliğinin olmamasıdır. Örnek olarak ürünün performansı üretimden sorumlu personelden personele değişiyorsa bu üretim süreci gürbüz değildir. Üretim sürecinin gürbüz olabilmesi için;

- Kullanılan hammaddenin, yarı ürünün değişkenliğinin minimize edilmesi gereklidir.
- Üretim yönteminden kaynaklı değişkenliğin düşürülmesi, bunun için de tam otomatik üretim tezgâhları kullanılmalıdır.
- Üretimi yapan personelin etkisini en aza indirmek gereklidir.
- Ortam şartlarındaki değişkenliği düşürmek gerekmektedir (Taylan, 2009).

Kullanımda gürbüzlük; ürünün üretilip son kullanıcıya ulaştığı süreçte kullanıcının bulunduğu ortamdan etkilenmemesidir. Örneğin bu ürünün hem yüksek sıcaklıkta hem de düşük sıcaklıkta aynı performansta kullanılabilmesidir. Daha spesifik bir örnek vermek gerekirse üretilen bir pilin deniz kenarında da yüksek rakımlı bir dağda da aynı performansta kullanılması, pilin ömründe bir değişiklik olmaması onun gürbüz olduğunu gösterir.

Genel olarak gürbüz tasarım denildiği zaman, bir ürünün üretim ve kullanım aşamalarında değişkenliklerden etkilenmeyecek veya en az etkilenecek şekilde tasarım yapmayı hedeflendiği anlaşılmaktadır (Taylan, 2009).

3.1.3. Deney tasarımı

Deneyler, analistler tarafından bir sistemi veya belirli bir süreci tanımlamak için ve/veya anlamak, analiz etmek için kullanılır. Bu süreçte girdiler tek tek değiştirilmek suretiyle çıktı üzerindeki etkisi araştırılır. Deney tasarımı ise bu süreçte hangi faktör değiştirilecek hangileri sabit tutulacak olduğunu belirler. Deney Tasarımını ilk olarak 1920'li yıllarda R.A. Fisher ve arkadaşları aracılığıyla yapılmıştır. Deney ve deney tasarımı ürün ve süreç geliştirmekte kaliteyi artırmakta çok önemli rol oynamasıyla birlikte, uzun ve maliyetli bir süreçtir. Fisher deney tasarımı yapmasının yanında gözlemlediği veri setleri ortalamaları arasında önemli farklar olup olmadığını belirlemekte kullanılan varyans analizini (ANOVA)'yı da geliştirmiştir. (Gökçe vd., 2009)

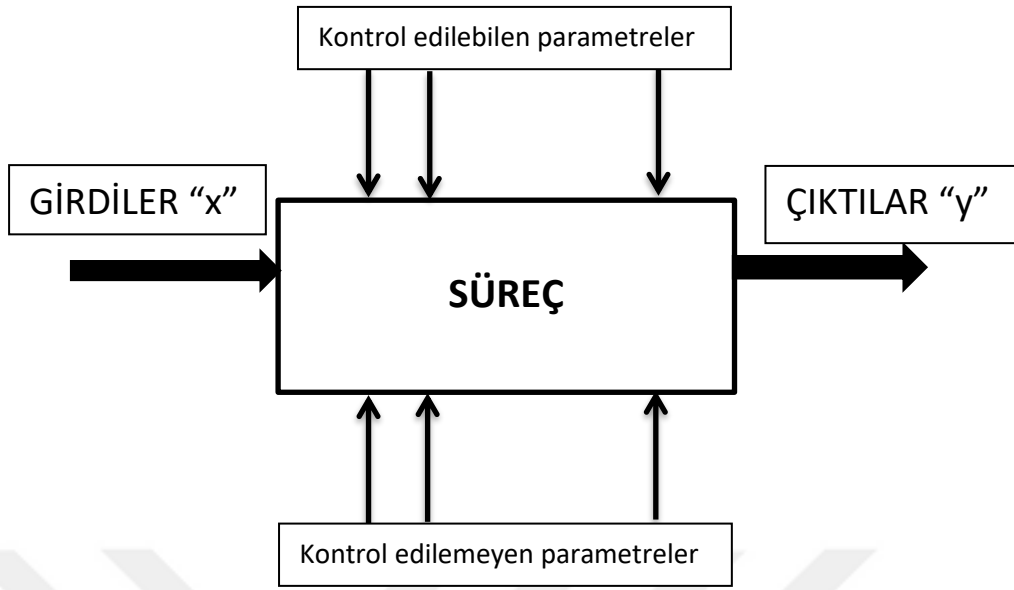
Deney tasarımında en önemli amaçlardan birisi deney hatalarını minimuma indirmektedir. Hangi faktörler arasındaki ilişkinin belirleneceği ve bu ilişkinin hangi deneyle belirleneceği bu sürecin içerisinde incelenir. Deney tasarımı ve planlaması zaman alıcı bir süreçtir. Bu süreçte bir kontrol listesi, deney listesi, oluşturmak gereklidir.

Genel olarak deneyler sistemin ya da sürecin performansını ölçmekte veya ürün geliştirmekte kullanılır. Deneyin gerçekleştirilmesi sürecinde, deneyde kullanılacak parametreler birtakım girdilerdir. Bu parametrelerin belirlenmesi hassas ve bir o kadar da tecrübe gerektirir. Bu faktörler makine, teçhizat, yöntem, dış ortam gibi girdiler olabilir. Buradaki esas amaç bu faktörlerin her birinin ayrı

ayrı sürece etkisinin ne olduğu ve ne kadar olduğunun incelenmesidir. Bunun dışında faktörlerin etkilerinin belirlenmesi deneyin başarılı olacağı anlamına gelmemekte olup bu faktörlerin bileşkesinin yani etkisinin de araştırılması gereklidir. Burada belirlenen faktörler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörler olarak ikiye ayrılır. Kontrol edilebilen faktörler, etkisini incelediğimiz bileşkede yani süreç içerisinde değişikliği kontrol edebildiğimiz faktörlerdir. Deneyde çıktıya etkisini incelediğimiz faktörler kontrol edilebilen faktörlerdir. Bunun yanında ortamın sıcaklığı, nem miktarı ya da sürece giren ama değişikliğini kontrol etmediğimiz, değişimiyle ilgilenmediğimiz bir faktör kontrol edilemeyen faktördür (Mongomery, 2001; Gökçe vd., 2009).

Aşağıda Şekil 3.1.'de kontrol edilebilen parametreler X1, X2 ve X3 ve kontrol edilemeyen parametreler ise Z1, Z2 ve Z3'dür. Deney çıktısında, sonucunda deney şu sorulara cevap vermelidir.

1. y çıktısını en fazla etkileyen parametre hangisidir?
2. y çıktısı en az, nominal ya da en yüksek değerde istendiği zaman, X parametrelerinin konumları ne olmalıdır?
3. Z1, Z2 ve Z3 kontrol edilmeyen parametreleri minimize etmek için kontrol edilebilen (X) parametrelerin konumları ne olmalıdır (Savaşkan vd., 2004)?



Şekil 3.1. Sistem veya sürecin genel yapısı (Mongomery, 2001; Gökçe vd., 2009)

Deney tasarımı diğer bilimlere benzer ve kendisine has bir terminolojiye sahiptir. İlgilenilen olayla ilgili faktörlerin etkisi ve faktörlerin bileşkesinin etkisinin incelenmesi için çok sayıda deney yapmak gereklidir (Baynal ve Gencel, 2015).

Eğer deney doğru bir şekilde tasarlanırsa, deney setleri düzgün bir şekilde oluşturulursa deney en iyi sonucu verecektir. Bu sebeple oluşturulan deneyin şu sorulara cevap verecek şekilde tasarlanmalıdır (Lazic, 2004; Gökçe vd., 2009).

- Sonuçlar ve parametrelerin etkisi hesaplanabiliyor mu?
- Sonucu kaç tane parametre etkiliyor
- Eş zamanlı olarak kaç tane parametre hesaba katılmalı?
- Kaç tane deney tekrarının yapılması gerekiyor?
- Ne tür bir veri analizi (regresyon, ANOVA) kullanılmalı?
- Etkiler üzerindeki hangi seviye farklılıkları ne kadar önemlidir (Gökçe vd., 2009)?

Deney sayısını düşürmek ya da faktörlerin sayısına göre, ilgilenilen olaya göre birçok deney tasarımı deney setleri oluşturulmuştur. Bunların en önemlileri Fisher'ın geliştirdiği "Klasik Deney Tasarımı" bir diğeri ise temelinde Fisher'ın

yöntemi olan ama deney sayısını hatırı sayılır bir biçimde düşüren Taguchi yöntemidir.

3.1.3.1. Tek faktöriyel deneyler

Her bir deneyde sadece bir faktörün değişimiyle ilgilenilir. Faktörler arasındaki ilişki tam olarak belirlenemez. Her deney basamağında ilgilenilen faktörün bir seviyesi değiştirilir (Lazic, 2004; Gökçe vd., 2009).

Tek faktöriyel deney tasarımıyla ilgilenilen faktörün çıktı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılır. Deney sayısı az olmasına rağmen faktörler arasındaki ilişki net olarak belirlenemez. Aşağıda Çizelge 3.2.'deki deney seti 2 seviyeli 7 faktörlü bir deney için hazırlanmıştır. Böyle bir deney için en az 8 deney yapılması gerektiğini görebiliyoruz (Lazic, 2004; Gökçe vd., 2009).

Çizelge 3.2. Tek faktöriyel deney tasarımı (Lazic, 2004; Gökçe vd., 2009)

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1
3	2	2	1	1	1	1	1
4	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1
6	2	2	2	2	2	1	1
7	2	2	2	2	2	2	1
8	2	2	2	2	2	2	2

3.1.3.2. Tam faktöriyel deneyler (klasik yöntem)

Bu yöntemde bütün kombinasyonlar üzerine deneyler yapılır. Faktörlerin etkisi rahatlıkla gözlenebilir. Ama deney sayısının çok olması sebebiyle maliyetlidir.

Çizelge 3.3.'de klasik yöntemle göre hazırlanmış 2 seviyeli 7 faktörlü bir deney seti yer almaktadır. Bu deneye göre en az 128 deney yapılmalıdır. Ve bu olayın sonucunun yorumlanabilmesi için her deneyden en az 2 defa yapılmalıdır. Bu yöntem süre ve maliyet açısından dezavantajlıdır. Bunun için deney sayısını azaltmak amacıyla Genichi Taguchi, Taguchi yöntemini geliştirmiş ve deney sayısını azaltmıştır. Burada yer alan deney sonucunu daha az deneyle yorumlamıştır.

Çizelge 3.3. Tam faktöriyel deney tasarımı (Gökçe vd., 2009)

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	1	2	1
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
126	2	2	2	2	2	1	2
127	2	2	2	2	2	2	1
128	2	2	2	2	2	2	2

3.1.3.3. Taguchi deney tasarımı

Klasik yöntemle yapılmış olan deneyde 128 farklı deney yapmak gerekmektedir, fakat bu deneyler Taguchi yöntemi ile yapılırsa 8 farklı deney yapmak yeterli olacaktır.

Çizelge 3.4.'de L(8) ortogonal dizisi yardımıyla, klasik yöntemde 128 adet deneyle gözlemlenecek olaylar 8 deneyle gözlemlenmektedir. Böylelikle hem zamandan hem de maliyetlerden kaçınılmış olunmaktadır.

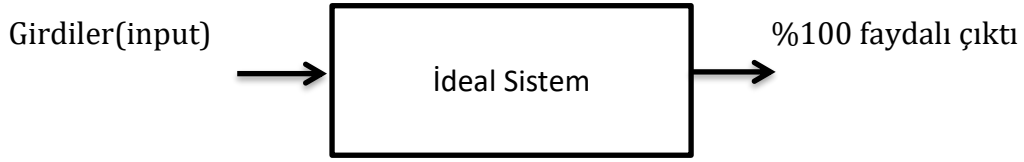
Çizelge 3.4. Taguchi yöntemi ile deney seti (Gökçe vd., 2009)

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

3.1.4. İdeal sistem ve gerçek sistem

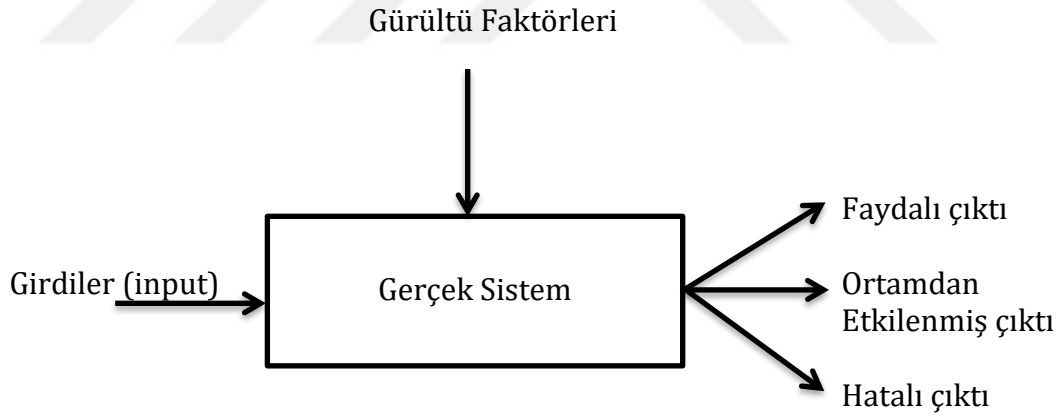
Sistem tasarımı, genellikle birçok girdi, gürültü faktörleri ihmal edilerek tasarlanır. Fakat bu şekilde tasarlanan sistemlerin genellikle yüksek derecede başarılı olmadıkları görülmektedir. Gürbüz bir sistem tasarlanmak isteniyorsa tüm girdiler, gürültü faktörleri (noise) ihmal etmemek gerekmektedir. Kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini en aza indirip tüm şartlarda başarılı, kaliteli, bir sistem tasarlamak sistem tasarımının, gürbüz sistem tasarımının temelini oluşturmaktadır.

Şekil 3.2.'de ideal sistem tasarımının nasıl olduğu görünmüştür. Burada genel olarak girdiler ve çıktılarından oluşmaktadır. Lakin bu tasarımda eksik olan olumsuz şartlar göz ardı edilmiş sistemde hiç kayıp olmayacağı düşünülmüştür. Girdilerin %100 bir şekilde yararlı çıktıları dönüşmüş olduğu bir sistem olarak tasarım yapılmıştır.



Şekil 3.2. İdeal sistem tasarımı temel görünümü (Gunter, 1987; Saat, 2000)

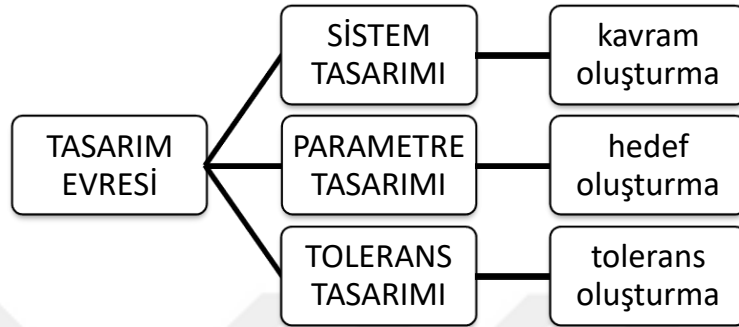
Şekil 3.3.'de ideal sistemden farklı olarak girdilere ek olarak kontrol edilemeyen faktörler, gürültü faktörleri de eklenmiştir. Böylelikle sürecimizin tam olarak nelerden etkilendiği daha rahat bir şekilde belirlenebilir ve geri besleme ile sistem devamlı güncellenip, eniyilenebilir. İdeal sistem ile gerçek sistemlerin en büyük farkı temelde budur. Gerçek sistemlerde ölçüm değerleri daha doğru sonuç verir, ideal sistemlerde gürültü faktörleri (ses, sıcaklık, nem, ...) ihmal edildiğinden ölçümler gerçek değerlerden uzak değerlerdir. Bu nedenle ideal sistemler olarak değerlendirilen sistemlerde yapılacak iyileştirmeler hatalı ölçüm olması nedeniyle başarısızla sonuçlanacaktır (Gunter, 1987; Saat, 2000).



Şekil 3.3. Gerçek sistem tasarımı temel görünümü (Gunter, 1987; Saat, 2000)

3.2. Taguchi Yöntemi

Taguchi yöntemi özellikle süreç içi kalite ile ilgilenmektedir. Şekil 3.4.'de üretim başlamadan önceki ürün tasarımı, proses tasarımı geliştirmeyi üç aşamalı olarak tanımlamaktadır (Gunter, 1987; Taylan, 2009).



Şekil 3.4. Tasarımın üç aşaması (Gunter, 1987; Saat, 2000)

Taguchi yöntemi uygulanırken şu algoritma kullanılır (Anagün, 2000; Taylan, 2009).

- Faktörlerin seçimi ve aralarındaki etkileşimin belirlenmesi
- Faktörlerin her birinin seviyelerinin belirlenmesi
- Mevcut duruma göre en uygun tasarımın seçimi
- Faktörlerin deneyler için doğru kolonlara yerleştirilmesi
- Deneylerin belirlenen düzene göre yapılması
- Sonuçların analiz edilmesi ve en uygun sonucun seçimi
- Sınama deneylerinin yapılması

3.2.1. Sistem tasarımı

Müşterinin belirlenmesi gerekli tecrübeli mühendis ekibi ile makine ve ekipmanların belirlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada elimizdeki girdiler ilgilenilen ürünü üretmeye yeterli mi ve ürünü ne şekilde üreteceğiz sorularına cevap aranır (Hamzaçebi ve Kutay, 2000).

3.2.2. Parametre tasarımı

Bu metodun en önemli aşamasıdır. Kaliteyi etkileyen faktörlerin belirlendiği ve bu belirlemenin ürüne etkisinin en aza indirilmeye çalışıldığı aşamadır. Bu belirlemeyi yaparken daha önceden üretilmiş bir ürün ise faktörlerin seviyelerini ve faktörleri belirlenmesinde geçmiş tecrübelerden yararlanmak işlemi daha hızlı bir şekilde sonuca ulaştıracaktır. Bu aşamada geçmiş tecrübeler olmazsa yani ürünün benzerleri daha önceden üretilmemiş ise ve/veya ürün hakkında bilgi alabileceğimiz yetkin bir kişi yoksa tüm seviyelere göre deney yapmamız gerekir.

Örnek olarak bir pil üretiminde kullanılan çinko miktarı ile ilgileniyorsak şu anda kullanılan ve pil içerisinde olabilecek çinko miktarı bellidir. Bu miktarları, seviyeleri kullanarak optimum miktarı az sayıda deney yaparak bulabiliriz. Lakin ürün daha önceden hiç üretilmemiş ise tüm seviyelerde deney yapmamız ve bu şekilde en iyiye ulaşmaya hedeflememiz gerekmektedir (Aytekin, 2001).

Parametreleri ve seviyeleri belirledikten sonra Taguchi'nin ortogonal dizilerine göre deneyler yapılır. Bu ortogonal dizilerin yardımıyla klasik deney tasarımına göre deney sayısını azaltarak en iyi sonuca ulaşmak mümkün olur. Yapılmayan deneyleri ise ANOVA (varyans analizi) ile tahmin etmek mümkündür. Parametre sayısı ve seviye sayısına göre uygun ortogonal dizi seçilir (Savaşkan vd., 2004).

Ortogonal diziye göre deneyler yapıldıktan sonra Taguchi'nin geliştirdiği Sinyal Gürültü Oranı (S/N) ile sonuca ulaşılır. Taguchi birçok S/N oranı bulmuştur, lakin günümüzde yaygın olarak kullanılan üç tanesi vardır (Savaşkan vd., 2004).

- En büyük değer en iyi (Larger-The-Better) (Şirvancı, 1997; Akyel, 2020);

$$S/N = -10 \log \left(\sum Y^2 / n \right) \quad (1.1)$$

Örnek: güç, mukavemet, ömür

- En küçük değer en iyi (Smaller-The-Better) (Şirvancı, 1997; Akyel, 2020);

$$S/N = -10 \log \left(\sum (1/Y^2) / n \right) \quad (1.2)$$

Örnek: gürültü, kirlenme, sürtünme

- Hedef değer en iyi (Nominal-The-Best) (Şirvancı, 1997; Akyel, 2020);

$$S/N = -10 \log \left(\sum (1/Y^2) / n \right) \quad (1.3)$$

Örnek: elektrik voltajı, müşteri spesifik değerleri

Bu S/N oranlarında amaç en büyük değeri bulmaktır. Deney verilerinden elde edeceğimiz bu oranların en büyük olanı bize en iyi çözümü sunacaktır (Taylan, 2009).

Çizelge 3.5.'de parametre sayısı ve seviye sayısına göre kullanılabilecek olan ortogonal dizi seçimi gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Ortogonal dizi seçim tablosu (Taguchi ve Wu, 1979; Taylan, 2009).

SEVİYE SAYISI											
PARAMETRE SAYISI	2		L 4	3		L 9	4		L 16	5	
	P=2	S=2		P=2	S=3		P=2	S=4		P=2	S=5
	P=3	S=2	L 8	P=3	S=3	L 18	P=3	S=4	L 32	P=3	S=5
	P=4	S=2		P=4	S=3		P=4	S=4		P=4	S=5
	P=5	S=2		P=5	S=3		P=5	S=4		P=5	S=5
	P=6	S=2		P=6	S=3		P=6	S=4		P=6	S=5
	P=7	S=2	L 11	P=7	S=3	L 27	P=7	S=4	L 50	P=7	S=5
	P=8	S=2		P=8	S=3		P=8	S=4		P=8	S=5
	P=9	S=2		P=9	S=3		P=9	S=4		P=9	S=5
	P=10	S=2		P=10	S=3		P=10	S=4		P=10	S=5
	P=11	S=2	L 16	P=11	S=3	L 36	P=11	S=4		P=11	S=5
	P=12	S=2		P=12	S=3		P=12	S=4		P=12	S=5
	P=13	S=2		P=13	S=3		P=13	S=4		P=13	S=5
	P=14	S=2		P=14	S=3		P=14	S=4		P=14	S=5
	P=15	S=2	L 32	P=15	S=3		P=15	S=4		P=15	S=5
	P=16	S=2		P=16	S=3		P=16	S=4		P=16	S=5
	P=17	S=2		P=17	S=3		P=17	S=4		P=17	S=5
	P=18	S=2		P=18	S=3		P=18	S=4		P=18	S=5
	P=19	S=2		P=19	S=3		P=19	S=4		P=19	S=5
	P=20	S=2		P=20	S=3		P=20	S=4		P=20	S=5
	P=21	S=2		P=21	S=3		P=21	S=4		P=21	S=5
	P=22	S=2		P=22	S=3		P=22	S=4		P=22	S=5
	P=23	S=2		P=23	S=3		P=23	S=4		P=23	S=5
	P=24	S=2									
	P=25	S=2									
	P=26	S=2									
	P=27	S=2									
	P=28	S=2									
	P=29	S=2									
	P=30	S=2									
	P=31	S=2									

3.2.3. Tolerans tasarımı

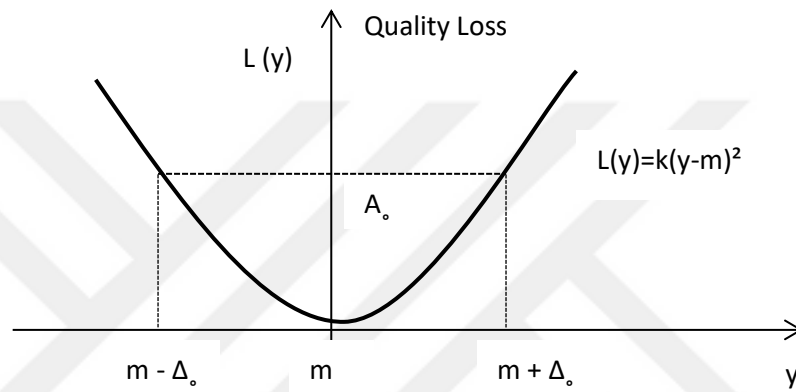
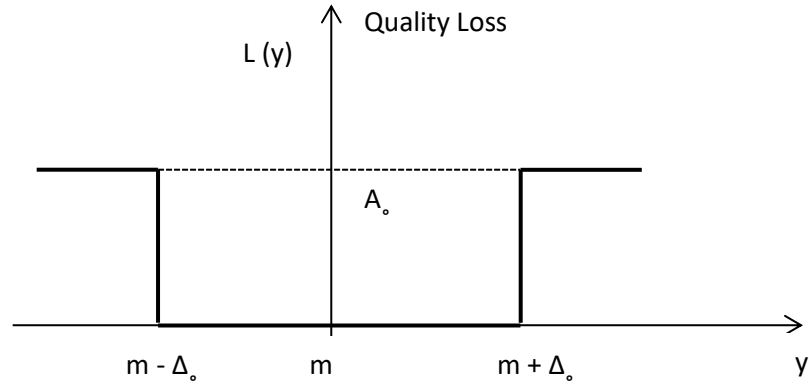
Taguchi toleransları kullanmayı istememekle birlikte tamamen kusursuz bir ürün/süreç elde edemeyeceğini bildiği için toleransları ret edememektedir. Bu da toleransları ne kadar küçültürse ve değişimleri ne kadar azaltırsa kaliteyi o kadar artırabileceği sonucunu doğurmaktadır. Bunun için Taguchi tolerans tasarımı ile ilgili iki husus belirlemiştir (Taguchi ve Wu, 1979; Taylan, 2009).

- Ürünü en iyi teknik ve teknolojik proseslerle üretmek hedef değerden minimum sapmayı sağlar.
- Üretim boyunca ürünlerin birbirinden farksız şekilde üretmekte ürünler arasındaki değişkenliği azaltır.

3.2.4. Taguchi kayıp fonksiyonu

Taguchi, üretim belirli tolerans değerleri arasında bile olsa hedef değerden yapılacak her sapmanın üreticiye maliyet olarak geri döneceğini söylüyor. Hedef değer her zaman kayıpların olmadığı, hatalı üretimin olmadığı durumu temsil eder. Böyle bir üretim günümüz şartlarında mümkün olmadığı için üretim kabulü için tolerans değerler tanımlanma zorunluluğu doğmaktadır. Örneğin bir üretilen malzemenin kalınlığı 300 ± 3 mm ise 297 mm'den daha ince üretilen her malzeme kabul görmeyecek ve hurdaya çıkarılmak zorunda kalınacaktır. Bu varsayımla 303 mm'den daha kalın üretilen her malzeme ise üretime tekrar alınarak tekrar işlenmek zorunda kalınacak ve maliyetlerin artmasına neden olacaktır. Üretimde yaşanacak dalgalanmalar ise ürün kalitesini etkileyecek ve müşteri memnuniyetsizliği olarak geri dönecektir (Hamzaçebi ve Kutay, 2000).

Şekil 3.5.'da ilk kısım geleneksel yöntemi göstermektedir, bu yöntemde kayıplar belirlenen tolerans değerleri içerisinde tamamen sıfır olarak görülür. Yani ürün bu değerler içerisinde ise gürbüz bir üründür, değil ise hatalı üretimdir. Fakat Taguchi yönteminde üretim sadece hedef değerde olursa sıfır olacağı hedef değerden uzaklaştıkça, mesafenin karesi kadar bir kayıp olacağı söyleniyor.



Şekil 3.5. Geleneksel yöntem ve Taguchi kayıp fonksiyonu (Şirvancı, 1997; Akyel, 2020)

L: Parasal olarak oluşan kayıp

Y: Değişkenin ölçülen değeri

M: Hedef değer

k: Sapmayı para birimine çeviren bir katsayı

3.3. Çok Kriterli Karar Verme

Hayatın her alanında insanlar hayatlarını belirlemek için, hayatları hakkında karar vermektedirler. Alternatif seçimlerden yapılan doğru tercihler insan hayatını fayda sağlarken, yapılan yanlış tercihler insanlara bir bedel veya maliyet olarak geri dönmektedir. Karar verme analizi bu seçimlere paralel olarak ortaya çıkmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri insanların çeşitli boyutları değerlendirebilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Çünkü kararlar hiçbir zaman tek kriterleri olmamakta bu da seçim sürecini zorlaştırmaktadır. Karar verme sürecinde verilecek olan karar birden çok parametre ile ilgili olduğu için karar

verme süreci zorlaşır, bu zorluk nedeniyle kararlar iyi analiz edilemeyebilir. Karar vermenin bu sürecinde bir yöntem veya bir bilgisayar destekli sistem kullanmak gerekir (Kaplan, 2010).

TOPSIS yöntemini, alternatif çözüm noktasının pozitif ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olacağı varsayımına göre oluşturulmuştur (Küçük ve Ecer, 2007).

TOPSIS yöntemi karar vermenin zor olduğu kriterlerin çok ve analizlerin çözümlenmenin zor olduğu süreçlerde bize kolaylık sağlar. Uygulanması için herhangi bir sistematik program kullanma gereksiniminin olmaması parametre sayısının nispeten düşük olduğu durumlarda MS Excel programı ile rahatlıkla yapılabilmesi yöntemin avantajlarından biridir. Bu yöntemde nitel çevrim yapmaya gerek duymaksızın direk olarak veriler üzerinden uygulanabilmektedir. TOPSIS yöntemi ideal çözüme en yakın uzaklıktaki ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede bir çözüm belirler. Bu avantajlarından ötürü literatürde en çok kullanılan teknikler içerisinde yer almaktadır (Demireli, 2010).

VIKOR yöntemi ise çok kriterli kompleks sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiştir. Birbiri ile çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir uzlaşma ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın ve en uygun alternatif çözümü vermektedir. Son yıllarda da VIKOR yöntemi çok kriterli ve alternatifli gerçek hayat problemlerinin ele alınmasında en çok kullanılan yöntem olmuştur (Köksal ve Emirza, 2011).

3.3.1. TOPSIS yöntemi

Çok kriterli karar verme problemlerinde alternatiflerin sıralanması için yaygın olarak kullanılan TOPSIS ilk defa Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılındaki çalışmalarında tanıtılarak, karar verme süreçlerinde etkili bir araç olarak üstünlüklerini ortaya koymuşlardır (Hwang ve Yoon, 1981).

TOPSIS yönteminin uygulaması altı adımdan oluşmaktadır. Bu altı adım aşağıda sıralanmıştır (Ertuğrul ve Özçil, 2014).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisinde satırlar karar vermede kullanılacak alternatifler, sütunlarda da karşılaştırma için kullanılacak kriterler yer alır. Aşağıda gösterilen A matrisi karar verici tarafından oluşturulan karar başlangıç matrisidir. Karar matrisi metot içerisinde kullanılacak tüm verileri içermektedir (Demireli, 2010).

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

A_{ij} Matrisinde; satırları oluşturan m karar noktası sayısını, sütunları oluşturan n, değerlendirme faktörü sayısını göstermektedir.

Adım 2: Standart (normalize) karar matrisinin oluşturulması

Standart karar matrisi, başlangıç karar matrisi ile Eşitlik (3.1) kullanılarak elde edilir (Demireli, 2010).

$$y_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.2)$$

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

Standart karar matrisi (R) ile gösterilir (Demireli, 2010).

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

Değerlendirme kriterlerine ilişkin belirlenen ağırlık değerleri ile standart karar matrisi çarpılarak bulunan matris, ağırlıklı standart karar matrisidir.

$$V_{ij} = \begin{pmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Bulunan ağırlıklı karar matrisi (V) ile gösterilir. Eşitlik (3.5)'de görüldüğü gibi ağırlıkların (w) tüm değerleri toplamı 1'e eşittir (Demireli, 2010).

$$\sum_{i=1}^n (w_i) = 1 \quad (3.5)$$

Adım 4: Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm kümelerinin oluşturulması

Pozitif ideal çözüm kümesinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilir. Pozitif ideal kümenin bulunması Eşitlik (3.6) ile yapılır.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.6)$$

Pozitif ideal çözüm kümesi sonucunda aşağıdaki gibi bir küme bulunur ve A* ile gösterilir (Demireli, 2010).

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (3.7)$$

Negatif ideal çözüm kümesi ise V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur. Negatif ideal kümenin bulunmasında Eşitlik (3.8) kullanılır (Demireli, 2010).

$$A^- = \left\{ \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.8)$$

Negatif ideal çözüm kümesi sonucunda aşağıdaki gibi bir küme bulunur ve bu küme A- ile gösterilir (Demireli, 2010).

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (3.9)$$

Burada gösterilen Eşitlik (3.6) ve (3.8)'de kriterler fayda yönlü ise pozitif ideal kümesinde J maksimizasyonu ve negatif ideal çözüm kümesinde J minimizasyonunu göstermektedir. Aynı şekilde kriter maliyet yönlü ise pozitif ideal çözüm kümesinde J minimizasyonu ve negatif ideal çözüm kümesinde J maksimizasyonu nitelemektedir. Her iki çözüm kümesi de alternatif sayısı veya değerlendirme faktörü sayısı kadar yani m elemandan oluşur (Demireli, 2010).

Adım 5: Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması

Her bir alternatife ilişkin karşılaştırma kriteri değerlendirmesini bulunurken pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklıklar öklidal uzaklık yaklaşımı ile hesaplanır. Elde edilen alternatiflerin kriterlere ilişkin sapma değerleri pozitif ideal ayırım ve negatif ideal ayırım ölçüsü olarak kullanılır.

Pozitif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken Eşitlik (3.10) kullanılır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad (3.10)$$

Negatif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri S^* hesaplanırken ise Eşitlik (3.11) kullanılır (Demireli, 2010).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (3.11)$$

Hesaplanan pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri S -alternatif sayısı kadar olmalıdır (Demireli, 2010).

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Her bir alternatif sayısının ideal çözüme göreli yakınlığı hesaplanırken pozitif ve negatif ideal ayırım ölçülerinden faydalanılır. Negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payı yakınlık katsayısı değerini verir. Yakınlık katsayısı Eşitlik (3.12) yardımıyla hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (3.12)$$

Eşitlik (3.12)'de gösterilen C değeri 0,1 aralığındadır. C değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme olan yakınlığı, 0'a yakın olması ideal çözüme olan uzaklığı gösterir (Demireli, 2010).

3.3.2. VIKOR yöntemi

"VIKOR yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerine yönelik olarak 1998 yılında Opricovic tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, karar vericilere çeşitli

kriterleri göz önünde bulundurarak en iyi çözümü seçme konusunda rehberlik etmek amacıyla tasarlanmıştır. VIKOR, özellikle karmaşık karar verme problemlerinde etkili bir çözüm sunabilmesi ve bu alandaki araştırmalara önemli katkılarda bulunabilmesiyle bilinir. Yöntemin çözüm basamaklarında aşağıdaki algoritma izlenir (Opricovic, 1998).

Adım 1: En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerlerinin bulunması

VIKOR yönteminin ilk basamağında en iyi ve en kötü değerler belirlenir. Değerlerin belirlenmesinde Eşitlik (3.13) ve (3.14) kullanılır (Peng vd., 2015).

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (3.13)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (3.14)$$

Adım 2: S_j ve R_j değerlerinin hesaplanması

Her bir kriter için en iyi ve en kötü değerleri hesaplandıktan sonra her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri Eşitlik (3.15) ve (3.16) yardımıyla hesaplanır. S_j değeri ortalama grup, R_j ise en kötü grup değerini gösterir (Peng vd., 2015).

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (3.15)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (3.16)$$

Adım 3: Qj değerlerinin hesaplanması

Her bir alternatif için Eşitlik (3.17) yardımıyla değerlendirme kriterlerine göre belirlenen Qj değerleri, maksimum grup faydasını gösterir (Peng vd., 2015).

$$Q_j = \frac{v(s_j - s^*)}{s^- - s^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (3.17)$$

Yukarıdaki Eşitlikte gösterilen S^* ve R^* minimum S_j ve R_j değerlerini, S^- ve R^- maksimum S_j ve R_j değerlerini göstermektedir. Kullanılan Eşitlik (3.17)'de v değeri maksimum grup faydasını yaratacak strateji için ağırlık değerini, fakat $(1-v)$ değeri ise karşıt görüşteki karar vericilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir. VIKOR yönteminde maksimum grup faydası için $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v = 0,5$ konsensusu (uyuşma) ve $v < 0,5$ vetoyu temsil etmektedir ve bu v değeri grup kararı ile belirlenmektedir. (Deveci ve Yavuz, 2014)

Adım 4: S_j , R_j ve Q_j değerlerinin sıralanması

Her bir alternatif için hesaplanan S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır.

Adım 5: Kabul edilebilir avantaj (C1) ve kabul edilebilir istikrar (C2) kümelerinin belirlenmesi

S_j , R_j ve Q_j değerlerinin sıralaması göre karar vericiler için kabul edilebilir avantaj (C1) ve kabul edilebilir istikrar (C2) kümeleri belirlenir. Herhangi bir alternatifin C1 (Kabul Edilebilir Avantaj) kümesinde yer alabilmesi için Eşitlik (3.18)'de gösterilen koşulu sağlaması gerekir (Peng vd., 2015).

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (3.18)$$

Eşitlik (3.18)'deki DQ değeri, m alternatif sayısı olmak üzere $(1/(1-m))$ ile hesaplanır. Qj sıralamasına göre A2 alternatifi A1 alternatifinden sonraki sırada yer alıyorsa ve Eşitlik (3.18)'de gösterilen koşul sağlanıyorsa A1 karar noktası C1 grubunda yer alır. Bu hesaplama yöntemi tüm Qj değerlerine uygulanıp alternatiflerin hangilerinin C1 kümesinde olup olmadığı tespit edilir. Kabul edilebilir istikrar (C2) kümesi ise Sj, Rj ve Qj sıralamalarının tamamında aynı sırada yer alan alternatiflerden oluşur. C1 ve C2 kümelerinin her ikisinde yer alan alternatifler sıralama mantığına göre istikrarlı karar noktalarını gösterir (Ertuğrul ve Özçil, 2014).

3.3.3. COPRAS yöntemi

COPRAS yöntemi Zavadskas ve Kaklauskas tarafından geliştirilmiş birçok ölçütlü karar verme yöntemidir. Bu yöntemde, alternatiflerin önem ve fayda dereceleri, karmaşık nispi değerlendirmeler kullanılarak belirlenir. COPRAS, alternatiflerin önem ve fayda derecelerini adım adım sıralarken, karşılıklı çatışan kriterlerin varlığı durumunda alternatiflerin önem ve fayda derecelerinin birbirlerine direkt ve nispi olarak bağımlı olduğu varsayımını yapar (Zavadskas ve Kaklauskas, 1996).

COPRAS yönteminin çözümünde aşağıdaki çözüm adımları takip edilir (Yıldırım ve Timor, 2019).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi COPRAS yönteminde de ilk adım Eşitlik (3.19)'daki gibi karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.19)$$

Adım 2: Normalizasyon yapılması ve normalize karar matrisinin oluşturulması

Normalizasyon işlemi, karar probleminde kullanılan performans değerlerinin farklı ölçeklerde değerlendirilmesi ve farklı birimlerden oluşmasından kaynaklanan çeşitli ölçüm sorunlarını gidermeyi amaçlamaktadır. Aynı birime dönüştürülen veriler, serilerin daha tutarlı bir şekilde karşılaştırılmasını sağlar. Ayrıca, bir seri geniş aralıklarda değerler içeriyorsa, normalizasyon işlemi bu değerleri daha küçük aralıklara çekerek daha etkili bir karşılaştırma imkânı sunar (Yıldırım ve Timor, 2019). COPRAS yönteminde normalizasyon işleminde kriterin fayda ya da maliyet özelliği taşıması önemli değildir. Normalizasyon Eşitlik (3.20)'de gösterilmiştir.

$$\bar{A}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (3.20)$$

Adım 3: Ağırlıklandırma yapılması ve ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması

Karar Probleminde alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında karara ne derecede etki edeceğinin kararı için kriterlerin ağırlıklarından faydalanılmaktadır. Kriter ağırlıkları Eşitlik (3.21) ile gösterilmiştir.

$$\sum_{i=1}^n (w_i) = 1 \quad (3.21)$$

Adım 4: Küme ağırlıklarının belirlenmesi

Küme ağırlıkları, kümelerin önem derecesini gösterir. Bu ağırlıklar, karar matrisinde ilgili kümeye göre ağırlıklı toplamaları hesaplamak için kullanılır (Yıldırım ve Timor, 2019). S değeri küme ağırlıklarını gösterip Eşitlik (3.21) ve (3.22) ile gösterilmiştir.

$$S_{+i} = \sum_{j=i}^k a_{+ij} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3.22)$$

$$S_{-i} = \sum_{j=i}^k a_{-ij} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3.23)$$

Adım 5: Göreceli önem değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3.21) ve (3.22)'de hesaplanan " S_{+i} ve S_{-i} değerleri belirlenen her bir alternatifin hedef değere ne ölçüde yaklaştığının belirteçleridir (Yıldırım ve Timor, 2019). Bu değerlerden yola çıkarak Q_i yani göreceli önem değeri Eşitlik (3.24)'de hesaplanmaktadır.

$$Q_i = S_i + \frac{S_{-min} \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-min} \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{-min}}{S_{-i}} \right)} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.24)$$

Adım 6: Çözüm matrisinin oluşturulması

Eşitlik (3.24) ile hesaplanan göreceli önem değerlerinden yola çıkılarak P_i Çözüm matrisi Eşitlik (3.25) ile hesaplanır. P_i değerleri büyükten küçüğe doğru olacak şekilde sıralanarak çözüm matrisi oluşturulur (Yıldırım ve Timor, 2019).

$$P_i = \left[\frac{Q_i}{Q_{max}} \right] 100\% \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.25)$$

3.3.4. Önerilen baskın çözüm yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda, genellikle birden fazla yöntem kullanılarak yapılan çözümlerin kıyaslaması yapılır. Seçimde veya sıralamada alternatifler arasından farklı yöntemlere göre en iyi olan alternatiflerin farklı yöntemler açısından sıralarının değerlendirilmesi yoluyla

nihai alternatfin seçimi veya alternatiflerin sıralanması araştırılır. Bu noktada bu tez çalışmasında yeni bir baskın çözüm yöntemi önerilmiştir.

Önerilen yeni yöntem ile nihai kararın belirlenmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Çözüm adımları aşağıdaki bölümlerde detaylı şekilde anlatılmıştır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

İlk adım olarak diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin çözüm matrisleri karar matrisi olarak kullanılır. Karar Eşitlik (3.26)'da gösterilmiştir. A_{ij} Matrisi m tane seçeneğe sahip karar probleminin n tane yöntem ile çözüm sonuçlarını içerir.

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

$$i=1,2,3,\dots,m$$

$$j=1,2,3,\dots,n$$

Adım 2: Maksimizasyon ve karar aralığı belirlenmesi

Eşitlik (3.27)'de olduğu gibi karar matrisindeki her sütunun en büyük değeri bulunur. Karar aralığına geniş aralık olması için 100 olarak karar verilebilir.

$$\max_{Ai} = \max_{ij} \quad i = 1,2,\dots,m \quad (3.27)$$

D : Karar aralığı

Adım 3: Matrisin karar aralığına getirilmesi

Eşitlik (3.28) yardımı ile matrisimiz karar matrisi ölçüsüne getirilir. Yöntem çıktıları sonuçta büyükten küçüğe doğru sıralanıyorsa sonuç kıyas aralığından çıkartılarak işleme devam edilir.

$$A' = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \times D' \quad (3.28)$$

Adım 4: Baskınlık ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

Yöntem ağırlıkları M_i belirlendikten sonra karar aralığındaki matrisi Eşitlik (3.29) yardımı ile baskın matris oluşturulur.

$$Q_{ij} = a'_{ij} \times M_i \quad (3.29)$$

Adım 5: Baskın çözüm matrisinin oluşturulması

Q_{ij} Değerlerinden yola çıkarak Eşitlik (3.30)'daki P_i değerleri hesaplanır. Çözüm matrisindeki değerler büyükten küçüğe sıralanarak çözüm oluşturulur.

$$P_i = Q_i/n \quad ; \quad n: \text{sütun sayısı} \quad (3.30)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada örneklem olarak Mersin ili Tarsus ilçesinde yer alan süpermarket zincirinin mevcut şubeleri ele alınmaktadır. Mevcut şubelerin cirolarından yola çıkarak verimlilikleri ve yeni şube yeri seçimi için en etkin kriterler belirlenecektir. Bu belirlemede öncelikle kriter ağırlıkları mevcut yönetim tarafından belirlenmiştir. Bu çalışmada; Taguchi yöntemi ile alternatif bir kriter ağırlıkları da belirlenmiştir. Ardından hem işletme yönetimi kriter ağırlıkları hem de Taguchi yöntemi ile belirlenmiş ağırlıklar kullanımlarıyla TOPSIS, VIKOR ve COPRAS, çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile çıktılar elde edilmiştir. Yöntemlerin birbirlerinden farkı ortaya çıktılarla koyulmuştur.

Çizelge 4.1.'de Mersin ili Tarsus ilçesinde yer alan alternatif süpermarket zincirinin mağazaları ve bu mağazalara ait bilgiler verilmiştir. Bilgilerin yer aldığı kriterler seçilirken mevcut mağaza müdürlerinden ve bölge müdürlerinin tecrübelerinden faydalanılmıştır.

Çizelge 4.1.Alternatif süpermarket bilgileri (Tarsus Belediyesi, 2019)

No	Mağaza Adı	Adresi	Alan (m ²)	Otopark	Rakip	Nüfus
1	Adliye Mağazası	Yrb. Şemsettin Mah.	380	9	4	4854
2	Hilalkent Mağazası	Kırkarsırtı Mah.	400	10	2	13565
3	Kırkarsırtı Mağazası	Kırkarsırtı Mah.	345	3	7	13565
4	Cetvel Mağazası	Şehitler Tepesi Mah.	340	3	3	10307
5	Kocatepe Mağazası	Ergenekon Mah.	340	5	2	10435
6	Ülküköy Mağazası	Altaylılar Mah.	385	6	8	11245
7	Gazipaşa Mağazası	Bağlar Mah.	390	2	3	9807
8	Atatürk Mağazası	Anıt Mah.	320	3	5	11812
9	Şehit İshak Mağazası	Şehit İshak Mah.	260	2	4	10332
10	Anıt Mağazası	Anıt Mah.	400	2	3	11812
11	Yarenlik Mağazası	Yeni Ömerli Mah.	280	0	2	2219
12	Nato Mağazası	Duatepe Mah.	340	5	1	2944

İşletme yönetimiyle yapılan görüşmeler sonucunda belirlenen kriterler ve kriterlerin ağırlıkları Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. İşletme yönetimi kriter ağırlıkları

Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
0,100000	0,350000	0,250000	0,300000

4.1. Taguchi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma

Çalışmada işletme yönetiminin kriter ağırlıklarına alternatif olarak Taguchi yöntemi ile kriter ağırlıkları tespiti yapılmıştır.

Problemin çözümü için başlangıç adımı ortogonal dizinin seçilmesidir. Ortogonal dizinin seçimi için her faktör için serbestlik dereceleri belirlenir. Deney faktörleri ve seviyeleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Faktörler ve Seviyeleri

Faktörler	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
İşletme alanı m ²	250-300	300-350	350-400
Otopark Araç Kapasitesi	0-4	4-8	8-12
Çevredeki Rakip İşletme Sayısı	0-3	3-6	6-9
Mağaza Çevresinin Nüfusu	2000-6000	6000-10000	10000-14000

Serbestlik derecesi, her faktör için seviye sayısının bir eksiği hesaplanarak bulunur. Bizim örneğimizdeki her faktör için serbestlik derecesi iki olarak hesaplanır, toplam serbestlik derecesi ise sekiz olarak bulunur. Bu durumda uygun olan ortogonal dizin Çizelge 3.5. yardımıyla $L_9(3^4)$ olarak seçilecektir. Bu ortogonal dizinin deney tasarımı Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. L_9 Taguchi deney tasarımı

Deney no	Market alanı	Otopark alanı	Rakip sayısı	Nüfus miktarı
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Çizelge 4.3.'den yola çıkarak deney tasarımı yapılmış ve ele alınan işletmeler için günlük cirolar çıkartılmıştır. Yıllık bazda alınan ciroların ortalamasının alınmasıyla daha düzgün sonuç elde edilmiştir. S/N oranları ve cirolarında yer aldığı deney tasarımı tablosu Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Mağaza zincirinin ilçe genelinde toplamda 12 adet şubesi bulunmaktadır. Karlılık hesaplanırken bu 12 mağaza baz alınmıştır. Deneye uymayan bayilerin karlılıkları regresyon analizi yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplamada kullanılan katsayılar (4.1) numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$Y=11849,19 + 6,61*X_1 + 83,61*X_2 + 369,13*X_3 + 0,25*X_4 \quad (4.1)$$

Hesaplamalar yapılırken mevcut olan düzende en yüksek karlılık bekleneceği için Eşitlik (1.1) vasıtasıyla en yüksek değer en iyi yöntemine göre hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Karlılık ve S/N oranları

Deney no.	Market alanı	Otopark alanı	Rakip sayısı	Nüfus miktarı	Karlılık	Sinyal/Gürültü
1	250-300	0-4	0-3	2000-6000	10337,35	80,29
2	250-300	4-8	3-6	6000-10000	9921,99	79,93
3	250-300	8-12	6-9	10000-14000	9506,63	79,56
4	300-350	0-4	3-6	10000-14000	10952,46	80,79
5	300-350	4-8	6-9	2000-6000	7457,69	77,45
6	300-350	8-12	0-3	6000-10000	10364,51	80,31
7	350-400	0-4	6-9	6000-10000	8488,17	78,58
8	350-400	4-8	0-3	10000-14000	11394,98	81,13
9	350-400	8-12	3-6	2000-6000	7900,21	77,95

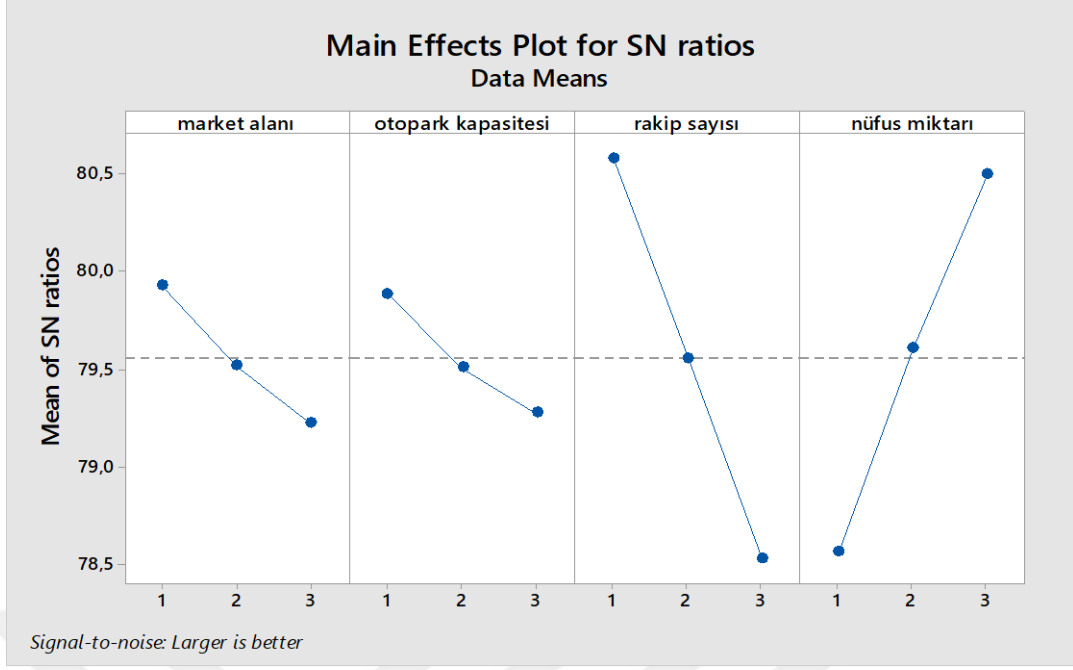
Bir sonraki aşamada hesaplamalar yapılırken her faktörün her seviyedeki etkisinin ayrı ayrı bulunması gerekmektedir (Savaşkan vd., 2004). Bu işlem için her faktörün aynı seviyelerine denk gelen sinyal gürültü oranlarının ortalaması alınır.

Çizelge 4.5.'de p değerleri 0,000 olarak hesaplanmıştır. P değerinin bu şekilde hesaplanması faktörlerin karlılık üzerinde direk olarak etkilerinin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. Varyans analizi tablosu

Faktörler	Serbestlik Derecesi	Sinyal Gürültü Oranları			Kareler Toplamı	Ortalama Kareler Toplamı	Faktör Etkisi (%)	F Değeri	P Değeri
		1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye					
Market alanı	2	79,93	79,28	79,22	0,930	0,465	0,059	0,416	0,000
Otopark alanı	2	79,89	79,50	79,27	0,589	0,295	0,038	0,263	0,000
Rakip sayısı	2	80,58	79,57	78,53	6,304	3,152	0,402	2,817	0,000
Nüfus miktarı	2	78,56	79,61	80,49	5,602	2,801	0,358	2,503	0,000
Hata	3				4,475	1,119	0,143		
Toplam	11				17,901		1,000		

Şekil 4.1.'de sinyal gürültü oranı için MINITAB Statistical Software paket programı çıktısı yer almaktadır. Bu çıktıya göre market alanının 250-300 m² arasında olması, 0-4 adetlik otopark kapasitesi, 0-3 adet arasında rakip sayısı, 10000-14000 kişilik bir nüfus dağılımının olduğu bölge en iyi verimli işletme yeri seçimini sağlayacağı düşünülmektedir. En iyi değerler faktörlerle birlikte Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. S/N için sonuç tablosu

Bulunan sonuca göre Çizelge 4.7.'deki faktörlerin optimum seviyelerine göre MINITAB programında tahminleme yapılmış ve sinyal gürültü oranı 82,2188, karlılığı ise 12390,3 ₺ olarak bulunmuştur. Yukardaki kriterlerde açılacak olan işyerinin gelecekteki günlük toplam cirosu tahminlenmiştir. Tablodaki kriter ağırlıkları önem derecesinden alınmıştır. Buradaki hata değeri aslında işletme yönetimiyle yapılan görüşmede belirlenen kriterlerde seçilmeyen kriterleri temsil etmektedir. Taguchi yöntemiyle bunları da gösterilmektedir. İzafi ağırlıklar hata değeri olmadan ağırlıklı olarak değer toplamalarının bire eşitlenmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Taguchi metodu ile en iyi faktör seviyeleri

Faktörler	Optimum Seviyeler	Kriter ağırlıkları	Taguchi izafi ağırlıklar
Market alanı	250-300	0,059000	0,068845
Otopark alanı	0-4	0,038000	0,044341
Rakip sayısı	0-3	0,402000	0,469078
Nüfus miktarı	10000-14000	0,358000	0,417736
Karlılık	12390,3		
S/N	82,2188		
Hata		0,143000	
Toplam		1	1

4.2. TOPSIS Yöntemi ile Çözüm

Uygun görülen alternatifler Çizelge 4.1'deki veriler baz alınarak TOPSIS yönteminin çözüm adımları takip edilerek en iyi çözüme ulaşılmaya çalışılacaktır. Bölüm 3.6'daki çözüm adımları takip edilecektir. İlgilendiğimiz probleme ait karar matrisi aşağıda Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. TOPSIS yöntemi karar matrisi

Market no	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
1	380	9	4	4854
2	400	10	2	13565
3	345	3	7	13565
4	340	3	3	10307
5	340	5	2	10435
6	385	6	8	11245
7	390	2	3	9807
8	320	3	5	11812
9	260	2	4	10332
10	400	2	3	11812
11	280	0	2	2219
12	340	5	1	2944

Eşitlik (3.3)'den faydalanılarak standart karar matrisi oluşturulur. Standartlaştırılmış karar matrisi Çizelge 4.9.'da yer almıştır.

Çizelge 4.9. TOPSIS yöntemi standart karar matrisi

Market no	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
1	5,877538	1,272792	0,603023	14,446365
2	6,186882	1,414214	0,301511	40,371845
3	5,336186	0,424264	1,055290	40,371845
4	5,258850	0,424264	0,452267	30,675459
5	5,258850	0,707107	0,301511	31,056410
6	5,954874	0,848528	1,206045	33,467114
7	6,032210	0,282843	0,452267	29,187371
8	4,949506	0,424264	0,753778	35,154606
9	4,021473	0,282843	0,603023	30,749864
10	6,186882	0,282843	0,452267	35,154606
11	4,330818	0,000000	0,301511	6,604137
12	5,258850	0,707107	0,150756	8,761866

Standart karar matrisi oluşturulduktan sonraki adımda ise Çizelge 4.10.'da gösterilen ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur. Bu matris oluşturulurken Eşitlik (3.4)'den faydalanılmıştır.

Çizelge 4.10. TOPSIS yöntemi ağırlıklı standart karar matrisi

Market no	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
1	0,587754	0,445477	0,150756	4,333909
2	0,618688	0,494975	0,075378	12,11155
3	0,533619	0,148492	0,263822	12,11155
4	0,525885	0,148492	0,113067	9,202638
5	0,525885	0,247487	0,075378	9,316923
6	0,595487	0,296985	0,301511	10,04013
7	0,603221	0,098995	0,113067	8,756211
8	0,494951	0,148492	0,188445	10,54638
9	0,402147	0,098995	0,150756	9,224959
10	0,618688	0,098995	0,113067	10,54638
11	0,433082	0,000000	0,075378	1,981241
12	0,525885	0,247487	0,037689	2,628560

Çizelge 4.12.'in oluşturulmasında kullanılan ve sektördeki deneyimli personelden yani mevcut mağaza müdürleri ile yapılan görüşmelerden sonra belirlenmiş olan kriter ağırlıkları Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir.

Taguchi yönteminden elde edilen önem dereceleri toplamı 1 olacak şekilde ayarlanarak Taguchi izafi ağırlık olarak Çizelge 4.11.'a eklenmiştir. Bu bölümden sonra yöntemden iki farklı çözüm elde edilecektir.

Çizelge 4.11. Kriterlerin ağırlıkları

	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
İşletme Görüşü	0,100000	0,350000	0,250000	0,300000
Taguchi İzafi Ağırlık	0,068845	0,044341	0,469078	0,417736

Ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulduktan sonra Eşitlik (3.6) ve (3.8) yardımıyla pozitif ve negatif ideal çözümler oluşturulur.

Son olarak da ideal çözüme göre yakınlık Eşitlik (3.12) yardımıyla hesaplanır. Pozitif ve negatif ideal çözümler ve ideal çözüme yakınlık Çizelge 4.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. TOPSIS yöntemi ideal çözüme göre yakınlık katsayısı

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları çözümü			Taguchi izafi ağırlık çözümü		
	Pozitif ideal çözüm	Negatif ideal çözüm	İdeal çözüme göre yakınlık	Pozitif ideal çözüm	Negatif ideal çözüm	İdeal çözüme göre yakınlık
1	7,778685	2,406382	0,236266	10,832114	3,291138	0,233030
2	0,037689	10,147229	0,996300	0,070716	14,113303	0,995014
3	0,422402	10,132324	0,959980	0,430563	14,106477	0,970382
4	2,931917	7,226440	0,711379	4,053742	10,062057	0,712822
5	2,807355	7,344380	0,723461	3,892688	10,223813	0,724246
6	2,097646	8,066681	0,793627	2,926677	11,222492	0,793156
7	3,379503	6,781295	0,667398	4,674582	9,441483	0,668847
8	1,614884	8,567677	0,841407	2,199798	11,928640	0,844300
9	2,923850	7,245963	0,712497	4,028118	10,090519	0,714695
10	1,616244	8,570521	0,841339	2,184590	11,932745	0,845255
11	10,144166	0,228240	0,022004	14,106892	0,424831	0,029235
12	9,486677	0,751788	0,073428	13,204827	1,032342	0,072510

İdeal çözüme göre bulunan değerlerin 1'e yakın olması en iyi çözüme yakınlığı 0'a yakın olması ise en kötü çözüme yakınlığı ifade eder. Buna göre en iyi işletme yeri seçimi sıralaması Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. TOPSIS yöntemi çözüm sıralaması

İşletme görüşü ağırlıkları çözümü		Taguchi izafi ağırlık çözümü	
Market no	İdeal çözüm	Market no	İdeal çözüm
2	0,996300	2	0,995014
3	0,959980	3	0,970382
8	0,841407	10	0,845255
10	0,841339	8	0,844300
6	0,793627	6	0,793156
5	0,723461	5	0,724246
9	0,712497	9	0,714695
4	0,711379	4	0,712822
7	0,667398	7	0,668847
1	0,236266	1	0,233030
12	0,073428	12	0,072510
11	0,022004	11	0,029235

4.3. VIKOR Yöntemi ile Çözüm

Bu bölümde Çizelge 4.1.'de yer alan veriler, VIKOR yönteminin çözüm basamakları uygulanarak ideal çözüme ulaşılabacaktır.

Çözümün ilk basamağı olarak Çizelge 4.1.'de yer alan veriler ve Eşitlik (3.13), (3.14) yardımıyla f_i^+ ve f_i^- değerleri hesaplanır. Hesaplanan değerler ve tecrübeli personel tarafından belirlenen önem düzeyi (ağırlık değeri) w_i aşağıdaki Çizelge 4.14.'de yer almaktadır.

Çizelge 4.14. VIKOR yöntemi en iyi, en kötü değerler ve ağırlık katsayıları

	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
F+	400	10	8	13565
F-	260	0	1	2219
İşletme Görüşü	0,100000	0,350000	0,250000	0,300000
Taguchi İzafi Ağırlık	0,068845	0,044341	0,469078	0,417736

Eşitlik (3.15)'de S_j , (3.16)'da R_j ve (3.17)'de Q_j değerleri hesaplanır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.15.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. VIKOR yöntemi S_j , R_j ve Q_j değerleri

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları çözümü			Taguchi izafi ağırlık çözümü		
	S_j	R_j	Q_j	S_j	R_j	Q_j
1	0,386756	0,230328	0,548185	0,536024	0,320721	0,765540
2	0,035714	0,035714	0,000000	0,067011	0,067011	0,000000
3	0,498571	0,245000	0,647518	0,460152	0,402067	0,793898
4	0,445431	0,245000	0,611403	0,314519	0,134022	0,320825
5	0,336332	0,175000	0,425894	0,233927	0,115240	0,220137
6	0,462057	0,250000	0,630657	0,579608	0,469078	0,991854
7	0,457937	0,280000	0,675584	0,312774	0,138362	0,324548
8	0,491351	0,245000	0,642611	0,402965	0,268045	0,572359
9	0,572627	0,280000	0,753528	0,424383	0,201034	0,509577
10	0,397780	0,280000	0,634700	0,234037	0,134022	0,243600
11	0,771429	0,350000	1,000000	0,588098	0,417736	0,936153
12	0,498687	0,280830	0,704599	0,442719	0,391043	0,763461

Sonraki adımda S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe sıralanarak, Eşitlik (3.18) vasıtasıyla kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrarlar belirlenir. Belirlenen kümelere göre ideal çözüm sıralaması Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. VIKOR yöntemi ideal çözüm

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları çözümü	Market No	Taguchi izafi ağırlık çözümü
2	0,000000	2	0,000000
5	0,425894	5	0,220137
1	0,548185	10	0,243600
4	0,611403	4	0,320825
6	0,630657	7	0,324548
10	0,634700	9	0,509577
8	0,642611	8	0,572359
3	0,647518	12	0,763461
7	0,675584	1	0,765540
12	0,704599	3	0,793898
9	0,753528	11	0,936153
11	1,000000	6	0,991854

4.4. COPRAS Yöntemi ile Çözüm

Çizelge 4.1.'deki karar matrisinden yola çıkarak 3.2.3. bölümündeki COPRAS çözüm adımları takip edilerek ideal çözüme ulaşılır.

Çizelge 4.17. COPRAS yöntemi normalize karar matrisi

Normalize Karar Matrisi				
Market No	Market Büyüklüğü	Otopark Alanı	Rakip Firma	Nüfus Miktarı
1	0,090909	0,180000	0,090909	0,042995
2	0,095694	0,200000	0,045455	0,120154
3	0,082536	0,060000	0,159091	0,120154
4	0,081340	0,060000	0,068182	0,091296
5	0,081340	0,100000	0,045455	0,092429
6	0,092105	0,120000	0,181818	0,099604
7	0,093301	0,040000	0,068182	0,086867
8	0,076555	0,060000	0,113636	0,104626
9	0,062201	0,040000	0,090909	0,091517
10	0,095694	0,040000	0,068182	0,104626
11	0,066986	0,000000	0,045455	0,019655
12	0,081340	0,100000	0,022727	0,026077

Eşitlik (3.20) yardımı ile normalize karar matrisi bulunur. Normalize karar matrisi Çizelge 4.17.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.18. Kriterlerin ağırlıkları

	Market büyüklüğü	Otopark alanı	Rakip işletme sayısı	Nüfus miktarı
İşletme görüşü	0,100000	0,350000	0,250000	0,300000
Taguchi izafi ağırlık	0,068845	0,044341	0,469078	0,417736

İşletme Görüşü, yani mağaza müdürleri ile yapılan değerlendirme sonucu elde edilen ağırlıklar ve Taguchi yöntemi neticesinde elde edilen ağırlıklar Çizelge 4.18.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. COPRAS yöntemi ideal çözüm

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları	Taguchi izafi ağırlık
1	68,929623	46,417905
2	100,000000	93,826751
3	51,042363	58,398707
4	52,352365	64,641369
5	68,833660	80,322774
6	61,344266	52,728349
7	47,385225	63,121801
8	49,608539	57,684965
9	42,943573	56,015790
10	51,262221	69,144443
11	28,255327	51,873211
12	74,455003	100,000000

Eşitlik (3.25) vasıtasıyla hesaplanan P_i değerleri İşletme Görüşü ve Taguchi izafi ağırlık ağırlıkları için hesaplanan değerler Çizelge 4.19.'da gösterilmiştir. Bu değerlerin büyükten küçüğe sıralanması da bize ideal çözüm sıralamasını vermektedir. İdeal çözüm sıralaması Çizelge 4.20.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.20. COPRAS yöntemi işletme görüşü ve Taguchi izafi ağırlık çözüm

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları çözümü	Market No	Taguchi İzafi Ağırlıkları çözümü
2	100,000000	12	100,000000
12	74,455003	2	93,826751
1	68,929623	5	80,322774
5	68,833660	10	69,144443
6	61,344266	4	64,641369
4	52,352365	7	63,121801
10	51,262221	3	58,398707
3	51,042363	8	57,684965
8	49,608539	9	56,015790
7	47,385225	6	52,728349
9	42,943573	11	51,873211
11	28,255327	1	46,417905

4.5. Baskın Çözüm Yöntemi ile Çözüm

Bu bölümde, 3.2.4. bölümde belirtilen çözüm adımları kullanılarak, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri aracılığıyla elde edilen sonuçlar değerlendirilecek ve bir kez daha baskın çözüm ortaya çıkarılacaktır. Yöntemlerin çözüm matrislerinden elde edilen karar matrisi Çizelge 4.21.'de gösterilmiştir.

Baskın çözüm yöntemi, İşletme Görüşü ve Taguchi izafi ağırlık temelli verilerin her iki çözüm ağırlığı için kullanılmasıyla iki farklı perspektiften ele alınmıştır.

Çizelge 4.21. Baskın çözüm karar matrisi

Market no	TOPSIS		VIKOR		COPRAS	
	İşletme Görüşü	Taguchi izafi ağırlık	İşletme Görüşü	Taguchi izafi ağırlık	İşletme Görüşü	Taguchi izafi ağırlık
1	0,236266	0,233030	0,548185	0,765540	68,929623	46,417905
2	0,996300	0,995014	0,000000	0,000000	100,000000	93,826751
3	0,959980	0,970382	0,647518	0,793898	51,042363	58,398707
4	0,711379	0,712822	0,611403	0,320825	52,352365	64,641369
5	0,723461	0,724246	0,425894	0,220137	68,833660	80,322774
6	0,793627	0,793156	0,630657	0,991854	61,344266	52,728349
7	0,667398	0,668847	0,675584	0,324548	47,385225	63,121801
8	0,841407	0,844300	0,642611	0,572359	49,608539	57,684965
9	0,712497	0,714695	0,753528	0,509577	42,943573	56,015790
10	0,841339	0,845255	0,634700	0,243600	51,262221	69,144443
11	0,022004	0,029235	1,000000	0,936153	28,255327	51,873211
12	0,073428	0,072510	0,704599	0,763461	74,455003	100,000000

Çizelge 4.21.'deki karar matrisinden yola çıkarak Çizelge 4.22.'deki verilerinde yardımıyla Bölüm 3.2.4. teki çözüm adımları takip edilerek Çizelge 4.23.'deki ağırlıklandırılmış çözüm matrisine ulaşılır. Kriter ağırlıklarını elde ederken literatürdeki TOPSIS, VIKOR ve COPRAS'ın kullanım sıklığından faydalanılmıştır.

Çizelge 4.22. Baskın çözüm kriterleri

	TOPSIS	VIKOR	COPRAS
En büyük	0,996300	1,000000	100,000000
Kıyas aralığı	100,000000	100,000000	100,000000
Yöntem Ağırlıkları	0,500000	0,300000	0,200000
Karar yönü	maks	min	maks

Çizelge 4.23. Baskın çözüm ağırlıklandırılmış çözüm matrisi

Mar ket no	İşletme görüşü ağırlıkları			Taguchi izafi ağırlık		
	TOPSIS	VIKOR	COPRAS	TOPSIS	VIKOR	COPRAS
1	11,857162	13,554454	13,785925	11,709869	6,845183	9,283581
2	50,000000	30,000000	20,000000	50,000000	30,000000	18,765350
3	48,177271	10,574470	10,208473	48,762192	5,987451	11,679741
4	35,701053	11,657924	10,470473	35,819702	20,296206	12,928274
5	36,307383	17,223176	13,766732	36,393722	23,341646	16,064555
6	39,828718	11,080293	12,268853	39,856488	0,000000	10,545670
7	33,493835	9,732488	9,477045	33,609899	20,183609	12,624360
8	42,226602	10,721680	9,921708	42,426522	12,688215	11,536993
9	35,757175	7,394151	8,588715	35,913803	14,587135	11,203158
10	42,223188	10,958993	10,252444	42,474500	22,631982	13,828889
11	1,104311	0,000000	5,651065	1,469062	1,684763	10,374642
12	3,685025	8,862026	14,891001	3,643684	6,908045	20,000000

Eşitlik (3.30) ile ideal çözüme ulaşılır, ideal çözümün büyükten küçüğe doğru sıralanması ile maksimum faydayı sağlayan market numaralarını göstermektedir. Sıralanmış ideal çözüm Çizelge 4.24.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.24. Baskın çözüm sıralanmış ideal çözüm

Market No	İşletme görüşü ağırlıkları çözümü	Market No	Taguchi izafi ağırlıkları çözümü
2	33,333333	2	32,647417
5	22,095446	5	25,657301
3	20,293904	10	25,503709
6	19,770668	4	22,659421
10	19,137619	7	21,957811
8	18,866742	8	20,536895
4	18,068247	9	19,607464
7	16,312725	3	19,542362
9	15,456121	6	14,715703
1	15,313940	12	14,479354
12	12,373904	1	10,294991
11	3,384883	11	6,714134

4.6. Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde, süpermarket zinciri için yeni market yeri seçimi karar probleminin çözümüne yönelik uygulanan yöntemlerin sonuçlarına ayrıntılı bir bakış ortaya koyulmuştur. Bu sonuçlar, tesis yeri seçimi sürecinin nasıl şekillendirildiğini, hangi faktörlerin belirleyici olduğunu ve bu faktörlerin her bir yöntemle nasıl ele alındığını göstermektedir.

Çizelge 4.25’de kullanılan TOPSIS, VIKOR, COPRAS, Baskın Çözüm ve Taguchi yöntemlerine göre çözümler kıyaslamalı bir şekilde sunulmuştur. Bu karşılaştırmadan, mevcut işyerlerinin verimliliği arasında bir sıralama yapılarak yeni bir işyeri açılması kararının nasıl verilebileceğine dair önemli bilgiler elde edilir. TOPSIS, VIKOR, COPRAS ve Baskın çözüm yöntemleri, mevcut işyerlerini verimliliklerine göre sıralar ve en verimli işyerini belirler. Bu, yeni bir işyeri eklemeyi düşünen işletmelere hangi mevcut işyerinin daha uygun olduğuna dair yol gösterir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde sıralamada benzer sonuçlar vermektedir, bu da bu yöntemlerin güvenilirliğini gösterir. Bunun haricinde

Taguchi yönteminden gelen önem ağırlıklarını izafi olarak değerlendirilerek çok kriterli karar verme yöntemleri ile de çözüm sunulmuştur. Bu bağlamda Taguchi yöntemi hata değeri yani değerlendirmeye alınmayan kriterlerin ağırlığını da göstermektedir. Diğer bir sonuç ise Taguchi yönteminden gelir. Bu yöntem, mevcut işyerlerinden yola çıkarak belirlenen faktörlere göre bir sıralama yapar ve yeni bir işyeri açma kararını kolaylaştırır. Ayrıca, gelecekteki ciro ve karlılık tahminleri de sağlanır.

Elde edilen sonuçlar, en önemli kriterin % 46,90'lık bir ağırlıkla çevredeki rakip işletme sayısı olduğunu göstermektedir. Onu takip eden kriterin ise % 41,77'lik bir ağırlıkla yeni işyerinin çevresindeki nüfus miktarıdır. Bu sonuçlar, işletmelere yer seçimi kararlarını daha iyi bilgilendirmek için kullanılabilecek önemli verilere işaret etmektedir.

Çizelge 4.25. Yöntem sonuçlarının karşılaştırılması

VIKOR				TOPSIS				COPRAS				Baskın Çözüm			
İşletme görüşü		Taguchi izafi ağırlık		İşletme görüşü		Taguchi izafi ağırlık		İşletme görüşü		Taguchi izafi ağırlık		İşletme görüşü		Taguchi izafi ağırlık	
2	0,000000	2	0,000000	2	0,996300	2	0,995014	2	100,000000	12	100,000000	2	33,333333	2	32,921783
5	0,425894	5	0,220137	3	0,959980	3	0,970382	12	74,455003	2	93,826751	3	22,986738	10	26,311790
1	0,548185	10	0,243600	8	0,841407	10	0,845255	1	68,929623	5	80,322774	5	22,432430	5	25,266641
4	0,611403	4	0,320825	10	0,841339	8	0,844300	5	68,833660	10	69,144443	10	21,144875	4	23,014727
6	0,630657	7	0,324548	6	0,793627	6	0,793156	6	61,344266	4	64,641369	6	21,059288	8	22,217243
10	0,634700	9	0,509577	5	0,723461	5	0,724246	4	52,352365	7	63,121801	8	20,956663	3	22,143128
8	0,642611	8	0,572359	9	0,712497	9	0,714695	10	51,262221	3	58,398707	4	19,276484	7	22,139289
3	0,647518	12	0,763461	4	0,711379	4	0,712822	3	51,042363	8	57,684965	7	17,567789	9	20,568032
7	0,675584	1	0,765540	7	0,667398	7	0,668847	8	49,608539	9	56,015790	9	17,246680	6	16,800719
12	0,704599	3	0,793898	1	0,236266	1	0,233030	7	47,385225	6	52,728349	1	13,065847	12	10,183910
9	0,753528	11	0,936153	12	0,073428	12	0,072510	9	42,943573	11	51,873211	12	9,146017	1	9,279544
11	1,000000	6	0,991854	11	0,022004	11	0,029235	11	28,255327	1	46,417905	11	2,251792	11	4,509489

Çizelge 4.25.'de çok kriterli karar verme yöntemlerinin çıktıları bulunmaktadır. Her yöntem için işletme görüşü ve Taguchi izafi ağırlıklar için kendi içinde benzer sonuçlar bulunmuştur. TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin sonuçları birbirine yakın olsa da COPRAS yöntemi bunlardan farklı bir sıralama göstermiştir. Bu aşamadan sonra sonuçların daha doğru yorumlanması ve nihai kararın belirlenmesi için yeni bir değişken baskın çözüm yöntemi önerisi sunulmuş ve TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemi sonuçlarından yola çıkarak tek bir sonuç elde edilmiştir.

Elde edilen sayısal sonuçlara göre; incelenen karar verme problemi için TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde her iki ağırlıklandırma sisteminde ve COPRAS yönteminde ise işletme görüşü ağırlıklandırma 2 nolu alternatif seçimi önerilirken, Taguchi izafi ağırlıklandırma sisteminde 12 nolu alternatif ilk sırada önerilmiştir. Aynı yöntemde 2 nolu alternatif ise ikinci sırada gelmektedir. Nihai karar için bu tez çalışmasında önerilen değişken ağırlıklı baskın çözüm yaklaşımında ise her iki ağırlıklandırma sisteminde 2 nolu alternatif ilk sırada önerilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesis yeri seçimi problemi üzerinde çalışmada TOPSIS, VIKOR, COPRAS, Baskın çözüm ve Taguchi yöntemi olmak üzere beş farklı yöntem kullanılmıştır. Bu beş farklı yöntem, tesis yeri seçimi sorununa yaklaşımda farklılıklar sunmaktadır. TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri literatürde bu tür sorunlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Baskın çözüm ve Taguchi yönteminin tesis yeri seçimi problemlerine uygulanmış olması, bu çalışmanın özgünlüğünü ve katkısını vurgulamaktadır. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, önceden belirlenmiş alternatifler arasında sıralama yapma şeklinde sonuçlar üretirken, Taguchi yöntemiyle, mevcut şubelerin bilgilerini kullanarak yeni bir işyerinin en uygun konumunu belirleme açısından farklı bir yaklaşım sunulmaktadır. Problem ayrıca Taguchi yönteminden elde edilen önem ağırlıkları yani Taguchi kriter ağırlıklarını da kullanarak çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile çözülmüştür. Çalışmada ayrıca Taguchi yönteminin kriter ağırlıklarını belirleme de kullanılması gösterilmiştir. Bunun yanı sıra Taguchi yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonucu elde edilen hata değeri, problemin özünde olan ve karar verme sürecini etkileyen ancak araştırmada seçilmeyen yani değerlendirmeye alınmayan diğer kriterlerin ağırlıklarını temsil etmektedir.

Yöntem yeni tesis yeri arayışında fiziksel araştırmalar ve saha ziyaretlerine gerek kalmadan veriye dayalı kararlar almayı kolaylaştırmaktadır. Özellikle, faktör seviyelerinin tam değerler yerine daha dar aralıklarla belirlemenin, alternatif işyerlerinin daha hızlı ve etkili bir şekilde seçilmesini sağladığı gösterilmektedir. Ayrıca, Taguchi yöntemi kullanılarak alternatif işyeri seçimi yaparken, diğer iki yöntemin çıktılarına ek olarak, yeni işyerinin muhtemel karlılığının da dikkate alınması önemli bir avantajdır. Taguchi yöntemi ile elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarına göre, en önemli faktörün %46,90'lık bir ağırlıkla çevredeki rakip işletme sayısı olduğunu göstermektedir. Onu takip eden faktör ise %41,77'lik bir ağırlıkla yeni işyerinin çevresindeki nüfus miktarıdır. Diğer iki faktörün ağırlıkları ise; yeni işyerinin büyüklüğü %6,88 ve otopark kapasitesi %4,43 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, işletmelere yer seçimi kararlarını daha iyi bilgilendirmek için kullanılabilecek önemli verilere işaret etmektedir.

Sonuç olarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden alınan çıktılar arasında oluşan sonuç farklılıkları yorumlayabilmek için değişken ağırlıklı baskın çözüm önerisi kullanılmıştır. Böylelikle birden fazla, çok kriterli karar verme yöntemleri ile elde edilen farklı sonuçları optimize edip tek bir çözüm elde edilebilmektedir.

Tez çalışmasının gelecek araştırması olarak, gerek Taguchi metodunun kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak gerekse değişken ağırlıklı baskın çözüm yöntemlerinin etkinliğinin farklı karar verme problem türleri ile farklı bulanık üyelik küme modelleri ve gri belirsizlik türleri altında çalışmaların yapılması öngörülmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Akyel, O., 2020, "Sürtünme Karıştırma Yöntemi ile Kaynak Edilen 5083 Alüminyum Alaşımında Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu" Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 71, Bursa
- Altın, H., 2023, "Borsa İstanbul'da ilk halka arzların CRITIC tabanlı OCRA ve COPRAS yöntemleri ile analizi" Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(2), 226-245
- Arık, H., Karaaslan-Balıkçı, N., Alabaş-Uslu, Ç., 2012, "Maksimum Kapsama Modeliyle Tesis Yeri Seçimi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama" SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 16, 24-30
- Aytekin-Çiftçi, A.G., 2001, "Robotik Gazaltı Köşe Kaynak İşleminin Taguchi Yöntemi ile Eniyilenmesi" Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 15, 7-28
- Balaji, K., Kumar, S. M., Yuvaraj, N., 2021, "Multi objective taguchi-grey relational analysis and krill herd algorithm approaches to investigate the parametric optimization in abrasive water jet drilling of stainless steel" Applied Soft Computing, 102, 107075
- Barutçu, S., 2008, "Perakendecilik Sektöründe Teknolojik Değişim: E-Perakendecilik, E-Mağaza Bağlılığını Etkileyen Faktörler" Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 13, 317-334
- Baynal, K., Gencel, İ., 2014, "Taguchi Yönteminin Gıda Sektöründe Çok Yanıtlı Problemin Eniyilenmesinde Uygulanması" SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 19, 107-121
- Beeram, S., Morapakala, S., 2021, "Sustainable juice evaporation unit selection for noncentrifugal sugar production by multicriteria evaluation methods" Journal of food process engineering, 44: e13906

- Chiu, Y., Chang, C., Hsueh, K., Liu, F., 2019, "Optimization of glutinous rice wine brewing conditions by using Taguchi method and semiempirical equation" 42: e13241
- Çelikkan, H., 2009, "Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile Ekonomik Sipariş Miktarı ve Yeni Bir Model Önerisi" Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 100, Isparta
- Demireli, E., 2010, "TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama" Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5, 102-112
- Dhiman, H. S., Deb, D., 2020, "Fuzzy TOPSIS and fuzzy COPRAS based multi-criteria decision making for hybrid wind farms" Elsevier Energy, 202(2020), 117755
- Erdem, V., Belevi, M., Koçhan, C., 2010, "Taguchi Metodu ile Plastik Enjeksiyon Parçalarda Çarpılmanın En Aza İndirilmesi" DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 12, 19-29
- Ertabak, D., 2022, "İplik Dayanımını Etkileyen Proses Parametrelerinin Gri Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu" Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 56, Isparta
- Ertuğrul, İ., Özçil, A., 2014, "Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi", Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4, 267-282
- Gavahian, M., Chu, R., 2021, "Design, development, and performance evaluation of an ohmic extractor to valorize fruit by-products based on Taguchi method: Reduced energy consumption and enhanced total phenolics" Journal of food process engineering, 45: e13825

- Gavcar, E., Didin, S., 2007, "Tüketicilerin 'Perakendeci Markalı' Ürünleri Satın Alma Kararlarını Etkileyen Faktörler: Muğla İl Merkezi'nde Bir Araştırma" ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 3, 21-32
- Gökçe, B., Taşgetiren, S., 2009, "Kalite İçin Deney Tasarımı" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6, 1, 71-83
- Göloğlu, C., Mızrak, C., 2010, "Bulanık Mantık ve Taguchi Yaklaşımlı Müşteri İstemli Ürün Belirleme" Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25, 9-19
- Gunter, B. 1987, "A Perspective on The Taguchi Method. Quality Progress", June, pp. 44-52
- Gülçubuk, A. 2008, "Müşteri Bağlılığı Yaratmada Fiyat Politikasının Önemi ve Uygulanan Fiyatlandırma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi" Yönetim ve Ekonomi, 15, 16-25
- Hamzaçebi, C., Kutay, F., 2000, "Kalite Maliyetlerine Genel Bir Bakış: Taguchi Kayıp Fonksiyonu" 7, 287-293
- Hwang, C.L. and Yoon, K. 1981, "Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer" New York, NY.
- Kaplan, R., 2010, "Ahp Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama" İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 139, İstanbul
- Karabay, S., Köse, E., Kabak, M., 2014, "Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi" Ege Akademik Bakış, 14, 361-369

- Katekar, V. P., Rao, A.B., Sardeshpande, V.R., 2023, "A cutting-edge assessment of recent advancements in essential oils extraction technologies for energy and ecological sustainability: A comprehensive review" *Journal of food process engineering*, 2023;46: e14414
- Köksal, Y., Emirza, E., 2011, "Kuruluş Yeri Açısından Cadde ve Alışveriş Merkezi Mağazacılığının Karşılaştırılması: Ankara İlinde Bir Araştırma" *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8, 75-87
- Küçük, O., Ecer, F., 2007, "Bulanık TOPSIS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama" *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3, 45-65
- Kumar, Sathish R., Sershkumar, K., Velraj, R., 2014, "Optimization of biodiesel production from Manilkara zapota (L.) seed oil using Taguchi method" *Fuel journal*, 140, 90-96
- Kumar, M. B., Parameshwaran, R., Antony, J., Cudney, E., 2023, "Framework for Lean Implementation Through Fuzzy AHP-COPRAS Integrated Approach" *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70, 11, 3836-3848
- Lazic', Z., R. 2004 "Design of Experiments in Chemical Engineering A Practical Guide" WILEY-VCH, 157-165
- Nguyen, P., Pham, D., Ngo, V., 2018, "Application of TOPSIS to Taguchi method for multi-characteristic optimization of electrical discharge machining with titanium powder mixed into dielectric fluid" *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, 98, 1179-1198
- Noshad, M., Savari, M., Roueita, G., 2018, "A hybrid AHP-TOPSIS method for prospectively modeling of ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberry" *j. Food Process Eng.* 2018;41: e12928

- Opricovic, S., 1998, "Multicriteria optimization of civil engineering systems", Faculty of civil engineering, Belgrade, 2(1), 5-21.
- Ömürbek, N., Üstündağ, S., Helvacioğlu, Ö.C., 2013, "Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesinde Bir Uygulama" Yönetim Bilimleri Dergisi, 11, 101-116
- Peng, J., Yeh, W., Lai, T., Hsu, C., 2015, "The incorporation of the Taguchi and the VIKOR methods to optimize multi-response problems in intuitionistic fuzzy environments" Journal Of The Chinese Institute Of Engineers, 38, 7, 897-907
- Roozbahani, A., Ghased, H., Shahedany, M., H., 2020, "Inter-Basin Water Transfer Planning with Grey COPRAS and Fuzzy COPRAS Techniques: A Case Study in Iranian Central Plateau" Science of The Total Environment, 726, 2020, 138499
- Qi, C., Huang, Y., Ling, X., Duan, L., 2019, "Experimental study on drying characteristic of corncob in plate rotary heat exchanger" Journal of food process engineering, 42: e13059
- Saat, M., 2000, "Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı" Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi 3/2000, 97-108
- Sakthivel, M. R., Vinodh, S., 2020, "Parametric optimization of fused deposition modelling process using Grey based Taguchi and TOPSIS methods for an automotive component", Rapid Prototyping Journal, 27/1, 155-175
- Sarıçalı, G., Kundakçı, N., 2016, "AHP ve COPRAS Yöntemleri ile Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi" International Review of Economics and Management, 4, 1, 45-66

Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M., 2004, “Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu” 6, 117-128

Şirvancı, M., 1997, “Kalite İçin Deney Tasarımı” Literatür, İstanbul

Taguchi, G., Wu, Y., 1979, “Introduction To Off-Line Quality Control” Central Japan Quality Control Association, Nagaya

Tarsus Belediyesi, 2019, “Tarsus İlçesi Mahalle Nüfus Miktarları”. (Erişim Tarihi 02.02.2019) <http://www.tarsus.gov.tr/nufus>

Taylan, D., 2009, “Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 62, Isparta

Yavuz, S., Deveci, M., 2014, “Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama” Ege Akademik Bakış, 14, 463-479

Yıldırım, B., F., Timor, M., 2019, “Bulanık ve Gri COPRAS Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Seçim Modeli Geliştirilmesi” Optimum Ekonomi ve Yönetim Dergisi, 6(2), 283-310

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., 1996, “Pastatų sistemotechninis įvertinimas [Multicriteria Evaluation of Building]”, Vilnius: Technika.