



Research Article / Araştırma Makalesi
**THE EFFECTS OF QUALITY COST, INVENTORY AND CAPACITY LIMITS
ON SUSTAINABLE PRODUCT VARIETY**

İlkan SARIGÖL*, Coşkun ÖZKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Received/Geliş: 24.10.2016 Accepted/Kabul: 01.11.2016

ABSTRACT

Increase in diversity of customer needs cause transformation of mass marketing to target marketing. Companies demanding competition advantage provide different products for diversified customer needs and try to survive on the market. The increasing number of product portfolio makes product management harder, increases quality and production costs, and increase customer hesitation and dissatisfaction. Hence, companies need to restraint products which are provided. Companies head towards product optimization in order to find optimal product number for customer satisfaction. Additionally, companies follow environmental and social parameters in addition to financial parameters and sustainability applications are getting common. Different from previous studies, this paper presents a model in order to determine and analyze environmental, social and economic parameters simultaneously. In this study, analysis for sustainable product preference and stocking area, quality cost, production limits are studied. Their effects on SKU number and product selection is investigated. Besides, the analysis for product selection is presented as the sustainability sensitivity of customer increases.

Keywords: Product assortment, SKU optimization, multinomial logistic regression, sustainability, automotive and supply sector.

KALİTE MALİYETİ, ENVANTER VE KAPASİTE KISITLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİNE ETKİSİ

Öz

Müşteri ihtiyaçlarındaki çeşitliliğin artması Kitlesele Pazarlama yaklaşımının Hedef Pazarlama yaklaşımına dönüşmesine neden olmaktadır. Rekabet avantajı oluşturmak isteyen firmalar müşteri ihtiyaçlarına göre farklı ürünler sunmakta ve pazardaki devamlılıklarını sağlamaya çalışmaktadırlar. Firmaların büyüyen ürün portföyleri, ürünlerin doğru yönetilmesini zorlaştırmakta, kalite ve üretim maliyetlerini yükseltmekte ve müşteri tercihlerinde kararsızlıkların ve müşteri memnuniyetsizliklerinin artmasına neden olmaktadır. Bu durum firma tarafından sunulan ürün sayısının sınırlandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Firmalar müşteri memnuniyetini sağlayacak ürün sayılarını bulmak için ürün sayısı optimizasyonuna yönelmektedir. Ayrıca, finansal parametrelerin yanı sıra çevresel ve toplumsal göstergeler ön plana çıkmakta ve artan bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışmada önceki ürün çeşitliliği optimizasyon problemlerinden farklı olarak, çevresel, sosyal ve ekonomik parametreleri birlikte değerlendiren bir model oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada stok alanı, kalite maliyeti, üretim limitlerinin ürün çeşidi ve müşteri tercihine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca, müşterilerin sürdürülebilirlik hassasiyetleri arttığında ürün tercihlerine yönelik değerlendirmeler ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Ürün çeşitliliği optimizasyonu, multinomial lojistik regresyon, sürdürülebilirlik, kalite maliyeti, envanter ve kapasite kısıtı.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ilkansarigol@gmail.com, tel: (533) 641 20 84
Doktora Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

1. GİRİŞ

Ürün çeşitliliği problemi bir mağazada herhangi bir zaman diliminde ürün kümesinin ve envanter seviyesinin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Problemin amacı ürün alımındaki bütçe limiti, ürün sergilemek için gerekli raf boşluğu gibi kısıtları dikkate alarak karı veya beklenen değeri enbüyüklemek veya maliyeti enküçüklemektir. Ürün çeşitliliği problemine ilişkin literatür birçok soruya cevap aramaktadır. Bu sorulardan başlıcaları; Bir ürünün hangi varyantları stoklanmalı, kaç adet ürün stoklanmalı, ürün çeşitliliği ve stoklanacak ürün sayısı arasındaki denge ne olmalı, ürün çeşitliliğini arttırmak satışları nasıl etkiler, ürün çeşitliliği müşteri algısını nasıl etkiler, müşteriler ürünleri nasıl değerlendirirler. Problem ilk olarak 1950'li yıllarda tanımlanmış ve ürün çeşitliliği problemi için modeller ve çözüm yöntemleri ortaya konulmuştur. Önceki problemler büyük bir tel levhayı minimum kayıpla birden çok küçük parçaya kesmeye odaklanmıştır. Yakın zamanda yapılan çalışmalar ürün tipinin ve stok seviyesinin belirlendiği iki problemin birleşiminden oluşmaktadır.

Doğru ürün çeşitliliğinin satışlar ve karlılık üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Perakendeciler doğru ürün çeşitliliği ile müşteri ihtiyaçlarını karşılamaya ve satış hacimlerini arttırmaya çalışmaktadır. Ayrıca, ürün çeşitliliği, stok seviyesi, servis seviyesi ve doğru ürünü doğru mağazada ve doğru zamanda bulundurmamak kritik bir konu haline gelmiştir. Perakendeci beklenen ürünleri sunmada hataya düşerse şimdiki ve gelecekteki satışları kaybetme riskini yaşamaktadır. Sonuç olarak, ürün çeşitliliği planlaması akademisyenler ve firmalar için öncelik oluşturmakta ve fırsatlar sunmaktadır. Perakendeciler değişen pazar şartlarına farklılaşma stratejisi ile ürünlerde küçük değişiklikler yaparak reaksiyon vermekte ve ürün sayılarını arttırmaktadırlar. Bu durum ürün, satıcı ve müşteri arasındaki ilişkiyi komplike hale getirmekte ve bazı avantaj ve dezavantajlar oluşturmaktadır.

Artan ürün sayısı, ürün ve müşteri arasındaki ilişkiyi daha karışık hale getirmekte ve ürün çeşitliliği probleminin çözümünü zorlaştırmaktadır. Ürün çeşitliliğinin müşteri tercihinde, karar vermede ve müşteri memnuniyetinde etkisi bulunmaktadır.

Simonson (1999) ürün çeşitliliğinin sadece istekleri karşılamada değil müşterilerin isteklerini ve tercihlerini etkilemede etkili olduğunu ileri sürmüştür. Perakendeciler ürün çeşitlerinin alt kümesini kullanarak tercih edilen özel bir ürün kümesi için satın alma olasılığını yükseltmekte ve belirlenen ürün kümesi tüketicinin isteğini ve satın alma kararını etkilemektedir [2].

Mantara vd. (2009) perakendecilerin ürün çeşitlilik planlaması yaptıklarını dile getirmektedir. Stok seviyesi, servis seviyesi veya stoklanacak envanter miktarı her bir ürün için belirlemişlerdir. Ürün çeşitliliği planlaması problemi için dominant bir çözüm olmadığının farkına varmışlardır [3].

Ürün çeşitliliğinin tüketici tercihinde olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Broniarczyk (2006) süreç ve tercihten kaynaklı avantajları aşağıdaki şekilde ortaya koymuştur [4].

Ürün Çeşitliliğinin Pozitif Etkileri

Süreçle ilgili faydaları

- Teşvik ve alışveriş keyfi
- Seçmenin pozitif beklentisi
- Seçme özgürlüğü
- Ürün kategorilerinden öğrenme fırsatı
- Rafta sergilenerek tüketicileri cezp etmesi

Seçimle ilgili faydaları

- İdeal ürünün bulunma olasılığını artırır
- Çoklu fayda sağlayan ürünün bulunma olasılığını artırır
- Çeşit arama fırsatı
- Belirsiz tercihler için esneklik

Ürün Çeşitliliğinin Negatif Etkileri

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda artan ürün çeşitliliğinin satışların düşmesinde etkili olduğu dile getirilmiştir. Larson (2005) supervalue test mağazasında ürün çeşitliliğini %12 azaltarak satış hacmini %6,5 oranında yükselttiğini ortaya koymuştur. Ton (2004) 333 mağazada yaptığı dört yıllık boylamsal çalışmada artan ürün çeşitliliği ve envanter seviyesinin ürünlerin yerleştirilmesinde hatalara neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum satış hacimlerinin düşmesine neden olmuştur [1].

Alfaro ve Corbett (2003) yüksek sayıdaki çeşitliliğin birleştirme etkisinden sağlanan faydayı azalttığını ifade etmişlerdir. Ürün çeşitliliğinin negatif etkisinden kaçınmak için envanterin coğrafi konsolidasyonu ve üretim hattının rasyonelleşmesi gerekmektedir [9]. Broniarczyk (2006) ayrıca düşük tercih doğruluğu ve memnuniyet, daha fazla pişmanlık ve iptal konularında ürün çeşitliliğinin negatif etkilerini çalışmıştır [4].

- Düşük tercih doğruluğu
- Tercih edilen ürünlerin yerleştirilmesini zorlaştırır.
- Aşağıdaki değerlerin artması zihinsel yükü doğru orantılıdır.
 - Alternatif sayısı
 - Alternatifler arasındaki çekiciliklerin benzerliği
 - Nitelik sayısı ve seviyesi
 - Düzgün nitelik dağılımı ve düşük nitelik önemi
 - Telif edici olmayan sürecin ihtimalini artırır
- Düşük karar memnuniyeti
- Karar vermeyi zorlaştırır ve müşterinin kafa karışıklığını artırır
- Kararın sorumluluğunu artırır
- Düşük ürün memnuniyeti
- Üründen beklentileri artırır
- Yüksek ürün pişmanlığı
- Önceden belli olan aktivite sayısını artırır
- Yüksek tercih iptali
- Tercihlerin değiştirilmesi ihtimalini artırır
- Ertelenen kararların olasılığını artırır

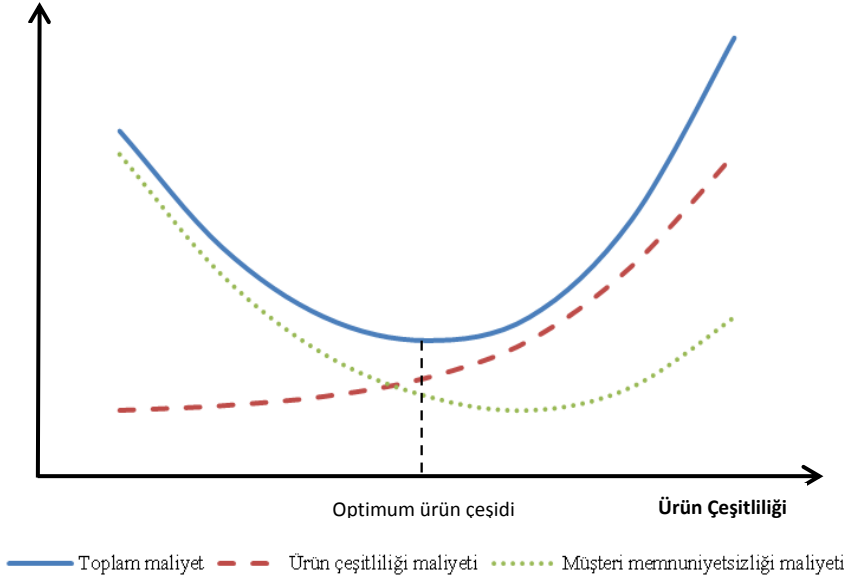
Parlaktürk (2012) kalite açısından farklılaşan iki ürünü değerlendirmiştir. Tüketici tercihleri kalite değerlendirmede farklılık göstermektedir ve tüketiciler satın alma zamanını düşünerek fiyat ve üründen sağladıkları faydayı ençoklamak istemektedir. Firma ve tüketici arasında fiyatlandırma ve satın alma oyununu çalışmışlar ve ürün çeşitliliğinin stratejik tüketiciler için kaldıraç görevi gösterdiğinin farkına varmışlardır. Bu fayda ek ürünler aşağı seviyede kalite maliyet oranına sahip olduğunda oluşmaktadır [7].

Aynı kategori içinde aşırı sayıda benzer ürünlerin elenmesinden dolayı birçok mağazada satışların düştüğü gözlenmiştir. Larson (2005) optimum ürün çeşitliliğinin pazarda sunulan ortalama ürün çeşitliliğinin çok az altında olduğunu ortaya koymuştur [8].

Taylor vd. (2009) pazarlama departmanlarının küçük farklılıklarla çok fazla benzer ürün piyasaya sürdüğünü vurgulamıştır. Ürün geliştirme ve pazarlama maliyetlerine ek olarak stokta tutma, dağıtım ve promosyon aktiviteleri verimsizliklere neden olmaktadır [6]. Ürün çeşitliliği arttığında stokta tutma, dağıtım, geliştirme ve pazarlama maliyetleri yükselirken müşterilerin memnuniyetsizlik maliyeti belirli bir seviyeye kadar düşmekte ve sonrasında artmaktadır. Şirketlerin odaklanması gereken optimum ürün çeşitliliği bulunmaktadır. Şekil 1 maliyet ve çeşitlilik ilişkisini ve optimum noktayı göstermektedir.

Saure ve Zeevi (2013) ürün çeşitliliği probleminde fayda maksimizasyonu çalışmışlardır. Kapasite kısıtı bulunan ve tüketicinin fayda fonksiyonu hakkında bilgi olmadığı durum için perakendecilerin pazara sunacakları ürünleri belirlemiştir. Tüketici satın alma davranışlarını

gözlemek için onlara farklı ürünler sunmuşlardır fakat bu gözlem fazla maliyetli bir durum oluşturmuştur [10].



Şekil 1. Ürün Çeşitliliği Maliyet İlişkisi

Urban (1998) mevcut envanter kontrol, ürün çeşitliliği ve raf boşluk yerleştirme problemlerini birleştirmeye çabalamıştır. Envanter seviyesine bağlı talep modelini geliştirerek sergilenen envantere bağlı bir talep modeli fonksiyonu tanımlamıştır. Sonra bu problemi geliştirerek çok ürünli kısıtlı bir problem tanımlamıştır [11].

Hariga vd. (2007) ürün çeşitliliği, envanter yerleşimi, sergileme alanı ve raf boşluk yerleştirme problemlerini bir arada çalışmıştır. Perakendecinin karını raf boşluk kısıtları altında maksimize etmişlerdir. Ürün çeşitleri, sergilenecekleri alanlar, sipariş miktarı ve ayrılan envanter alanı dikkate alınmış ve değerlendirilmiştir. Envanter yatırım maliyetleri, depolama ve sergileme maliyetleri formülasyona dahil edilmiştir. Gösteri salonu ve depo envanteri arasında belirgin bir fark bulunmaktadır. Sergi alanının talep üzerindeki etkisi ayrıca değerlendirmeye alınmıştır [12].

Maddah ve Bish (2004) üretim hattında ürün çeşitliliği problemini çalışmışlar ve fiyatlar ve envanter seviyesini birlikte değerlendirerek beklenen karı maksimize etmişlerdir. Multinomial Lojistik model ile gezgin satıcı problemindeki envanter yaklaşımını birlikte değerlendirmişlerdir [13].

Sonlu sayıda değişen fiyat ve maliyetlere sahip ürünlerin bulunduğu bir kümede, stokastik talep ve tüketici tercihleri Honhon vd. (2010) tarafından değerlendirilerek tek periyotta beklenen kar maksimizasyonu için optimum ürün çeşitliliği ve envanter seviyesini belirlenmiştir. Tüketici tiplerine göre tercihleri modellenmiştir. Tüketiciler ürünleri tercihlerine göre sıralamakta ve en yüksek sıraya sahip ürünü eğer alışveriş yaptıkları sırada mevcutsa almaktadır [14].

Parçaların yaygın olması ürün farklılaşma maliyetlerini düşürmektedir. Thonemann ve Brandeau (2000) tüketici açısından farklılık göstermeyen parçalar için optimum parça yaygınlığını hesaplayan bir yaklaşım sunmuşlardır. Üretimi, envanter taşımayı, kurulumu ve verimsizlik kaynaklı maliyetleri dikkate alan matematiksel bir model ile problemi tanımlamışlardır [15].

Chand vd. (1994) tek yönlü parça belirleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Ortalama dönemsel maliyeti minimize etmek için uygun parçaların bulunduğu kümeden bir alt küme belirlemişlerdir. Modelde satın alma, envanterle ilgili maliyetler ve stokta bulunan ürün sayısına göre değişen bir fonksiyondan oluşan genel gider maliyetlerini değerlendirmişlerdir [9].

Mahajan ve Van Ryzin (2001) tek periyotlu, stokastik envanter modelini analiz etmiştir. Tüketiciler tercihlerini doğal ve klasik fayda maksimizasyonu kriterlerini dikkate alarak gerçekleştirmektedir. Perakendecilerin ürün ikamesi olduğu durumda beklenen karlarını maksimize etmek için başlangıç stok seviyesini belirleme zorunluluğu olduğunu göstermişlerdir [16].

Literatürde optimum ürün çeşidi ve stok seviyesi, ürün çeşitliliğinin talebe etkisi, ikame talep değişimi ve kapasite kısıtlarına yönelik analizler yapılmıştır. Ayrıca, kalite/verimsizlik, tedarik zinciri ve yatırım maliyetleri çalışmalarda dikkate alınan başlıca maliyet tipleridir.

1970'lerden itibaren kalkınma ve doğal çevre arasında denge kurulması için arayışlar hız kazanmış ve insanların ve diğer canlıların yaşamları üzerinde etkili olan tüm faktörleri içinde barındıran çevreyi ve beşeri sermayeyi dikkate alan, kaynakların optimum kullanımını amaçlayan yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. Hanhan ve Freeman 1984 yılında birçok kurumsal sürdürülebilirlik tanımının temelini oluşturan Paydaş Teorisini (Stakeholder theory) ortaya koymuştur. Bu teoriye göre firmaların kurum içindeki ve dışındaki gruplara (hissedar, çalışan, müşteri, tedarikçi, toplum, vb.) karşı sorumlulukları bulunmaktadır [17].

Bu çerçevede doğal kaynakların tamamen tüketilmeden gelecek nesillere de aktarılmasının sağlanması için bütün paydaşların görüşlerini dikkate alarak mevcut nüfusun ekonomik ve toplumsal ihtiyaçlarının karşılanması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. 1987 yılında Birleşmiş Milletler "Ortak Geleceğimiz" (Brudtland Raporu) adlı raporu yayınlamıştır. Bu raporda sürdürülebilirlik, "Bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin de kendi ihtiyaçlarını karşılamalarından ödün vermeden karşılamak" şeklinde tanımlanmıştır. Doğal kaynak dengesini dikkate alan, bu günün olduğu kadar gelecek kuşaklarında faydalanmasını sağlayan, çevreyle ekonominin birbirini tamamladığı bir anlayışı ifade etmektedir [18].

Geçtiğimiz on yılda ekonomik performansın yanı sıra firmaların sürdürülebilirlik konusunda hesap verilebilirliği için baskılar artmıştır [113]. Bu sebeple kurumsal sürdürülebilirlik kavramının bilinirliği ve önemi yükselmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı "iş stratejilerinin ve aktivitelerinin doğal kaynakları koruyarak kurum ve paydaş ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uygulanması." şeklinde tanımlanmıştır [19]. Küresel Raporlama İnisyatifi (Global Reporting Initiative-GRI) uluslararası kabul görmüş bir standart olarak bütün organizasyonun sürdürülebilirlik raporlaması için temel oluşturmaktadır [20].

Sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu değerlendirmek için birçok yöntem araştırmacılar tarafından önerilmekte ve ürünün çevresel etkileri ve yansımaları değerlendirilmekle birlikte ürün sürdürülebilirliği için genel kabul görmüş bir yaklaşım bulunmamaktadır. Temel olarak hammadde ihtiyacının azaltılması, doğru çevre dostu enerji kaynağının seçilmesi, atıkların azaltılması ve ürün yaşam döngüsü sonu maliyetinin azaltılması ön plana çıkan parametrelerdir [21].

Sürdürülebilir ürün geliştirmede ilk adım ekonomik tasarımıdır. Çevre için tasarım (DFE)'da ürünün bütün ömrü boyunca çevreye, iş sağlığı ve güvenliği hedeflerine yönelik sistematik tasarımı yapılmaktadır. Birçok uygulamada çevresel riskler, ürün güvenliği, işçi sağlığı ve iş güvenliği, kirlilik önleme, doğal kaynakların korunması, kaza önleme ve atık yönetimi gibi farklı disiplin alanları bir arada düşünülerek ürün tasarımları gerçekleştirilmektedir [22].

Çizelge 1 de sürdürülebilirlik konusunda ekonomik, çevresel ve sosyal konularda performans ölçümünde değerlendirilen parametreler verilmiştir. Ekonomik kısımda direk maliyetler, memnuniyet ve verimlilik kaynaklı hassasiyetler ön plana çıkmaktadır. Çevresel boyutsa ise, materyal tüketimi, enerji, sağlık ve biyoçeşitlilik konuları değerlendirilmektedir. Sosyal boyutta hayat kalitesi başta olmak üzere şikâyetler, hastalık ve kazalar başlıca değerlendirilen konulardır [22].

Çizelge 1. Sürdürülebilir Ürün İndikatörleri

Ekonomik	Çevresel	Sosyal
Direk	Materyal Tüketimi	Hayat Kalitesi
Hammaddede maliyeti	Ürün ve paketleme malzemesi	Ürün bulunurluğu
İşçilik maliyeti	Faydalı ürün ömrü	Bilgi ve beceri arttırma
Sermaye maliyeti	Kullanılan zararlı malzemeler	
Gizli Potansiyel	Enerji Tüketimi	Huzur
Geri dönüştürme geliri	Yaşam döngüsü enerjisi	Algılanan risk
Ürün tasarruf maliyeti	Operasyonlar sırasında enerji kullanımı	Şikâyetler
Yedekler	Yerel Etkiler	Hastalık ve Salgın Azaltımı
Çalışan yaralanma maliyeti	Ürün geri dönüşümü	Kaçınılan hastalıklar
Müşteri garanti maliyeti	Yerel akarsuların etkisi	Ölüm oranların düşmesi
İlişkiler	Bölgesel Etkiler	Kaza ve yaralanmaların azalması
Marka değerinin müşteri şikâyetlerinden dolayı zarar görmesi	Duman üretimi	Kaza zaman kayıpları
Paydaş müdahalesinden dolayı iş durmaları	Asit yağmuru	Raporlanan salımlar
	Biyçeşitliliğin azalması	Kaza sayıları
Dışsal Faktörler	Küresel Etkiler	Sağlık
Ekosistem üretkenlik düşüşü	CO ₂ salımları	Yiyecek maliyeti
Kaynakların tükenmesi	Ozon tabakasının aşınması	Besin değeri

Sürdürülebilirlik kavramının üç boyuttan oluşması çok amaçlı bir fonksiyonunun bulunmasına neden olmaktadır. Bu boyutlar için koyulan hedeflerin dengelenmesi, başarı ve başarısızlık için doğru kararın verilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutların dengelenmesinin gerekliliği çok amaçlı bir karar verme problemini oluşturmaktadır. Örneğin, su ve yiyecek sağlamak için toprak kullanımı biyoçeşitliliği azaltıyorsa, çevre kirliliği oluşturmayan enerji kaynakları daha pahalıysa ve bu konulara yatırım yapmak fakirliği arttırıyorsa nasıl karar vermek gerektiği, hangi amaçların öncelikli olacağı kritik bir konu haline gelmektedir [23].

Bu makalede sürdürülebilir ürün çeşitliliği optimizasyon modelini oluşturulmuştur ve çevresel, sosyal ve ekonomik parametrelerin maksimizasyonu sağlayan ürün sayısı ve çeşitleri analiz edilmiştir. Stok alanının, kalite maliyetinin ve üretim limitlerinin ürün çeşitliliği ve tercihine olan etkisi incelenmiştir. Müşterilerin ve firmanın sürdürülebilirlik ve karlılık için yaptıkları tercihlere göre sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve ekonomik amaçlar arasındaki etkileşim incelenmiştir. Makalenin geri kalanında bölüm2 de problem tanımı ve çözümü verilmiştir. Bölüm 3 de analizler yapılarak değerlendirmeler paylaşılmıştır. Son bölümde öne çıkan noktalar özetlenerek gelecek çalışma alanlarına değinilmiştir.

2. PROBLEM TANIMLAMA VE ÇÖZÜM

Makalede sürdürülebilir ürün özellikleri ürün çeşitliliği problemine dahil edilerek, kalite maliyeti, envanter seviyesi ve kapasite limitinin etkisi çalışılmıştır. Çalışmada sırasıyla ürün özellikleri belirlenerek veri toplanmıştır ve matematiksel model kurulmuştur. Multinoimial Lojistik Regresyonu ile geçiş matrisi belirlenmiş ve GAMS’te analizler gerçekleştirilmiştir.

2.1. Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi

Tüketici tercihlerinin ürün özelliklerden etkilendiğini gösteren çalışmalar literatürde yaygın olarak görülmektedir. Tüketiciler, üreticiler ve perakendeciler başta olmak üzere birçok karar verici ürün tercihlerinde Stokta Tutma Birimini (STB) kullanmaktadır. STB’ler belirli ürün

özelliklerinin bir araya gelerek oluşturdukları yapılarıdır ve ürün özelliklerindeki farklılaşmalar STB'lerin çeşitlenmesine neden olmaktadır. STB'lerin çekiciliklerinin ise sahip olduğu özelliklerden ortaya çıktığı Dhar (1997) tarafından dile getirilmiştir. Tüketicilerin tercih yaparken kullandıkları özellikleri tespit etmek doğru STB'leri oluşturmak için kritik öneme sahiptir [5].

Birçok tüketici ürünü için STB'yi kategorik özelliklere göre tanımlamanın yaygın olduğu ifade edilmiştir [24]. Bu özellikler fiziksel olarak ürünlerin diğerlerin ayrılmasını sağlamaktadır. Örneğin diş macunu pazarında STB tanımlamak için altı farklı özellik (marka, paket büyüklüğü, şekli, ürün formu, formülü ve tadı) kullanılmıştır. Marka ve paket büyüklüğü genel olarak kullanılan ürün özellikleridir.

Ürün özelliklerinin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken kriterler bulunmaktadır. Pazar araştırma firmalarından Information Resources, Inc. (IRI) ve A. C. Nielsen bir özelliğin ürün özelliği olarak değerlendirilebilmesi için kriterler ortaya koymuşlardır. İlk olarak, bir özellik müşteri tarafından tanımlanabilmelidir. Yani, ürün ambalajından kolaylıkla algılanabilir olmalıdır. İkinci olarak, SKU özelliği objektif olmalıdır. Her ürünün sahip olduğu özellik seviyeleri arasında şüphe olmamalıdır. Son olarak ürün özellikleri birbirinden ayrık olmalıdır.

Bütün özellikler bütün ürünlerde tanımlanmış olmalı ve mümkün olan en az sayıda özellik ile ürünler tanımlanmalıdır. Özellik sayısının artması ürün yönetimini zorlaştırmaktadır. Önemli olan temel nokta her ürünün tekil ürün özelliklerinin kombinasyonlarından oluşmasıdır. Özellik belirleme temel amaç mümkün olan en az sayıda özellik ile ürünleri tanımlayabilmektir. Yönetimsel uygulamalarda, yaygın kullanılan özellik sayısı üç ile sekiz arasında değişmektedir. Çalışmalarda her biri özellik için dört ile altı arasında seviye kullanılmaktadır. Ürün özellikleri gerçek hayat uygulamalarında 20 veya üzerinde seviyeye sahip olabildiği dile getirilmiştir [24].

Bu çalışmada ürünler 7 farklı ürün özelliği ile tanımlanmıştır. Bu özellikler, üründen rahatlıkla algılanabilmektedir. Marka, lastik üzerinde belirgin olarak görülmektedir. Islak zemin yol tutuşu, yakıt verimliliği ve dış gürültü seviyeleri yasal olarak lastik üzerinde bulunması gereken etiket özellikleridir. Hız sınıfı ve ağırlık ise lastik üzerinde görünür olarak bulunmaktadır. Belirlenen özelliklerin birbiri ile kesişimleri bulunmamakta ve özellik seviyeleri objektif olarak tanımlanmıştır. Ürün seviyeleri 2 ile 7 arasında farklılık göstermektedir.

Yakıt verimliliği için, G'den (en az verimli) A'ya (en çok verimli) kadar olacak şekilde 7 ayrı derecelendirme yapılmaktadır. Islak zeminde yol tutuş, lastiğin ıslak zemin fren mesafesi referans alınarak gerçekleştirilen bu değerlendirmede G'den (en uzun fren mesafesi) A'ya (en kısa fren mesafesi) olacak şekilde 7 ayrı derecelendirme yapılmaktadır. Islak zemin performansından A alan bir lastik ile G puan alan bir başka lastik arasında fren mesafesi açısından %30'luk (80km/saat hızdan ani frenleme 16metre) bir avantaj söz konusu olabilmektedir. Dış gürültü sınıflandırmasın lastiğin hareket halinde iken yol ile teması sonucu çıkardığı sesin (dış gürültünün) şiddetine göre oluşturulmuştur. Lastik ağırlığı üründe kullanılan doğal kaynakların miktarını göstermektedir.

Çizelge 2'de ürün özellikleri ve seviyeleri özetlenmiştir.

Çizelge 2. Ürün Özellik ve Seviyeleri

Özellik	Seviye	Grup
Fiyat	Değişkendir.	Ekon.
Marka	2 seviye; L, B	Ekon.
Hız Sınıfı	4 seviye; 91H, 91V, 91W, 94 W	Ekon.
Islak zemin yol tutuş	7 seviye; A, B, C, D, E, F, G	Sürd.
Yakıt verimliliği (Yuvarlanma Direnci)	7 seviye; A, B, C, D, E, F, G	Sürd.
Dış gürültü	5 seviye; 69 dB, 70 dB, 71dB, 72dB, 73dB	Sürd.
Lastik Ağırlığı	Değişkendir. Hesaplamalar için ağırlıklar 7 sınıfa ayrılmıştır.	Sürd.

Ürün özellikleri Ekonomik ve Sürdürülebilirlik olarak iki gruba ayrılmıştır. Sürdürülebilirlik konusu çok boyutlu ve farklı konuları içermekle birlikte ürün seçiminde etkili olan parametreler belirlenmiştir. Lastik sektörü için öne çıkan parametreler çevre boyutunda ürün ağırlığı ve yakıt verimliliği (yuvarlanma direnci) iken sosyal boyutta ıslak zemin fren mesafesi ve gürültü seviyesidir. Ürün ağırlığı, materyal tüketimi ve kullanılan zararlı maddelerle ilişkilidir. Ürün ağırlığı arttıkça materyal kullanımı ve zararlı madde kullanıma olasılığı artmaktadır. Yuvarlanma direnci arttıkça aracın yakıt tüketimini yükselmektedir. Yakıt tüketiminin artması enerji tüketimin ve emisyon miktarının artması sonucunu doğurmaktadır. Sosyal başlık altındaki ıslak zemin fren mesafesi ise kaza ve yaralanmalara etki etmektedir. Ses seviyesi ise huzur ve hayat kalitesine etki etmektedir. Diğer ürün özellikleri Ekonomik grup içinde değerlendirilmiştir.

2.2. Veri Toplama

Satış ve Maliyet verileri olmak üzere iki grup veri satış-pazarlama ve muhasebe birimleri tarafından şirket veri tabanlarından temin edilmiştir. Satış verileri, satış fiyatı, adetler ve ürün özelliklerini kapsamaktadır. Sabit ve değişken olmak üzere iki çeşit maliyet bulunmaktadır. Sabit maliyetler amortismanlardan oluşmaktadır. Lastik üretiminin yapılabilmesi için makina, ekipman, üretim tesisi, vb. maliyetler oluşmaktadır. Bu maliyetler muhasebe birimi tarafından hesaplanmakta ve ürünlere dağıtımı yapılmaktadır. Değişken maliyetler, direk malzeme, direk işçilik ve genel maliyet kırılımından oluşmakta ve her ürün için hesaplanmaktadır. Sistemden gelen ve ortalamadan 3 sigma sapan veriler ayıklanarak yukarıdaki kurallara göre değer atanmıştır.

2.3. Matematiksel Model

Makalede çok ürünlü, çok boyutlu bir karar alma problemi çalışılmıştır. Statik talep modeli bulunmakta ve müşterinin almak istediği ürün rafta yoksa müşterinin ürünü almaktan vazgeçeceği veya ürünün yerine başka bir ürünü almayı tercih edeceği varsayılmaktadır.

Bazı makalelerde problemi daha kolaylaştırmak için taleplerin sıralı olduğu varsayılmaktadır. Yani, aynı stoktan karşılanan ürünler için, büyük ürün taleplerinin küçük ürün taleplerinden önce oluştuğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada bir ürünün bütün ürünleri ikame ettiği varsayılmaktadır. Ürünlerin arası geçiş yapılırken ürünlerin tüketici gözündeki benzerliklerine göre taleplerin bir kısmı kaybolmaktadır. Ürünler benzer ise talepteki kayıp daha az olmaktadır. Tüketicinin alternatif ürünü alması için bir olasılık değeri bulunmaktadır. Bu talep değişimi olasılıkları (oranları) multinomial lojistik regresyon yöntemi ile hesaplanarak “Geçiş Matrisi” oluşturulmuştur. Bu matris, müşterinin talep ettiği ürünü bulunmadığında diğer ürünlere geçme ihtimalini ortaya koymaktadır. “Geçiş Matrisi”, bazı ürünlerin üretimine son verildiği, yeni ürünler pazara sunulduğu ve müşteri talepleri değişiklik gösterdiği için dinamik bir yapıya sahiptir ve yıllık olarak güncellenmiştir. “Geçiş Matrisi” mevcut verilerden hareketle yalnız firma içindeki ürün geçişleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Geçiş matrisi oluşturulurken, sadece ekonomik parametreler, sadece sürdürülebilirlik parametreleri ve ikisi birlikte değerlendirilmiş ve farklı matrislerin model sonucuna etkisi incelenmiştir. Modelde, üretilen ürünlerin çevreye ve topluma olan etkileri dikkate alınmıştır.

Ayrıca, modelde ürün çeşitliliği arttığında müşteri taleplerinin bir katsayı ile azaldığı varsayılmaktadır. Modelde taleplerin deterministik olduğu ve bilindiği varsayılmaktadır. Geçmiş senelerde aylık olarak ürün bazında gerçekleşen satışlar modeldeki talepleri göstermektedir.

Amaç fonksiyonunun sürdürülebilirlik ve ekonomik kısımları bulunmaktadır. Satış hacmi, sabit ve değişken maliyetler ekonomik kısmı oluşturmaktadır. Envanter, üretim/ithalat ve geçiş(ikame) maliyet fonksiyonunun bir parçasıdır. Geçiş maliyeti ikame edilen ürünler arasındaki maliyetle hesaplanmıştır. Üretilen ürünler için oluşan yıllık amortisman maliyetleri ürünlere dağıtılmış ve değişken maliyetlerle toplanarak ürün birim maliyeti hesaplanmıştır. Bir

dönemde üretilmeye başlanan ürün için ilerleyen yıllarda oluşan amortisman maliyeti ürüne yüklenmeye devam etmektedir. Lojistik maliyetler probleme dahil edilmemiştir. Fabrikaya gelen ve perakendeciye gönderilen ürünlere ve hammaddelere yönelik lojistik faaliyetleri model kapsamı içine alınmamıştır. Üretilen ve ithal edilen ürünlerin aynı dağıtım kanalıyla eşit şartlarda müşterilere ulaştığı varsayılmaktadır.

Modelde problemin boyutunu sınırlamak için spesifik bir ürün grubuna odaklanılmıştır. Bu grupta 16 adet farklı ürün bulunmaktadır. Ürünlerin bir kısmı Türkiye’de üretilirken bir kısmı ithal edilmektedir. Amortisman maliyeti üretilen ürünlere dağıtılmaktadır.

Yucel, vd. (2008) tüketici bazlı talep değişimi dikkate aldıkları ürün çeşitliliği problemi için bir model ortaya koymuşlardır [25]. Bu makalede amaç fonksiyonunu, (10) ve (12) kısıtları değiştirilerek ve (7), (9) ve (14) yeni kısıtları eklenerek literatürdeki model geliştirilmiştir. Aşağıda matematiksel modelin parametreleri, değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar verilmiştir.

Parametreler ve Değişkenler

G_{ikt} : t zamanında k ürün tercihi olan müşterinin k ürünü satılmadığında i ürününe geçme oranı (Geçiş Matrisi/Talep Modeli)

u_{it} : i ürünün t zamanında üretim veya satın alma maliyeti

$amort_{jt}$: t yılında j makinesi için oluşan amortisman maliyeti

d_{it} : t zamanındaki i ürününe olan talep miktarı

UL_{maks_i} : i ürünü için maksimum üretim veya satın alma limiti

UL_{min_i} : i ürünü için minimum üretim veya satın alma limiti

SA_i : i ürünü için ayrılan stok alanı

a_{ij} : 1, i ürününün üretilmesi için j makinesinin bulunması gerektiğini ifade eder

h_i : i ürünün birim stoklama maliyeti

hu_t : t zamanındaki ürün sayısının artmasından dolayı hatalı üretilen ürün oranı

f_{it} : i ürününün t anıdaki satış fiyatı

s_{ikt} : t zamanında i ürününden k ürününe geçtiğinde oluşan değişim maliyeti

z_{i0} : i ürünü başlangıç stok seviyesi

azl_1 : ürün sayısı arttığında ürün talebinde oluşan azalma oranı

azl_2 : ürün sayısı arttığında diğer ürünlere geçişte oluşan azalma oranı

K: ağırlık değeri

Değişkenler

z_{it} : i ürünü t zamanı sonundaki bitiş stok seviyesi

x_{it} : t zamanında üretilen veya satın alınan i ürünü miktarı

y_{it} : 1, i ürününün t zamanında üretildiğini veya satın alındığını ifade eder

o_{jt} : 1, j makine yatırımının t yılında yapıldığını ifade eder

xs_{ikt} : t zamanında k ürünü yerine ikama edilen i ürünü miktarı

xo_{it} : t zamanında talebi karşılanan i ürünü miktarı

stb_t : t zamanına kadar üretilmiş veya satın alınmış toplam ürün sayısını ifade eder

P: Ürün kümesi

S: Makine kümesi

T: Zaman periyodu

Model

Maksimum $K_1 * TK + K_2 * SURD$

$TK = TG - TAmort - TUM - TEM - TKM - TGM$

Kısıtlar;

$$TG = \sum_{t \in T} \sum_{i \in P} f_{it} (z_{i(t-1)} + x_{it} - z_{it}) \quad (1)$$

$$TAmort = \sum_{t \in T} \sum_{j \in S} o_{jt} amort_{jt} \quad (2)$$

$$TUM = \sum_{t \in T} \sum_{i \in P} u_{it} x_{it} \quad (3)$$

$$TEM = \sum_{t \in T} \sum_{i \in P} (z_{i(t-1)} + x_{it} + z_{it}) \frac{hi}{2} \quad (4)$$

$$TKM = \sum_{t \in T} stb_t * hu_i \sum_{i \in P} x_{it} * c_{it} \quad (5)$$

$$TGM = \sum_{t \in T} \sum_{i \in P} \sum_{k \in P} s_{ikt} * xs_{ikt} \quad (6)$$

$$SURD = \sum_{t \in T} \sum_{i \in P} (x_{it} * SURD_i) \quad (7)$$

$$o_{jt} \geq a_{ij} * y_{it}, \quad Vi \in P, Vj \in S, Vt \in T \quad (8)$$

$$o_{jt} \leq o_{j,t+1}, \quad Vj \in S, Vt \in T \quad (9)$$

$$xo_{it} + \sum_{k \in P} xs_{kit} \leq d_{it} * (1 - stb_t * azl_1), \quad Vi \in P, Vt \in T \quad (10)$$

$$xo_{it} + \sum_{k \in P} xs_{ikt} + z_{it} = z_{i(t-1)} + x_{it}, \quad Vi \in P, Vt \in T \quad (11)$$

$$xs_{ikt} \leq (d_{kt} - xo_{kt}) * G_{ikt} * (1 - stb_t * azl_2) \quad \forall k \in P - \{i\}, Vt \in T \quad (12)$$

$$\sum_{i \in P} z_{it} \leq SA_i, \quad Vt \in T \quad (13)$$

$$ULmin_i * y_{it} \leq x_{it} \leq ULmaks_i * y_{it}, \quad Vi \in P, Vt \in T \quad (14)$$

$$y_{jt}, o_{jt} \in \{0,1\}, \quad Vi \in P, Vj \in S, Vt \in T \quad (15)$$

$$x_{it}, z_{it}, xo_{it}, xs_{ikt}, stb_t \geq 0, \quad Vi \in P, Vt \in T \quad (16)$$

Açıklamalar

G_{ikt} “Geçiş Matrisi” çoklu lojistik regresyon kullanılarak her yıl hesaplanmakta ve matematiksel modele girdi oluşturmaktadır. Modelde P ürün grubu içinde hangilerinin üretilmesi gerektiği ve optimum ürün sayısı maliyet ve gelir dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Modelde S ürünlerin üretilmesi için gerekli olan makine kümesini ifade etmektedir. T kümesi 32 aylık zaman dilimini göstermektedir.

Amaç fonksiyonu iki kısımdan oluşmaktadır ve K ağırlık değerleri ile değerlendirilmektedir. Birinci kısımda toplam kar (TK) değeri toplam gelirden maliyetler çıkarılarak elde edilmektedir. İkinci kısımda çevresel ve toplumsal etki değeri hesaplanmaktadır. (1) Toplam gelir T zamanı boyunca, üretilen veya satın alınan, stokta bulunan ve elde kalan ürünlerden hareketle hesaplanmaktadır. 5 maliyet türü bulunmaktadır; (2) Toplam amortisman maliyeti yıllık olarak hesaplanmaktadır ve en az bir ürünün üretilmesi durumunda oluşmaktadır. Yatırım yapılan yıldan itibaren amortisman oluşmaktadır. (3) Toplam üretim/satın alma maliyeti, T zaman dilimi boyunca üretilen veya satın alınan ürün miktarı ve birim maliyete bağlıdır. (4) Toplam envanter maliyeti, T zamanı boyunca stokta tutulan ürünlerin maliyetlerinin toplamıdır. Dönem başında, dönem sonunda bulunan stok miktarı ve üretilen ürün miktarına göre ortalama stok seviyesi belirlenmekte birim elde tutma maliyeti ile çarpılarak hesaplanmaktadır. (5) Toplam kalite maliyeti, T zamanı boyunca üretilen ürünlerin toplam maliyetlerinin, hatalı üretim oranı ve STB sayısı ile çarpımından oluşmaktadır. Ürün sayısı arttıkça üretimdeki hatalar yükselmektedir. (6) Toplam geçiş maliyeti, T zamanı boyunca ürünlerin ikame edilmesinden (geçiş yapmasından) dolayı oluşan maliyeti göstermektedir. İkame edilen miktar ve fiyat değişimi çarpılarak hesaplanmaktadır. Fiyat değişimi lineer olarak ürünler arasındaki satış fiyatları arasındaki fark olarak oluşturulmaktadır. TGM değeri negatif olarak hesaplandığında ikamenin avantaj sağladığını göstermektedir. (7) Toplam ürün ağırlığı üretilen ürün sayısı ve birim ağırlıkları çarpılarak hesaplanmaktadır. Diğer kısıtları değerlendirdiğimizde;

(8) Bir ürünün üretilmesi için gerekli olan makinelerin satın alınması gerekliliğini sağlamaktadır.

(9) Bir makinenin alındığı dönemden sonra kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.

(10) Talebi karşılanan ürünler ve ikame ürünler toplamının ürün talebinden büyük olmamasını sağlamaktadır. STB sayısı arttıkça parametrik azl_1 katsayısına göre müşteri talepleri azalmaktadır.

(11) Üretilen ürün ve elde bulunan ürün miktarı ile talebi karşılanan ürün, stoka ayrılan ürün ve ikame ürünlerin karşılanan talebinin eşit olmasını sağlamaktadır.

(12) İkame edilebilecek ürün miktarının sınırlanmasını sağlamaktadır. Bir ürün talebinin başka bir ürüne kayma miktarını sınırlamaktadır. Talebin bir kısmı kaybolmaktadır. Ürün rafta bulunmadığında ürün sayısı arttıkça müşterilerin kararsızlıkları artmakta ve ürün almaktan vazgeçme oranları artmaktadır. STB sayısı arttıkça parametrik azl_2 katsayısına göre ürünler arası geçiş miktarı azalmaktadır.

(13) Toplam stoklanabilecek ürün miktarını sınırlamaktadır.

(14) Üretilen ürün miktarının belirli bir kota içinde olmasını sağlamaktadır.

(15) ve (16) negatif olmama ve 0-1 değişkeni olmaya yönelik kısıtlardır.

Ürün Sürdürülebilirlik Değerinin Hesaplanması

Ürünlerin sürdürülebilirlik özelliklerinden hareketle sürdürülebilirlik değeri hesaplanmaktadır. Bu değerler matematiksel modele girdi sağlamaktadır. Sürdürülebilirlik parametreleri dış gürültü seviyesi, ıslak zemin yol tutuşu, yuvarlanma direnci ve ağırlıktan oluşmaktadır. Ürün sahip olduğu değere göre her bir parametre için 0 ve 100 arasında değer almaktadır. Bu değerlerin ortalaması ürünün sürdürülebilirlik etkisini göstermektedir ve ne kadar büyükse ürünün çevreye ve topluma etkisi o kadar az olmaktadır.

$$SURD_i = SURD(k, l, m, n)$$

$$= [Dg(k) + Yd(l) + Ag(m) + Izyt(n)]/4 \quad (17)$$

Dış Gürültü Seviyesi: $Dg(k) = 10 + 22,5(73-k)$, $k \in \{69, 70, 71, 72, 73\}$ (18)

Islak Zemin Yol Tutuşu ve Yuvarlanma direnci: $Yd(l) = Izty(n) =$ (19)

{	100, A
	85, B
	70, C
	55, D
	40, E
	25, F
	10, G

Ağırlık: $Ag(m) = 10 + 15(7-m)$, $m \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ (20)

2.4. Problemin Çözümü

Problemin çözümünde geçiş matrisi SPSS ile hesaplanarak matematiksel modele girdi oluşturmaktadır. Satış verisinden hareketle müşterilerin tercihlerini etkileyen özellikler kullanılarak Multinomial Lojistik Regresyon analizi ile SPSS 17.0 paket programı yardımıyla “Geçiş Matrisi” hesaplanmıştır. Makalede kesikli zaman parametrelili sonlu Markov Zinciri uygulaması çalışılmıştır. “Geçiş Matrisi” Markovian özellikte olup sistemin gelecekteki durumu geçmişten bağımsızdır ve sadece şimdiki duruma bağlıdır. X_{n+1} gelecek durum, X_0, X_1, \dots, X_{n-1} geçmiş durumlar ve X_n şimdiki durum olmak üzere, X_{n+1} sadece X_n durumuna bağlıdır. Hesaplanan matris matematiksel modele girdi oluşturmaktadır. Matematiksel model GAMS’te tanımlanmıştır ve çözümler üretilmiştir.

Multinomial Lojistik (MNL) modeli fayda tabanlıdır ve ekonomi ve pazarlama literatüründe yoğun olarak kullanılmaktadır. MNL modeli müşterilerin seçme olasılıklarını kesikli veya sürekli tahmin değişkenler ile belirleme konusunda çoklu regresyon, lojistik lineer, çoklu diskriminant ve multinomial probit modellerine göre daha doğru sonuçlar vermektedir [128], [26], [27]. MNL modelin genel kabul görmüş avantajlarından birisi bütün pazarlama aktivitelerini dikkate alarak kapalı form bir çözüm üretmesi ve seçme olasılıklarını hesaplamasıdır.

Bir müşterinin son tercihi veya ürünleri sıralaması üründen sağladığı faydaya göre belirlenmektedir. Fayda değeri deterministik ve gözlemlenemeyen rastgele iki kısımdan oluşmaktadır. Deterministik kısım ürüne karşı oluşan tutumlardan oluşmaktadır ve psikoloji ve ekonomide kullanılan rasyonel ürün tercihi ile uyumludur [28]. Rastgele kısmın kaynağı

psikolojik çalışmalardır [29]. MNL modelinde rastgele hata kısmı tercih sürecindeki zenginlik ve kompleksliği getirmektedir.

Literatürde Dış Talep Modeli, Nested Lojit, vb. yöntemler bulunmaktadır. Tüketici davranışları modele dâhil edileceği ve aynı ürün grubu içinde yer alan benzer karakteristiklere sahip ürünler arasında “Geçiş Matrisi” (ikame değerleri) hesaplanacağı için MNL modeli kullanılmıştır.

Fayda fonksiyonu;

0-ürünü satın alınmayan opsiyonları göstermek üzere 0-ürünü seçen müşteri herhangi bir satın alma gerçekleştirilmemektedir. Dükkâna gelen müşterilerin her ürün $k \in \text{SU}\{0\}$ için aşağıdaki fayda fonksiyonu tanımlanmıştır.

$$U_i^k = V_i^k + \epsilon_i^k \quad (21)$$

Öyle ki:

U_i^k : i müşterisinin k alternatifinden sağladığı fayda değeri

V_i^k : fayda fonksiyonu deterministik kısım

ϵ_i^k : rastgele kısım, bütün müşteriler için bağımsız ve eşit dağılımlı (independent, identically distributed-iid) olduğu varsayılmaktadır.

Çok değişkenli modellere benzer olarak [30], fayda fonksiyonu özelliklerin ağırlıklı toplamlarından oluşmaktadır.

$$V_i^k = \sum_{j \in O} (x_{ij}^k * b_j) \quad (22)$$

Öyle ki:

x_{ij}^k : i müşterisinin k alternatifinin j özelliğine verdiği değer

b_j : bütün alternatifler için j özelliğinin önemini gösteren ağırlık değeri

O: bütün alternatif özelliklerinin bulunduğu küme

Bir müşterinin en yüksek faydayı sağladığı ürünü tercih ettiği varsayılmaktadır. Bir i müşterinin S alternatifleri içinden k alternatifini seçme olasılığı $P_i(k:S)$ olarak ifade edilmek üzere;

$$P_i(k:S) = \text{Prob} \{ U_i^k > U_i^l; \text{ her } l \in S, l \neq k \}, \quad (23)$$

fayda fonksiyonu kullanıldığında;

$$P_i(k:S) = \text{Prob} \{ (V_i^k + \epsilon_i^k) > (V_i^l + \epsilon_i^l); \text{ her } l \in S, l \neq k \} \text{ veya} \quad (24)$$

$$P_i(k:S) = \text{Prob} \{ (V_i^k - V_i^l) > (\epsilon_i^l - \epsilon_i^k); \text{ her } l \in S, l \neq k \} \text{ elde edilir.} \quad (25)$$

Rastgele kısmı Gumbel rastgele değişkeni olarak tanımlanmaktadır. İkili üstel dağılım (Double Exponential) olarak da bilinmektedir. Tüketici alternatif ürünler içinden en yüksek fayda değerini sağlayan ürünü seçmektedir.

$$\text{Prob} \{ \epsilon_i^l \geq w \} = \exp(-\exp(-w)) \text{ olmak üzere yukarıda verilen denklem} \quad (26)$$

$$P_i(k:S) = \exp(V_i^k) / \sum_{l \in S} \exp(V_i^l), \text{ şeklinde ifade edilmektedir.} \quad (27)$$

$$\text{veya } P_i(k:S) = \exp(\sum_{j \in O} (x_{ij}^k * b_j)) / \sum_{l \in S} \exp(\sum_{j \in O} (x_{ij}^l * b_j)) \quad (28)$$

elde edilir.

Müşterilerin lastik tercihinin etki eden özellikler ve ağırlıklarını bulmak için yukarıdaki açıklamalardan hareketle istatistiksel analizler yapılmaktadır. Lastik tercihleri için aşağıdaki ürün özellikleri ve denklemden hareketle MNL ile Geçiş Matrisi hesaplanmaktadır.

Ağırlıkların belirlenmesi için lojistik regresyonda standart ve adımsal olmak üzere iki temel yöntem kullanılmaktadır. Standart (Enter) yöntemde tüm ortak değişkenler bir blok olarak regresyon modelinde yer almakta ve her bir blok için parametre kestirimleri hesaplanmaktadır. Adımsal yöntemler verilerdeki rastgele değişimlerden etkilenmektedir. Model aynı örnekleme tekrar edilirse, nadiren aynı sonuçlar hesaplanmaktadır. Adımsal yöntemin sadece teori test etmede uygun olduğu dile getirilmiştir [31]. Adımsal yöntem ileriye ve geriye doğru olmak üzere

ikiye ayrılmaktadır. İleriye doğru yöntemlerde analize önce sadece sabit terim dâhil edilerek başlanmaktadır. Sonra puan istatistiklerine göre değişkenler sırasıyla eklenmekte ve en yüksek puan istatistiğine sahip olan değişken ilk önce modele girmektedir. İşlem, anlamlı puan istatistiği olan değişken kalmayıncaya kadar devam etmektedir [32].

Todman ve Dugard (1995), az sayıda parametre ile çalışıldığında ileriye doğru yöntemlerin daha güvenilir sonuçlar verdiğini belirtmiş ve yöntemlerde farklı seçim ölçütleri kullanılmasına rağmen benzer sonuçlar elde edildiğini vurgulamışlardır. Bu çalışma keşfedici olduğu ve az sayıda parametre bulunduğundan multinomial lojistik regresyon analizi “Olabilirlik Oranı ile İleriye Doğru Yöntemi (Forward Likelihood Ratio-Forward: LR)” kullanılarak gerçekleştirilmiştir [136].

Müşterilerin fayda fonksiyonu (2.29) da verilmiştir. Bu fayda fonksiyonu ile SPSS.V17 de hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve her yıl için 3 farklı “Geçiş Matrisi” hesaplanmıştır [137]. Bu geçiş matrisleri sadece ekonomik (fiyat, marka ve hız sınıfı), sadece sürdürülebilirlik (yuvarlanma direnci, ıslak zemin fren mesafesi ve ağırlık) ve bütün özellikler birlikte değerlendirilerek oluşturulmuştur.

$$U_k = \beta_{k0} + \beta_{k1} * \text{Fiyat}(F_k) + \beta_{k2} * \text{Marka}(M_k) + \beta_{k3} * \text{Sınıf}(S_k) + \beta_{k4} * \text{Yakıt_Verimliliği}(Y_{v_k}) + \beta_{k5} * \text{Islak_Zeminde_Yol_Tutuş}(I_{z_y_t_k}) + \beta_{k6} * \text{Dış_Gürültü}(Dg_k) + \beta_{k7} * \text{Lastik_Ağırlığı}(L_{a_k}) \quad (29)$$

Hesaplamalar aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir;

k: gelen müşterinin tercih ettiği ürün

i: sunulan ürün

u: ürün özelliği

l: ürün özellik seviyesi

P: Ürün kümesi, kümede toplam 16 ürün bulunmaktadır.

A: Ürün özellikleri kümesi

A = {fiyat, marka, hız sınıfı, yuvarlanma direnci, ıslak zemin fren mesafesi, gürültü, ağırlık}

L_m: m ürün özelliği seviye kümesi, Örn: L_{marka} = {L, B}

$f_{iut} = \begin{cases} 1, & \text{eğer t anında gelen tüketici terciyi ve sunulan ürün benzer ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$

G_{ikt}: t anında k ürününden (gelen müşteri tercihi) i ürününe (sunulan) geçme olasılığı

$$G_{ikt} = \frac{e^{\sum_{u \in A} \sum_{l \in L} \beta_{iult} * f_{iut}}}{(1 + \sum_{k \in P} e^{\sum_{u \in A} \sum_{l \in L} \beta_{iult} * f_{iut}})} \quad (30)$$

Genel Cebir Model Sistemi (General Algebraic Modeling System-GAMS) üst seviyede matematiksel modelleme ve optimizasyon yazılımıdır. Modelin geliştirilmesine, analizlerin yapılmasına ve problemlerin çözümü için kullanılmaktadır. (1)-(16) arasında tanımlanan matematiksel model GAMS’te modellenmiştir [33]. (17)-(20) arasında belirtildiği şekilde ürün sürdürülebilirlik değeri hesaplanmış ve (30)’daki formülasyonda gösterildiği gibi SPSS’te “Geçiş Matrisi” hesaplanarak Tamsayı Karma Non-lineer (MINL) ile çözümü üretilmiştir. Çözümde GAMS platformunda BARONs çözücüsü yardımıyla NEOS serverda çözümler gerçekleştirilmiştir [34], [35], [36].

3. DENEYSEL ANALİZLER

Bu bölümde tanımlanan problem için farklı senaryolarda analizler gerçekleştirilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Tüketici tercihlerine göre 3 farklı geçiş matrisi hesaplanmıştır. Tüketiciler sadece fiyat, marka ve hız sınıfı özelliklerine göre tercih yaptıkları durum için ekonomik geçiş matrisi, sadece yuvarlanma direnci, ıslak zemin yol tutuş, gürültü seviyesi ve ağırlığa göre tercih yaptıkları durumda sürdürülebilirlik geçiş matrisi hesaplanmıştır. Özelliklerin tamamı dikkate alınarak sürdürülebilir ve ekonomik geçiş matrisi hesaplanmıştır. Şirket de benzer şekilde sadece ekonomik, eşit ağırlıklı ve sadece sürdürülebilirlik olmak üzere 3 farklı karar

alternatifine sahiptir. Müşteri ve şirket tercihlerine göre 9 farklı problem değerlendirilmiş ve toplamda 27 farklı senaryo çalışılmıştır.

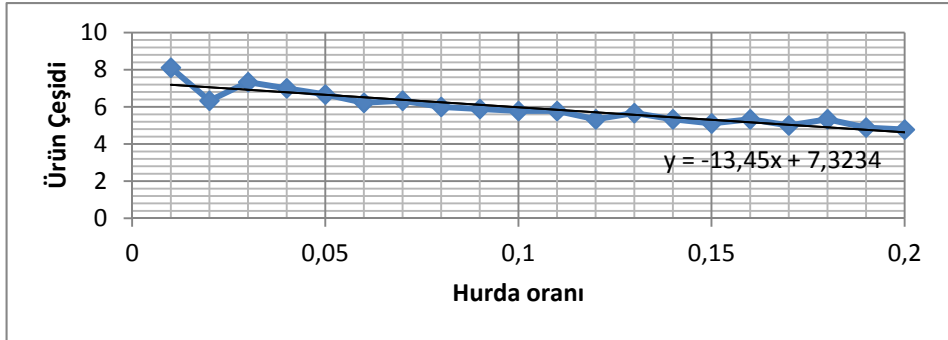
Modelde parametrelerin başlangıç değerleri aşağıdaki şekilde alınmıştır.

<i>model parameters</i>
ULmaks: 10.000 adet
ULmin: 0 adet
SA: 10.000 adet
azl_1: 0,01
azl_2: 0,01
hu: 0,01
h: 1 TL

3.1. Kalite Maliyeti (hurda oranı), Karlılık ve Ürün Çeşitliliği

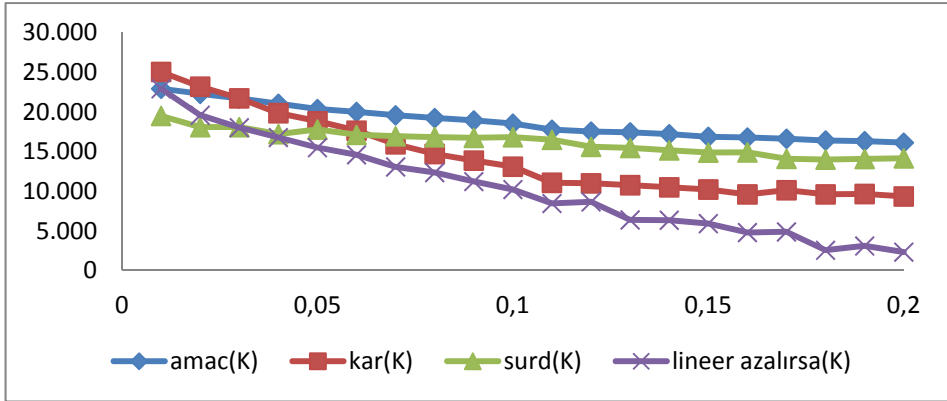
Bu bölümde kalite maliyetinin ürün çeşidi, karlılık, sürdürülebilirlik değeri ve firma tercihinin sonuca etkisi üzerinde durulmuştur. Hurda oranı hatalı üretilen ürünlerin ve oluşan kalite maliyetinin yüzdesini göstermektedir. Ürün çeşidi arttıkça hurda oranı ile çarpımı kadar toplam maliyet oluşturmaktadır.

Şekil 2'de 9 senaryo için hurda oranı ve ürün çeşidi arasındaki değişim verilmiştir. Hurda oranı ile ürün çeşidi arasında negatif bir ilişki görülmüştür. Oran arttıkça ürün çeşidinin azaldığı gözlenmiştir. Hurda oranı yükseldiğinde toplam kalitesizlik maliyeti artmakta ve karlılığı düşürmektedir.



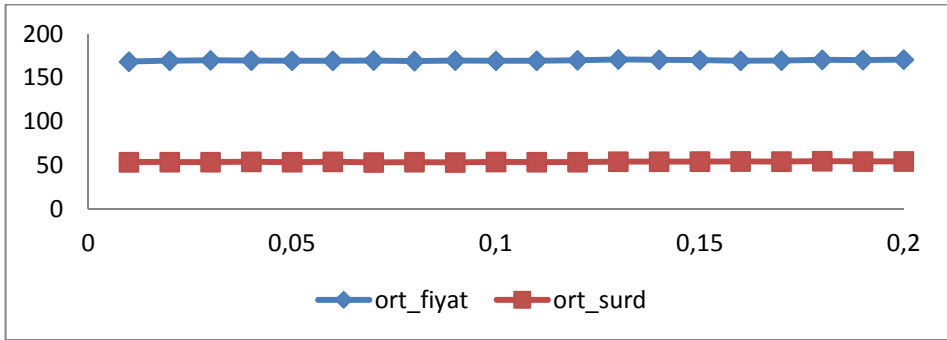
Şekil 2. Hurda Oranı ve Ürün Çeşidi Değişimi

Hurda oranı arttıkça kar ve sürdürülebilirlik değeri azalmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi kalite maliyeti karlılığa etki ettiği için toplam kar değeri sürdürülebilirlik değerine göre daha fazla azalmaktadır. İlk çözüm değerinden STB sayısı ve hurda oranının çarpımının çıkarılmasıyla hesaplanan lineer azalma kar ve sürdürülebilirlik değerine göre daha fazla azalmaktadır.

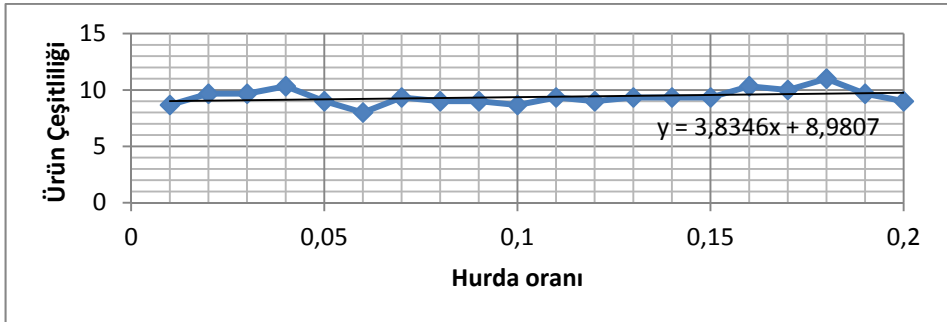


Şekil 3. Hurda Oranı ve Amaç, Karlılık ve Sürdürülebilirlik Değeri Değişimi

Şekil 4’de görüldüğü gibi ortalama fiyat ve sürdürülebilirlik değeri hurda oranının artışından etkilenmemiştir.



Şekil 4. Hurda Oranı ve ort_fiyat ve ort_surd Değeri Değişimi

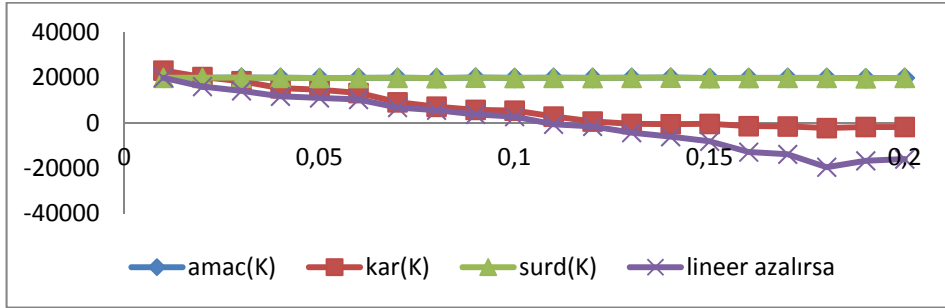


Şekil 5. Hurda Oranı ve Ürün Çeşidi Değişimi (firma sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar veriyor)

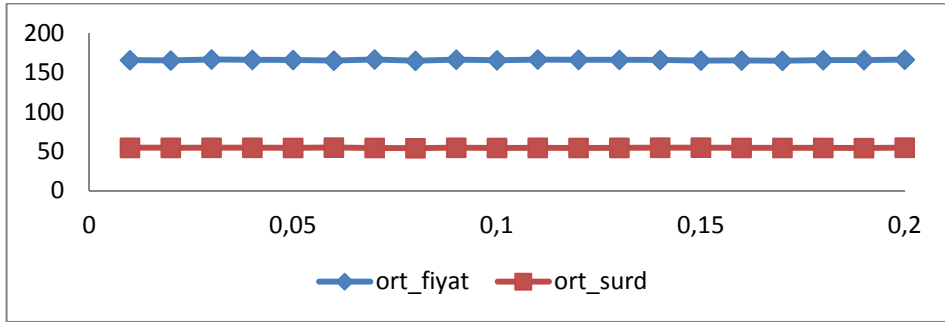
Firma sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar verildiğinde şekil 5’deki sonuçlar oluşmuştur. Kalite maliyeti karlılığı etkilediği ve firma karlılığı amaç fonksiyonunda

değerlendirmedeği için yukarıdaki örneğin tersine hurda oranı ve ürün çeşitliliği arasında pozitif bir eğilim gözlenmiştir.

Şekil 6'da görüldüğü gibi firma sadece sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar verdiğinde, hurda oranı arttıkça sürdürülebilirlik değeri etkilenmezken, karlılık çok düşmekte ve negatif değerlere inmektedir.



Şekil 6. Hurda Oranı ve Amaç, Karlılık ve Sürdürülebilirlik Değeri Değişimi (firma sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar veriyor)



Şekil 7. Hurda Oranı ve ort_fiyat ve ort_surd Değeri Değişimi (firma sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar veriyor)

Şekil 7'de görüldüğü gibi ort_fiyat ve ort_surd değerleri hurda oranı artışından etkilenmemiştir.

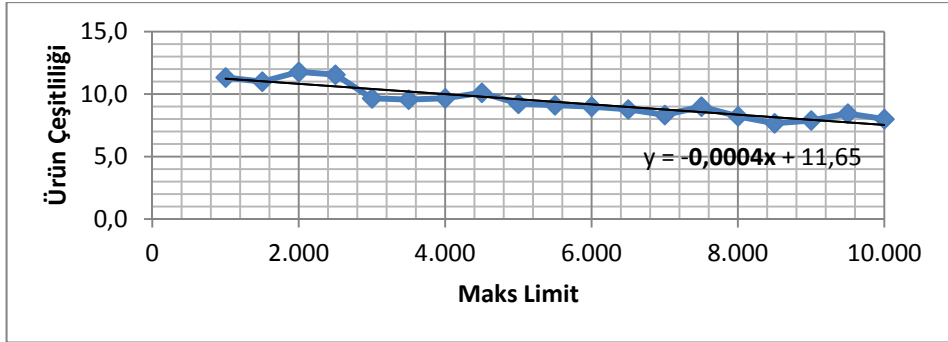
3.2. Stok Limiti, Karlılık ve Ürün Çeşitliliği

Bu bölümde Stok Limitinin karlılık ve ürün çeşitliliğine etkisi değerlendirilmiştir. Stok limitinin artması bir periyottaki depolama kapasitesini arttırmaktadır. Stok limiti toplam stok kapasitesini göstermektedir. Başlangıç ve bitiş stok seviyelerinin sıfır olma şartı ve aylık olarak stokta ürün tutma ihtimali bulunmaktadır. Şekil 8'de 9 senaryonun ortama değerleri verilmiştir ve Stok Limiti arttıkça ürün çeşitliliği azalma eğilimindedir. Stok limitindeki artış bir dönemde üretilen bir ürünün sonraki dönemlerde satılması için alan oluşturmaktadır. Stok limiti arttıkça dönem içinde yeni ürün üretmek yerine geçmiş dönemde üretilmiş ve stoklanmış ürünlerin kullanılma imkânı artmaktadır. Dönem içinde hiç üretilmemiş bir ürünü geçmişte üretilmiş benzer ürünlerden karşılama ihtimali artmaktadır.

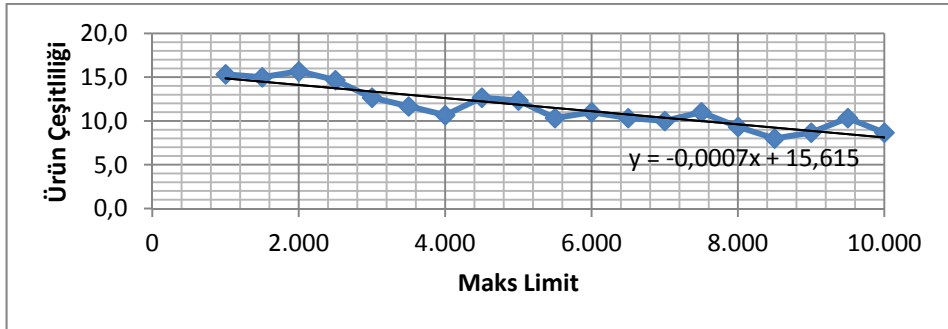
Ort fiyat ve ort surd değerleri ise sabit kalmaktadır. Bu durum fiyat ve sürdürülebilirlik açısından benzer ürünlerin ikame edildiğini göstermektedir.

3.3. Maksimum Üretim/İthalat Kapasitesi, Karlılık ve Ürün Çeşitliliği

Bu bölümde Maksimum Üretim/ithalat Kapasitesi Limitinin karlılık ve ürün çeşitliliğine etkisi değerlendirilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü gibi üretim veya ithalat için limit arttığında ürün çeşitliliği azalmaktadır. Maksimum limit düşük olduğunda firma pazardaki talebi karşılayabilmek için daha fazla sayıda ürün sunmaktadır.



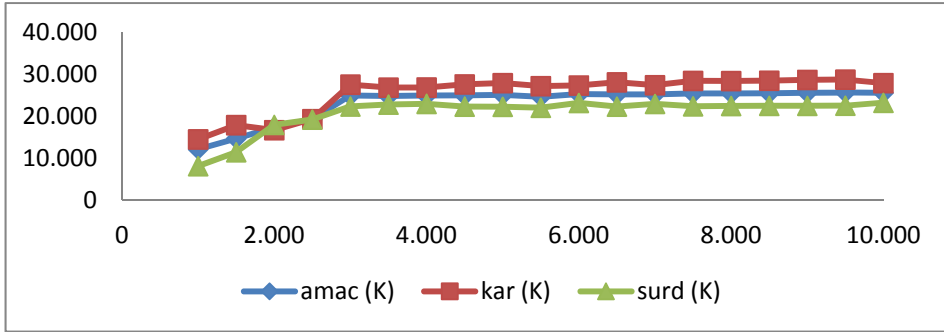
Şekil 11. Maks Limit ve Ürün Çeşitliliği



Şekil 12. Maks Limit ve Ürün Çeşitliliği (Firma Sürdürülebilirlik Parametrelerine göre karar verdiğinde)

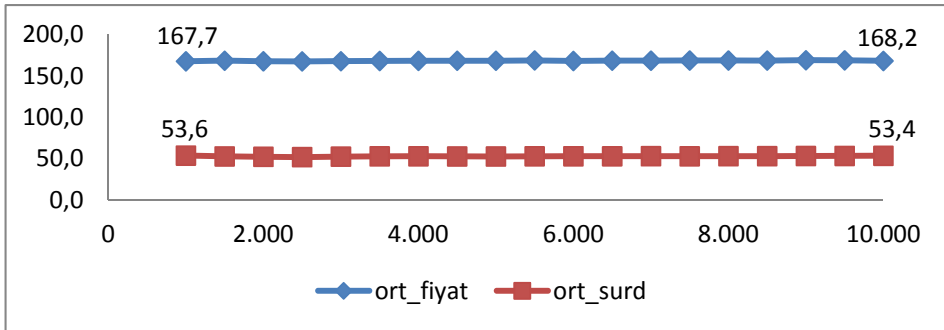
Şekil 12'de görüldüğü gibi firma sadece sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar verdiğinde ürün çeşitliliği değişimi daha fazla olmuştur. Maksimum üretim limiti düşük olduğunda firma pazara daha fazla ürün çeşidi sunmuştur.

Şekil 13'de maks limit ve amaç, kar ve sürdürülebilirlik değerleri arasındaki ilişki paylaşılmıştır. Maksimum limit değeri düşük olduğunda ürün çeşitliliği yüksek olmasına rağmen pazardaki talep karşılanamamakta ve amaç, kar ve sürdürülebilirlik değerleri düşük kalmaktadır. Limit artışıyla birlikte bu değerler de belli bir seviyeye kadar artmaktadır.



Şekil 13. Maks Limit ve Amaç, Kar ve Sürdürülebilirlik

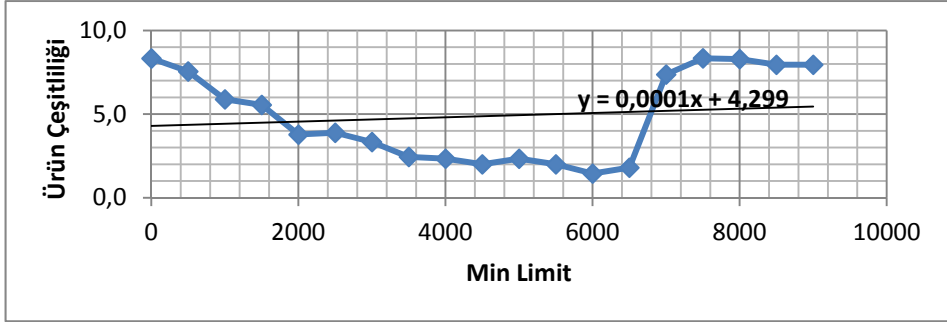
Şekil 14’de maksimum limit ve ort_fiyat ve ort_surd değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. ort_fiyat ve ort_surd değerlerinin çok küçük değişimler gösterdiği gözlenmiş ve tüketici tercihlerinin benzer ürünlere yöneldiğini ifade etmektedir. Bu durum maksimum kapasite ve tüketici tercihleri arasında bir ilişki olmadığını göstermiştir.



Şekil 14. Maks Limit ve ort_fiyat ve ort_surd

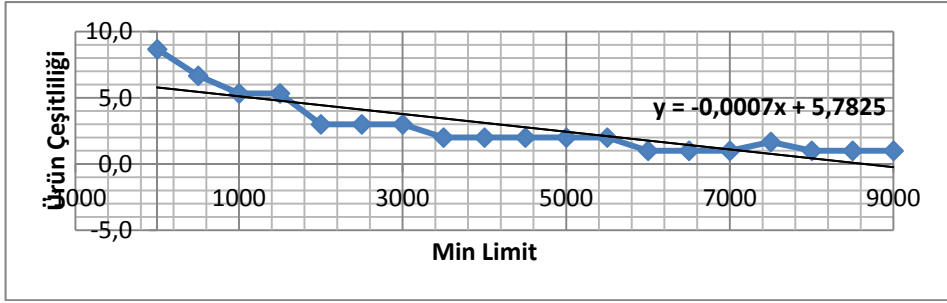
3.4. Minimum Üretim/İthalat Kapasitesi, Karlılık ve Ürün Çeşitliliği

Bu bölümde Minimum Üretim/ithalat Kapasitesi Limitinin karlılık ve ürün çeşitliliğine etkisi değerlendirilmiştir. Minimum üretim/ithalat limiti bir ürün için üretilmesi veya ithal edilmesi gereken en küçük miktarı göstermektedir. Şekil 15’de görüldüğü gibi minimum üretim kısıtı arttıkça yaklaşık 6500 değerine kadar ürün çeşitliliği azalmaktadır. Sonrasında ürün çeşitliliği değerinde hızlı bir artış görülmekte ve yükseldiği değerden devam etmektedir. Firmanın satamadığı ürünleri elde tutma maliyetine katlanarak bir sonraki döneme taşıyabilmektedir. Problem varsayımı olarak son dönemde bütün ürünleri satmış olması gerekmektedir. Stokta tutma maliyeti ve problem varsayımından dolayı firma minimum üretim/ithalat değeri arttıkça belirli ürünlere odaklanmakta ve ürün çeşitliliği düşmektedir.



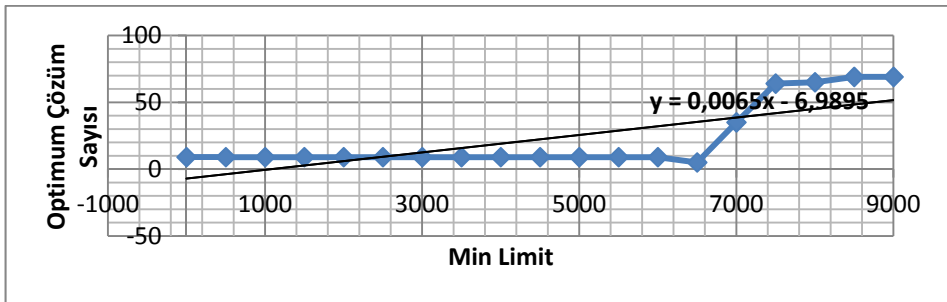
Şekil 15. Min Limit ve Ürün Çeşitliliği

Şekil 16'da görüldüğü gibi firma sadece karlılığa göre karar verdiğinde ürün çeşitliliğinde sıçrama noktası oluşmamaktadır. Ürün çeşitliliğinde sıçrama noktası olmasının nedeni firmanın sürdürülebilirlik parametrelerine göre karar vermesidir.



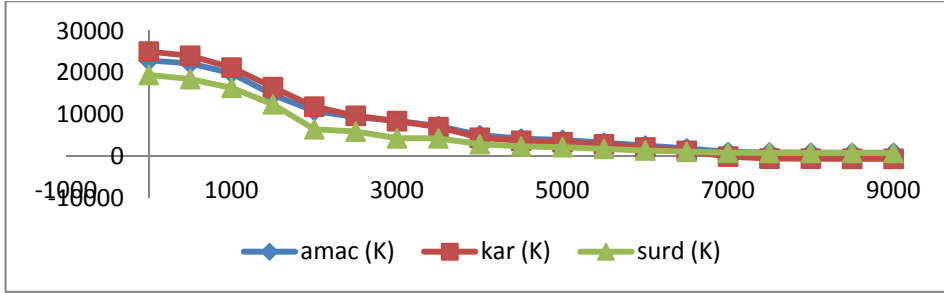
Şekil 16. Min Limit ve Ürün Çeşitliliği (Firma Ekonomik Parametrelere göre karar verdiğinde)

Şekil 17'de görüldüğü gibi optimum çözüm sayısı değerlendirildiğinde sıçrama noktasında optimum çözüm noktası sayısı artmakta ve birden fazla değerde problem için optimum çözüm üretilebilmektedir. Bu durum özellikle firma sürdürülebilirlik parametrelerini kararlarına dâhil ettiğinde oluşmaktadır. Sürdürülebilirlik parametreleri firmanın amaç fonksiyonuna girdiğinde elde tutma maliyetinin amaç fonksiyonu içindeki ağırlığı düşmekte ve firma daha fazla ürün çeşidini pazara sürebilmektedir.



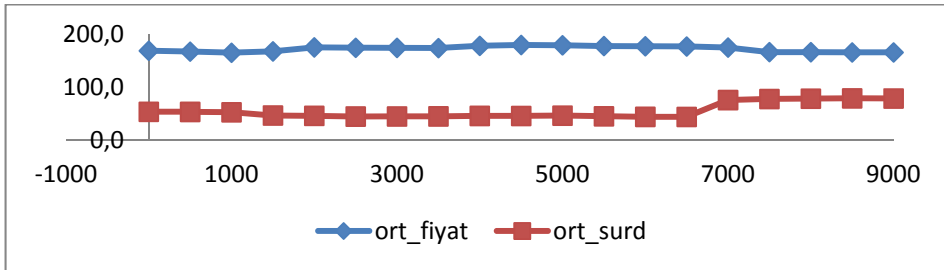
Şekil 17. Min Limit ve Optimum Çözüm Sayısı

Şekil 18’de minimum limit ve amaç, kar ve sürdürülebilirlik değeri arasındaki ilişki verilmiştir. Minimum değer arttıkça firma daha düşük ürün çeşidi ile daha fazla hizmet vermeye zorlanmakta ve ürettiği/ithal ettiği ürünler ile diğer talepleri karşılamaya çalışmaktadır. Bu durum oluşan talebi düşürmektedir. Ayrıca elde tutma maliyetlerinin yükselmesi karlılığı düşürmektedir. Düşen talepten dolayı toplan sürdürülebilirlik değeri düşmektedir. En büyük düşüş 1000-2000 değeri arasında gerçekleşmiştir.



Şekil 18. Min Limit ve Amaç, Kar ve Sürdürülebilirlik

Şekil 19’da minimum limit ve ort_fiyat ve ort_surd değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Ortalama fiyat ve sürdürülebilirlik değeri sıçrama noktasına kadar çok değişkenlik göstermemektedir. Sıçrama noktasında ortalama fiyat düşerken, sürdürülebilirlik değeri yükselmektedir. Sıçrama noktasından sonra sürdürülebilirlik değeri yüksek ürünler piyasaya sunulmuştur.



Şekil 19. Min Limit ve ort_fiyat ve ort_surd

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Makalede sürdürülebilirlik özelliklerini ve tüketici tercihlerini dikkate alan ürün çeşitliliği problemi çalışılmıştır. İki yönde ikameye imkân veren “Geçiş Matrisi” ve çok ürünli envanter modeli oluşturulmuş ve envanter maliyetinin, hurda oranının, üretim limitlerinin ve talep değişimlerinin etkileri analiz edilmiştir.

Beklendiği gibi, hurda oranı ve verimsizlik maliyetleri arttıkça ürün çeşidi azalma eğilimi göstermektedir. Stok limitinin, üretim/ithalat kapasitesinin en az ve en çok seviyesinin artması durumunda ürün çeşidinde azalma gözlenmiştir. Optimum ürün çeşitliliği, en çok satan ürün yaklaşımı, ürün çeşitliliği ve talepteki değişim konularına yönelik analizler Sarigol ve Ozkan (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir [37].

Literatürdeki çalışmaları takip edebildiğimiz kadarıyla, ürün çeşitliliği problemi yaygın olarak çalışılmış olmasına rağmen sürdürülebilir ürün özelliklerini içeren ürün çeşitliliği problemi

bulunmamaktadır. Bu makale ile sürdürülebilir ürün özelliklerini içeren bir model oluşturulmuş ve analizler yapılarak literatüre katkı sağlanmıştır. Tüketiciler ve firma sürdürülebilirlik konularını dikkate alarak ve birbirlerinin durumlarına göre karar vermektedirler. Bu çalışma ile sürdürülebilirlik konusu, envanter maliyetleri, hurda oranı, üretim limiti ve talep değişimi konularıyla birlikte analiz edilmiştir.

Makalede yapılan çalışmadan hareketle literatüre katkı sağlayacak yeni çalışma konuları oluşmuştur. Örneğin, yok satma maliyeti, birim satın alma maliyeti amaç fonksiyonuna eklenebilir ve gecikmiş siparişlerin yüklenmesine ilişkin model geliştirilebilir ve sürdürülebilirlik ilişkisi kurularak analizler yapılabilir. Çalışmada geçmiş verilerden hareketle değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu durum gelecekte oluşacak ve geçmiş verilerden farklı senaryoların eksik değerlendirilmesine neden olacağı için gelecek müşteri tercihlerine yönelik tahminlerin eklenmesi çalışmayı zenginleştirecektir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında ürünlerin sürdürülebilirliğine odaklanılmış ve analizler ürün sürdürülebilirliğini kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ürün yaşam döngüsü analizleri gerçekleştirilerek hammaddenin tedarikinden başlayan, ürünün üretilmesiyle devam eden ve müşteriye ulaşmasına kadar devam eden değer zinciri dikkate alınarak sürdürülebilirlik değerleri hesaplamalara katılabilir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Larson, R., (2005). "Making Category Management More Practical", *Journal of Food Distribution Research*, 36(1): 101-105.
- [2] Simonson, I., (1999). "The Effect Of Product Assortment On Buyer Preferences", *Journal Of Retailing*, 75(3) :347–370.
- [3] Mantrala, M.K., Levy, M., Kahnc, B.E., Fox, E. J., Gaidarev, P., Dankworth, B., Shah, D., (2009). "Why is Assortment Planning so Difficult for Retailers? A Framework and Research Agenda", *Journal of Retailing*, 85: 71–83.
- [4] Broniarczyk, S. M. (2008). Product assortment, *Handbook of consumer psychology*, New Jersey: Lawrence Erlbaum, Chapter 30: 755-779.
- [5] Dhar, R., (1997). "Consumer Preference for A No-Choice Option", *Journal of Consumer Research*, 24: 215-231.
- [6] Taylor, P., Song, Z. and Kusiak, A., (2009). "Optimizing product configurations with a data-mining approach", *International Journal of Production Research*, 47(7): 37-41.
- [7] Parlaktürk, A. K., (2012). "The Value of Product Variety When Selling to Strategic Consumers", *Manufacturing & Service Operations management*, 14 (3): 371–385.
- [8] Larson, R., (2005). "Making Category Management More Practical," *Journal of food distribution research*, 36(1): 101–105.
- [9] Chand, S., Ward, J.E., Weng, Z.K., (1994). "A Parts Selection Model With One-Way Substitution", *European Journal Of Operational Research*, 73 (1): 65–69.
- [10] Saure, D., Zeevi, A. (2013), "Optimal Dynamic Assortment Planning with Demand Learning", *Manufacturing & Service Operations Management*, 15(3): 387–404.
- [11] Urban, T. L., (1998). "An Inventory-Theoretic Approach To Product Assortment And Shelf-Space Allocation", *Journal Of Retailing*, 74(1): 15-35.
- [12] Hariga, M. A., Al-Ahmari, A., Mohamed, A. R. A., (2007). "A Joint Optimisation Model For Inventory Replenishment, Product Assortment, Shelf Space And Display Area Allocation", *Decisions. European Journal Of Operational Research*, 181(1): 239-251.
- [13] Maddah, B., Bish, E. K., (2007). "Joint Pricing, Assortment, And Inventory Decisions for A Retailer's Product Line", *Naval Research Logistics*, 54(3): 315–330.
- [14] Honhon, D., Gaur, V., Seshadri, S., (2010). "Assortment Planning and Inventory Decisions Under Stockout-Based Substitution", *Operations Research*, 58(5): 1364–1379.
- [15] Thonemann, U.W., Brandeau, M.L., (2000)., "Optimal Commonality In Component Design", *Operations Research* 48 (1): 1–19.

- [16] Mahajan, S., Van Ryzin, G., (2001), "Stocking Retail Assortments Under Dynamic Consumer Substitution", *Operations Research*, 49 (3): 334–351.
- [17] Hannan, M. T., Freeman, J., (1984). "Structural Inertia and Organizational Change", *American Sociological Review*, 49(2): 149-164.
- [18] Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., (1987). Our Common Future('Brundtland report')
- [19] Deloitte and Touche, (1992). Business strategy for sustainable development: leadership and accountability for the 90s, *Business Strategy and the Environment*, John Wiley & Sons, Ltd.
- [20] GRI, Sustainability reporting guidelines, 2002. Boston (MA): Global Reporting Initiative
- [21] Mayyas, A., Qattawi, A., Omar, M., Shan, D., (2012). "Design For Sustainability in Automotive Industry: A Comprehensive Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4): 1845–1862.
- [22] Fiksel, J., Mcdaniel, J., Spitzley, D., (1998). "Measuring Product Sustainability," *The Journal of Sustainable Product Design*, 1998:7-18.
- [23] Harris, J.M., 2000. "Basic Principles Of Sustainable Development," Book Chapter: Dimensions of Sustainable Development, 1:21-40.
- [24] Fader, P.S., Hardie, B.G.S., (1996). "Modeling Consumer Choice Among SKUs", *Journal Of Marketing Research*; 33 (4):442-452.
- [25] Yucel, E., Karaesmen, F., Salman, F.S., Turkay, M., (2008). "Optimizing product assortment under customer-driven demand substitution", *Journal of Operational Research*, 199(3): 759–768.
- [26] Green, P. E., Carmone, F. J., Wachpress, D. P., (1977). "On the Analysis of Qualitative Data in Marketing Research" *Journal of Marketing Research*, 14:52-59.
- [27] Maddala, G. S., (1983). *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Economics*, New York: Cambridge University Press, 257-291.
- [28] Manski, C.F., (1973), *The Stochastic Utility of Choice*. School of Public and Urban Affairs, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- [29] Bock, R. ve Jones, L., (1968). *Measurement and Prediction of Judgment and Choice*, San Francisco: Holden Day.
- [30] Guadagni, P., M., Little, J., D., (1983), "A Logit Model of Brand Choice Calibrated on Scanner Data", *Marketing Science*, 2(3): 203 - 238.
- [31] Kalaycı, Ş., (2010), *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayın, Ankara.
- [32] Çokluk, Ö.,(2010), "Lojistik Regresyon Analizi: Kavram ve Uygulama", *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, Ankara Üniversitesi, 1397-1407.
- [33] GAMS Development Corporation. *General Algebraic Modeling System (GAMS) Release 24.2.1*. Washington, DC, USA, 2013.
- [34] Czyzyk, J., Mesnier, M. P., and Moré, J. J., (1998). "The NEOS Server", *IEEE Journal on Computational Science and Engineering*, 5(3): 68-75.
- [35] Dolan, E., (2001). *The NEOS Server 4.0 Administrative Guide*. Technical Memorandum ANL/MCS-TM-250, Mathematics and Computer Science Division, Argonne National Laboratory.
- [36] Gropp, W., Moré, J. J., (1997). *Optimization Environments and the NEOS Server*. *Approximation Theory and Optimization*, M. D. Buhmann and A. Iserles, eds., Cambridge University Press, pages 167-182.
- [37] Sarigol, I., Ozkan, C., (2016). *Sustainable Product Variety Optimization*, working paper.