



**BELİRSİZLİK ALTINDA ÜRETİM PLANLAMADA NİCEL YÖNTEMLERİN KULLANIMI ÜZERİNE BİR
DERLEME ÇALIŞMASI**

PRODUCTION PLANNING UNDER UNCERTAINTY WITH QUANTITATIVE METHODS: A REVIEW

Dr. Bilge MEYDAN

Kütahya Dumlupınar University, Department of Business Administration, bilge.meydan@dpu.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

ÖZET

Anahtar Kelimeler:

Üretim operasyonları,
belirsizlik altında üretim
planlaması, nicel yöntemler

Geliş Tarihi:

16.06.2023

Revizyon Tarihi:

30.06.2023

Kabul Tarihi:

30.06.2023

Makale Kategorisi:

Araştırma Makalesi

© 2023 İGAR

Tüm hakları saklıdır.

Bir üretim sürecinde planlama yapmak her dönem için zor olsa da günümüzde belirsizlik unsurlarının artması ile daha dikkatli çalışılması gereken bir konu haline gelmiştir. Bu araştırma, üretim planlamasında belirsizlikleri ele alan ve nicel yöntemler kullanarak belirsizliklerin bulunduğu üretim sürecini optimize eden çalışmalarını inceleyen bir derleme çalışması olarak oluşturulmuştur. Dönem olarak 2010-2017 yılları arasında yayımlanan 26 çalışma incelenmiştir. Araştırmada Web of Science veri tabanında taranan öncü dergilerde yayınlanan çalışmalar baz alınmıştır. Çalışmalar; üretim planlamada ele alınan konu ve alt konular, belirsizlik yaratan unsurlar ve belirsizliklerin çözümü için kullanılan nicel yöntemler dikkate alınarak tasnif edilmiştir. Bu çalışma konu ile ilgili çalışan araştırmacılara kaynak oluşturması açısından önemlidir.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

Production operations,
production planning under
uncertainty, quantitative
methods

Received:

16.06.2023

Revised:

30.06.2023

Accepted:

30.06.2023

Article Classification:

Research Article

Planning in the production process is a hard problem all the while. Nowadays, because of the increase of uncertainty elements, it has become a subject that needs to be studied more carefully. This study is created as a review study that deals with uncertainties in production process and optimize the process in which under uncertainties with quantitative methods. It examines 26 papers that was published between 2010-2017. It concerned the papers which is in lead journals in Web of Science. The papers has classified regards to subject and sub-topics about production planning, the elements that create uncertainty and the quantitative methods are used for the solution. This study is important in terms of creating a resource for researchers working on the subject.

© 2023 JBER

All rights reserved.

Atıf/ to Cite (APA): Meydan B. (2023). Belirsizlik altında üretim planlamada nicel yöntemlerin kullanımı üzerine bir derleme çalışması. *İşletme ve Girişimcilik Araştırmaları Dergisi*, 2023(2), 15-30

1. GİRİŞ

Üretim planlamanın geniş yelpazeli bir alanı olması ve süreç içinde farklı belirsizlik unsurlarıyla karşılaşılabilmesi sebebiyle araştırmacılar için ilgi çeken bir konu olmuştur. Üretim planlamanın bir parçası olan tedarik zincirinde karşılaşılan belirsizlikler de bu kapsamda ele alınmıştır. Genel olarak üretim planlamada en çok karşılaşılan belirsizlik taleplerin, üretim fonksiyonunun, ham madde ve fiyatların belirsizliği olurken; tedarik zinciri ve dağıtım planlamada talep noktalarının, kaynakların, tesis kullanımından kaynaklı belirsizlikler öne çıkmaktadır. Bunların yanında incelenen üretim biriminin ve tedarik zinciri ağının ele alınan probleme özgü başka belirsizlikleri de olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı araştırmacılar, süreç içerisinde yer alan farklı belirsizlik kaynaklarını nicel yöntemlerle çözmeye çalışmıştır.

Bu çalışma daha önce Mula vd. (2006) tarafından 1983-2004 yılları arasında yapılan çalışmalarını inceleyen bibliyografik derleme çalışması baz alınarak oluşturulmuştur. Çalışmaların üretim planlamanın hangi konularına yöneldiği, varsa ele alınan alt konular, üretim planlamada belirsizlik yaratan unsurlar ve çözüm için kullanılan nicel yöntemler Tablo 1’de bir arada verilmiştir. Dönem olarak 2010-2017 yılları arasında Web of Science veri tabanında yer alan alanında öncü dergilerde yayımlanan 26 çalışma incelenmiştir.

Tablo 1: 2010-2017 Yılları Arasında İncelenen Çalışmalar

Sıra	Yazar	Konu	Alt Konular	Belirsizlik	Yöntem
1	Klibi vd. (2010)	Tedarik Zinciri Planlaması	Ağ Tasarımı	Kaynaklar, Talep Noktaları ve Risk	Robust Testler ve Ağ Tasarlama
2	Al-e-Hashem vd. (2011)	Toplam Üretim Planlaması	Çok Amaçlı Optimizasyon	Talep, Maliyet	Robust Optimizasyon, MILP
3	Ejikeme-Ugwu vd. (2011)	Rafineri Üretim Planlama	Dağıtım Planlama	Talep	Stokastik Doğrusal Programlama, Örnek Ortalama Yakınlaştırma
4	Kostin vd. (2012)	Tedarik Zinciri Planlaması	Finansal Risk Yönetimi	Talep	MILP, Stokastik Programlama
5	Moreno ve Montagna (2012)	Üretim Planlama	Tasarım Planlama	Talep	Stokastik Doğrusal Ayrık Programlama
6	Jouzdanı vd. (2013)	Tedarik Zinciri Planlaması	Tesis Kurulum Yeri Planlama, Lojistik Planlama	Talep, Trafik	Dinamik Programlama, Bulanık MILP
7	W. White (2013)	Kaynak Planlama	Üretim Planlaması	Üretim Fonksiyonu Belirsizlikleri	Stokastik Programlama
8	Rahmani Vd. (2013)	Üretim Planlama	-	Talep, Üretim Maliyetleri	Robust Optimizasyon, MILP
9	Silva ve Marins (2014)	Toplam Üretim Planlaması	Depolama Planlaması, Dağıtım Planlama	Üretim Süreci ile İlgili, Hasata Bağlı Belirsizlikler	Bulanık Amaç Programlama

10	H. Lee (2014)	Tedarik Zinciri Planlaması	Enerji Arzı Planlaması	Hammadde Temini, Talep, Kaynak, Pazar, Politika, Teknoloji	Stokastik Programlama, Dinamik Programlama
11	Chen ve Sarker (2015)	Üretim Planlama	Performans Yönetimi, Operasyon Yönetimi	Talep	Bulanık Optimizasyon
12	Hatefi vd. (2015)	Lojistik Planlama	İleri-Geri Bildirimli Entegre Lojistik Ağı Tasarımı, Tersine Lojistik	Talep, Kapasite, Geri Dönüştürülecek Ürün, Kurulum ve Taşıma Maliyetleri	Bulanık Olasılık Programlama
13	Alemany vd. (2015)	Darboğaz Planlama	-	Ürünün Homojenliğinin Olmaması	Bulanık MILP
14	Dias ve Ierapetritou (2016)	Üretim Planlama	Süreç Kontrol	Talep, Çevre, Fiyat, Kalite, Akış Oranı, Isı Transferi, Ekipman	Stokastik Programlama, Bulanık Programlama ve Robust Optimizasyon
15	Lawson vd. (2016)	Dağıtım Planlama	Enerji Ağı Tasarımı	Talep, Ek Maliyetler, Tesis Kullanılabilirliği	Bayesian Yaklaşımı, Monte Carlo Simülasyonu
16	Chatterjee vd. (2016)	Üretim Planlama	Maden Ocağı Üretim Planlaması	Emtia Fiyatı, Piyasa Belirsizliği	Gauss Simülasyonu, Düzleştirici Spline Algoritması
17	Avraamidou ve Pistikopoulos (2017)	Tedarik Zinciri Planlaması	Dağıtım Planlama, Üretim Planlaması	Talep	B-MILP (Bi Level Mixed Integer Linear Programming)
18	Jamalnia vd. (2017)	Üretim Planlama	-	Talep	Stokastik Doğrusal Olmayan Çok Amaçlı Optimizasyon
19	Zeng vd. (2017)	Üretim Planlama	Hava Kirliliği Yönetimi	Olasılık Dağılımı	Stokastik Bulanık Programlama
20	Liu vd. (2017)	Lojistik Planlama	Tıbbi İlaç Lojistiği	Talep ve Servis Süresi	Uzay-Zaman Ağı Yaklaşımı (Time-Space Network)
21	Govindan vd. (2017)	Tedarik Zinciri Planlaması	Tersine Lojistik Ağ Tasarımı	İş Çevresi	Stokastik Programlama, Bulanık Programlama ve Robust Optimizasyon
22	Moret vd. (2017)	Enerji Üretimi Planlama	-	Talep, Maliyet, Fiyatlar, Kaynağa Ulaşabilirlik, Taşıma	MILP
23	Marques vd. (2017)	Süreç Tasarımı	Kapasite Planlama	Kaynaklar, Talep, Klinik Testlerin Başarısı	MILP, Monte Carlo Simülasyonu

24	Zhang vd. (2017)	Üretim Planlama	-	Enerji Tüketim Oranı, Aralarında Korelasyon Bulunan Enerji Parametreleri	Robust Optimizasyon
25	Ekin (2017)	Üretim Planlama	Kurulum Planlama	Makine Verimi, Talep	İki Aşamalı Doğrusal Olmayan Stokastik Programlama, Arttırılmış Olasılık Simülasyonu
26	Chatzikontidou vd. (2017)	Esnek Tedarik Zinciri Tasarımı	Ağ Tasarımı	Talep	Stokastik Programlama

Çalışma kapsamında incelenen yayınlar hakkında detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir. İkinci bölümde çalışmaların incelediği konulara göre tasnifi, üçüncü bölümde çalışmalarda kullanılan nicel yöntemler, dördüncü bölümde karşılaşılan belirsizlik türleri detaylı olarak incelenecektir.

2. İNCELENEN ÇALIŞMALARIN KONULARINA GÖRE TASNİFİ

Üretim planlama farklı süreçleri kapsayan geniş kapsamlı bir alandır. İncelenen çalışmalarda araştırmacılar üretimin farklı alanlarında yaşanan belirsizlik sorunlarını en iyilemeye çalışsa da yapılan çalışmaları ortak çatı altında bir araya getirerek sınıflandırmak mümkündür. Buna göre *tedarik zinciri planlama* (Klibi vd. (2010); Kostin vd. (2012); Jouzdani vd. (2013); Lee (2014); Avraamidou ve Pistikopoulos (2017); Govindan vd. (2017); Jamalnia vd. (2017) ve *üretim planlama* (Moreno ve Montagna (2012); Rahmani vd. (2013); Chen ve Sarker (2015); Dias ve Ierapetritou (2016); Chatterjee vd. (2016); Zeng vd. (2017); Zhang vd. (2017); Ekin (2017) üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Öte yandan çalışılan problemin gerekliliklerine, üretim faaliyetinin niteliğine ve sektöre göre daha özel problemleri ele alan çalışmalar bulunmaktadır. *Toplam üretim planlaması* (Al-e-hashem vd. (2011); Silva ve Marins (2014); *lojistik planlama* (Hatefi vd. (2015); Liu vd. (2017), *dağıtım planlama* (Lawson vd. (2016), *esnek tedarik zinciri tasarımı* (Chatzikontidou vd. (2017); *kaynak planlama* (White,(2013); *rafineri üretim planlaması* (Ejikeme-Ugwu vd. (2011); *enerji üretimi planlaması* (Moret vd. (2017); *süreç tasarımı* (Marques vd. (2017); *darboğaz planlama* (Alemany vd. (2015) incelenen literatürde karşılaşılan daha özel konular olmuştur. Tablo 2’de gösterildiği üzere araştırmacılar farklı konularda ve bunlarla bağlantılı alt konularda çalışmıştır.

İncelenen dönemde en çok araştırılan konu üretim planlama olmuştur. Moreno ve Montagna (2012) çalışmasında çok aşamalı yığın tesislerinin entegre tasarımı ve üretim planlaması ürün taleplerinde belirsizlik göz önüne alınarak yapılmıştır. Rahmani vd. (2013) çalışmasında, üretim maliyetleri ve müşteri talebi gibi bazı parametrelerin belirsizliği altında iki aşamalı, gerçek kapasiteli bir üretim sistemini incelemiş ve kurulum kararlarını dikkate almıştır. Chen ve Sarker (2015) çalışmasında emek yoğun imalat sanayiinde belirsiz talebin varlığında APP'nin geliştirilmesinde işgücünün öğrenme etkisi üzerinde durmaktadır. Dias ve Ierapetritou (2016) çalışmasında, imalat sanayiide kontrol, zaman çizelgesi ve süreç belirsizlikleri altında entegrasyonu sağlayarak performansı en iyi düzeye çıkarmayı amaçlamıştır. Chatterjee vd. (2016) madencilik sektöründe planlama sürecindeki en kritik ve zorlayıcı görevlerden biri olan belirsizlik altındaki açık ocak tasarımı optimizasyonu üzerine çalışmıştır. Zeng vd. (2017) çalışmasında çoklu belirsizlik altında endüstriyel faaliyetlerin ve çevre korumanın koordine edilmesini hedeflemiştir. Üretim planlama ve hava kirliliği konularının çözümünde Pekin için

bir uygulama önerisi geliştirilmiştir. Zhang vd. (2017) çalışmasında belirsizliklerin geçerli bilgilerini yakalamak, gereksiz aşamaları kaldırmak ve zenginleştirmek istemiştir. Ekin (2017) çalışmasında, belirsiz talep koşullarına entegre bir bakım ve üretim problemi için karar verme çerçevesi sunmaktadır. Jamalnia vd. (2017) çalışmasında piyasa talebinin belirsizlik ana kaynağı olduğu belirsizlik durumunda karma takip ve seviye stratejisine dayalı üretim planlama (APP) için bir karar modeli önermektedir.

Tedarik zinciri planlama konusu araştırmacıların en çok ilgi gösterdiği konulardan biridir. Klibi vd. (2010) çalışması tedarik zincirinde belirsizlik yaratan kaynakların ve risk maruziyetlerinin analizi yoluyla, önemli çevresel faktörleri gözden geçirmekte ve tedarik zinciri ağını tehdit eden büyük yıkıcı olayların doğasını tartışmaktadır. Kostin vd. (2012) çalışmasında belirsiz talep varlığında, entegre biyoetanol-şeker tedarik zincirlerinin stratejik planlamasının yapılmasını amaçlamıştır. Jouzdani vd. (2013) çalışmasında tesis yeri, trafik sıklığı ve çiğ / işlenmiş süt ve süt ürünlerinin talep belirsizliği altında taşınması maliyetlerini en aza indirgeyerek, dinamik süt tesisleri yerleşimi ve tedarik zinciri planlaması incelemektedir. Lee (2014) belirsizlik altında enerji arzı planlaması ve tedarik zinciri tasarımı arasındaki bağlantıyı ele almaktadır. Avraamidou ve Pistikopoulos (2017) talep belirsizliği altındaki dağıtım üretim planlama problemlerinin çözümünü incelemiştir. Govindan vd. (2017) makalesi, belirsizlik altında tedarik zinciri ağ tasarımı için farklı matematiksel çözüm yaklaşımları ile değerlendirmeler yapmıştır.

Toplam üretim planlaması da araştırmalarda yer bulmuştur. Al-e-Hashem vd. (2011) çalışmasında maliyet ve talep belirsizlikleri altında çok-dönemli, çok ürünlü toplam üretim planlaması (APP) problemini ele alan; birden fazla tedarikçi, birden fazla üretici ve birden fazla müşteri içeren karmaşık bir tedarik zincirini ele almıştır. Silva ve Marins (2014) çalışmasında Brezilya Şeker ve Etonol Şirketi için toplam üretim planlama problemini hasat ile ilgili belirsizlikleri göz önünde bulundurarak ele almıştır.

Lojistik planlama üzerine çalışan araştırmacılar da olmuştur. Hatefi vd. (2015) çalışmasında hem belirsizlik hem de tesadüfi tesis kesintilerinin varlığında, hibrid tesisleri olan güvenilir ileri-geri lojistik ağı tasarlama konusu ile ilgilenmiştir. Liu vd. (2017) çalışmasında tıbbi ilaç lojistik planlaması için bir değerlendirme yöntemi önerilmiştir.

Tablo 2: Ele Alınan Konu ve Alt Konulara Göre Çalışmaların Tasnifi

YAZAR	KONU	ALT KONULAR
Klibi vd. (2010)	Tedarik Zinciri Planlaması	Ağ Tasarımı
Al-e-Hashem vd. (2011)	Toplam Üretim Planlaması	Çok Amaçlı Optimizasyon
Ejikeme-Ugwu vd. (2011)	Rafineri Üretim Planlama	Dağıtım Planlama
Kostin vd. (2012)	Tedarik Zinciri Planlaması	Finansal Risk Yönetimi
Moreno ve Montagna (2012)	Üretim Planlama	Tasarım Planlama
Jouzdani vd. (2013)	Tedarik Zinciri Planlaması	Tesis Kurulum Yeri Planlama, Lojistik Planlama
W. White (2013)	Kaynak Planlama	Üretim Planlaması
Rahmani vd. (2013)	Üretim Planlama	-
Silva ve Marins (2014)	Toplam Üretim Planlaması	Depolama Planlaması, Dağıtım Planlama
H. Lee (2014)	Tedarik Zinciri Planlaması	Enerji Arzı Planlaması
Chen ve Sarker (2015)	Üretim Planlama	Performans Yönetimi, Operasyon Yönetimi
Hatefi vd. (2015)	Lojistik Planlama	İleri-Geri Bildirimli Entegre Lojistik Ağı Tasarımı, Tersine Lojistik
Alemany vd. (2015)	Darboğaz Planlama	-
Dias ve Ierapetritou (2016)	Üretim Planlama	Süreç Kontrol

Lawson vd. (2016)	Dağıtım Planlama	Enerji Ağı Tasarımı
Chatterjee vd. (2016)	Üretim Planlama	Maden Ocağı Üretim Planlaması
Avraamidou ve Pistikopoulos (2017)	Tedarik Zinciri Planlaması	Dağıtım Planlama, Üretim Planlaması
Jamalia vd. (2017)	Üretim Planlama	-
Zeng, vd. (2017)	Üretim Planlama	Hava Kirliliği Yönetimi
Liu vd. (2017)	Lojistik Planlama	Tıbbi İlaç Lojistiği
Govindan vd. (2017)	Tedarik Zinciri Planlaması	Tersine Lojistik Ağ Tasarımı
Moret vd. (2017)	Enerji Üretimi Planlama	-
Marques vd. (2017)	Süreç Tasarımı	Kapasite Planlama
Zhang vd. (2017)	Üretim Planlama	-
Ekin (2017)	Üretim Planlama	Kurulum Planlama
Chatzikontidou vd. (2017)	Esnek Tedarik Zinciri Tasarımı	Ağ Tasarımı

Yoğun olarak araştırmacıların yöneldiği üretim planlama ve tedarik zinciri planlama konularıyla bağlantılı olmakla beraber; bazı araştırmacıların daha özel konulardaki belirsizliklere çözüm aradığı görülmektedir. Chatzikontidou vd. (2017) çalışmasında talep belirsizliği altında, bireysel üretim tesisleri ve depolar yerine genelleştirilmiş depo/üretim yapılarının olduğu bir esnek tedarik zinciri planlama üzerine yoğunlaşmıştır. Dağıtım planlama üzerindeki belirsizliklere çözüm arayan araştırmacılar da göze çarpmaktadır. Lawson vd. (2016) bir güç sisteminin tüm talebi hem güvenilir hem de ekonomik olarak karşılayabilmesi için etkili transmision genişletme planlaması üzerine çalışmıştır. Kaynak planlama üzerine yoğunlaşan White (2013) hizmet işletmelerinin girdileri çıktılarına dönüştürme şeklinin belirsizliği üzerinde durmuştur.

Rafineri üretim planlama üzerine çalışan Ejikeme-Ugwu vd. (2011) rafineri planlamasını ürün talebi belirsizliği ile ele almaya yönelik bir çalışma yapmıştır.. Enerji üretim planlaması üzerine çalışan Moret vd. (2017) iklim değişikliği kaygılarına dayalı enerji planlaması ve enerji az güvenliğinin karma ve belirsiz yapısını incelemiştir. Uzun vadeli planlamada ufkun belirsizliğini, belirsizlik yaratan parametreleri inceleyerek bir karma tamsayı programlama ile gidermeye çalışmıştır.

Süreç tasarımı üzerinde duran Marques vd. (2017) çalışmasında kimyasal ilaç endüstrisinde teknik ve pazar belirsizlikleri altında ürün lansmanı planlaması sorununu ve gelişmekte olan aynı bitki ürünlerinin işleme gereksinimi ve ticari ürünlere ilişkin kaynak sınırlamalarını ele almaktadır. Darboğaz planlama üzerinde çalışan Alemany vd. (2015) dericilik, seracılık, tersine lojistik, seramik gibi sektörlerde homojenliğin olmaması ve bundan doğan belirsizliklerin yarattığı darboğazın aşılması üzerine bir çalışma yapmıştır.

3. UYGULANAN YÖNTEMLERE GÖRE İNCELENEN ÇALIŞMALARIN TASNİFİ

Moreno ve Montagna (2012) çalışmasında çok aşamalı yığın tesislerinin entegre tasarım ve üretim planlamasına yönelik iki aşamalı stokastik çok zamanlı bir LGDP (lineer genelleştirilmiş ayrık programlama) modeli geliştirmiştir. Her iki sorun için, bir dizi senaryonun temsil ettiği ürün taleplerinde belirsizlik göz önüne alınarak çalışılmıştır. Tasarım değişkenleri talep gerçekleşmeden önce yapılan şu andaki kararlar olarak modellenirken; üretim planlama değişkenleri belirsizlik karşısında optimize etmek için bekle ve gör modunda ertelenmektedir. Rahmani vd. (2013) çalışmasında, üretim maliyetleri ve müşteri talebi gibi bazı parametrelerin belirsiz olduğu, iki aşamalı, gerçek dünya kapasiteli bir üretim sistemi incelemiş ve kurulum

kararlarını dikkate almıştır. Kurulum maliyetleri, üretim maliyetleri, işçilik maliyetleri, stok maliyetleri ve işgücünün değişen maliyetleri de dahil olmak üzere toplam maliyetin minimize edilmesinin performans ölçüsü olarak kabul edildiği sorunu formüle etmek için, robust optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Ayrıca üretim planlama problemini formüle etmek için karma tamsayı programlama (MIP) modeli geliştirilmiştir.

Chen ve Sarker (2015) çalışmasında emek yoğun imalat sanayinde APP'nin geliştirilmesinde işgücünün öğrenme etkisi üzerinde durulmaktadır. Bu model; belirsiz talebi ve öğrenme etkisini göz önüne alarak, toplam üretim maliyetini düşürebilir ve APP'nin esnekliğini artırabilmektedir. Dias ve Ierapetritou (2016) çalışmasında, imalat sanayide kontrol, zaman çizelgesi ve süreç belirsizlikleri altında entegrasyonun; performansı en iyi düzeye çıkarmayı amaçlayan süreç sistemi mühendisliği ve süreç kontrol topluluklarının iyileştirilme çabalarını incelemiştir. İlk olarak, süreç çizelgeleme ve kontrolündeki belirsizlikler analiz edilerek optimize edilebilecek farklı matematiksel yaklaşımlar anlatılmaktadır. Belirsizlik altında planlama ve kontrolün entegrasyonu için stokastik, bulanık ve robust matematiksel modeller denenmiştir.

Chatterjee vd. (2016) madencilik sektöründe planlama sürecindeki en kritik ve zorlayıcı görevlerden biri olan belirsizlik altındaki açık ocak tasarımı optimizasyonu üzerine çalışmıştır. Bu makalede, emtia fiyatının veya piyasa belirsizliğinin altında, optimal üretim aşaması ve nihai çukur limit tasarımı için minimum kesim ağ akış algoritmasının uygulanması açıklanmaktadır. Ardışık Gaussian simülasyonu ile yeni düzleştirici spline algoritması, birden fazla emtia fiyat senaryosu üretir ve hesaplamalı olarak etkili bir stokastik çerçevede, bu emtia fiyat senaryolarından kaynaklanan madencilik bloğunun ekonomik değerlerinin ortak gösterimini ve işlenmesini barındırır. Zeng vd. (2017) çalışmasında çoklu belirsizlik altında endüstriyel faaliyetlerin ve çevre korumanın koordine edilmesi için hibrit üretim-emisyon ilişkisi tabanlı stokastik bulanık üretim planlama ve hava kirliliği yönetim modeli önermiştir. Olasılık ve olasılık dağılımları olarak ifade edilen objektif belirsizlikleri yalnızca ele almanın yanı sıra, bir üretim planlama ve hava kirliliği yönetimi meselesinde (PPM) risk-tercih tutumlarına sahip bulanık kümeler olarak sunulan öznel belirsizliği sayısallaştırmak mümkün değildir. Önerilen modelde, mevcut kentsel sanayi çevre politikalarını belirlemek için Pekin şehrinde pratik bir PPM'ye uygulanmaktadır. Çeşitli çevresel düzenleme senaryolarında üretim azaltma, endüstriyel yerleşim düzeni, üretim modu, kirlitici kontrol önlem seçimi, yeniden işleme verimliliği, endüstriyel verimlilik ve sistem faydası sonuçları analiz edilmiştir.

Zhang vd. (2017) çalışmasında belirsizliklerin geçerli bilgilerini yakalamak ve zenginleştirmek için ortak olasılık dağılımını tahmin etmek ve belirsizlikler için karşılıklı senaryoları uygulamak amacıyla kopulalar getirilmiştir. Belirsizlik kümelerindeki gereksiz belirsiz senaryoları kaldırmak için kesme düzlemleri oluşturulmuş ve daha sonra tutulmasını azaltmak ve çizelgeleme çözümlerinin sağlamlığını artırmak için kesim kümesiyle oluşturulan kesin formülasyonlar önerilmiştir. Ekin (2017) çalışmasında, stokastik olarak orantılı endojen randıman oranı ve belirsiz talep ile entegre bir bakım ve üretim karar verme çerçevesi sunulmaktadır. Endojen belirsizlik ile iki aşamalı doğrusal olmayan stokastik programın çözümünün bulunması daha önce denenmediği için çalışmayı ilginç kılmaktadır. Önerilen karar modeli için bir arttırılmış olasılık simülasyon tabanlı model çözülmüştür.

Jamalnia vd. (2017) çalışmasında piyasa talebinin belirsizlik ana kaynağı olduğu belirsizlik durumunda karma takip ve seviye stratejisine dayalı üretim planlama (APP) karar verme sürecini planlamaya yönelik yeni bir karar modeli önermektedir. Yeni özellikler dikkate

alındığında, oluşturulan model stokastik, doğrusal olmayan, çok kademeli ve çok amaçlı olarak ortaya konulmuştur. Stokastik programlamada başvuru yaklaşımının uygulanması, uygun sonuç bulunamamasına neden olur ve bu nedenle bekleme ve görme yaklaşımı kullanılarak duyarlılık analizleri yapılmıştır. Klibi vd. (2010) çalışması; tedarik zincirinde belirsizlik yaratan kaynakların ve maruz kalınan riskin analizi yoluyla, buna yol açan çevresel faktörleri gözden geçirerek tedarik zinciri ağını tehdit eden büyük yıkıcı olayları incelemektedir. Ayrıca sürdürülebilir değer yaratmanın sağlanması için tedarik zinciri ağının dayanıklılığının gerekli bir koşul olarak değerlendirilmesini savunmakta ve farklı senaryolar altında farklı modellerle test etmektedir. Sağlık, yanıt verme ve esneklik ile ilgili birçok tanım gözden geçirilmiş ve bu kavramların tedarik zinciri ağı tasarımı için önemi tartışılmıştır.

Kostin vd. (2012) çalışmasında; talebin belirsizliği altında, entegre biyoetanol-şeker tedarik zincirlerinin stratejik planlamasına değinilmektedir. Tasarım görevi, ağı üretim ve depolama tesislerinin zamanla birlikte kapasite genişletmelerine ve buna bağlı planlama kararlarına karar veren çok senaryolu karma-tamsayı doğrusal programlama (MILP) sorunu olarak formüle edilmiştir. MILP modeli, birkaç finansal risk azaltma seçeneği altında tedarik zincirinin beklenen performansını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Jouzdani vd. (2013) çalışmasında, tesis yeri, trafik sıkışıklığı ve ürün çeşitlerine göre talep belirsizliği altında, dağıtım maliyetlerini en aza indireyecek dinamik süt tesisleri yerleşimi ve tedarik zinciri planlaması için bir model önerilmiştir. Önerilen model, ulaşım ağında olası değişiklikler, tesis yatırım maliyetleri, zamanın parasal değeri ve üretim sürecindeki değişimleri dinamik olarak içermektedir. Buna ek olarak, planlama ufku her periyodunda süt ürünlerinin zaman değişimi ve talep belirsizliği optimum tesis yeri ve optimum üretim hacmini belirlemek için dikkate alınmıştır.

Lee (2014) belirsizlik altında enerji arzı planlaması ve tedarik zinciri tasarımı arasındaki bağlantıyı ele almaktadır. Enerji arzı planlaması ve tedarik zinciri tasarımında, sermaye yatırımı ve sevkiyat gibi kısa vadeli işletme kararları gibi uzun vadeli planlama kararları arasındaki bağlantının, sistem ve kontrol mühendisleri tarafından çözülmeyi bekleyen zorluklar ele alınmıştır. Bu süreç; pazar, politika ve teknoloji de dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardaki belirsizlikten kaynaklanabilir. Bunun için; belirsizliklerin bulunduğu bir enerji arz zincirinin optimizasyonunu ele alan basit bir iki aşamalı stokastik program formülasyonunu gerçekleştirmiştir. Avraamidou ve Pistikopoulos (2017) talep belirsizliği altındaki dağıtım üretim planlama problemlerinin çözümü için iki seviyeli programlama problemlerinin tam, global ve parametrik çözümünü sağlayabilen yeni bir algoritmanın kullanımını önermiş. Yaklaşımın ana fikri, düşük üretim planlama seviyesini dağıtım merkezi talebinin (üst düzey dağıtım planlama probleminin optimizasyon değişkeni) bir parametre olarak kabul edildiği çoklu parametrik bir programlama problemi olarak ele almaktır. Ortaya çıkan kesin parametrik çözümler, daha sonra üst düzey dağıtım planlama problemi ile değiştirilebilirse tek düzeyli deterministik programlama problemleri seti olarak çözülebilecektir.

Govindan vd. (2017) çalışması, belirsizlik altında tedarik zinciri ağı tasarımı için kaynak temelli stokastik programlama, riskten kaçınma için stokastik programlama, robust optimizasyon ve bulanık matematiksel programlama gibi belirsizlikle mücadele için mevcut optimizasyon teknikleri ile matematiksel modelleme ve çözüm yaklaşımları açısından incelenmiştir. Al-e-Hashem vd. (2011) çalışmasında, tedarik zincirinin maliyet parametreleri ve talep dalgalanmaları belirsizliklere maruz kalmaktadır. Bu sebeple problem çok amaçlı doğrusal bir probleme dönüşmüştür. Bu sorunları çözmek ve APP ile başa çıkmak için, aynı anda çelişen iki hedefi ve tedarik zincirinin belirsiz doğasını göz önünde bulundurarak yeni robust ve karma tam sayılı programlama modelleri ile optimizasyon önerilmiştir.

Silva ve Marins (2014) çalışmasında Brezilya Şeker ve Etonol Şirketi için toplam üretim planlama problemini ele almıştır. Bulanık Hedef Programlama modeli (FGP) ile çözmeye çalışmıştır. FGP Modeli; etanol ve şeker üretimindeki belirsizlikleri göz önünde bulundurarak şeker, etanol, pekmez ve türevlerin kapsamlı üretim sürecini tasvir eder. Tarımsal ve lojistik aşamaları ile ilgili karar verme mekanizmaları, bütün hasat mevsimi ile hasat arasındaki dönemleri kapsayacak şekilde haftalık bazda bir planlama ufku üzerinde düşünülmüştür.

Hatefi vd. (2015) çalışmasında hem belirsizlik hem de tesadüfi tesis kesintilerinin varlığında, hibrid tesisleri olan güvenilir ileri-geri lojistik ağı tasarlamak için bulanık olasılıksal programlama modeli önermektedir. Bunu yapmak için önce rastgele tesis bozulmalarının etkilerini azaltmak için, önce iki güvenilir ve güvenilmez tesis, kısmi ve eksiksiz kapasite bozulması ve paylaşım stratejisi getiren birkaç etkin güvenilirlik stratejisi tanımlanmış ve geliştirilmiş güvenilirlik modeline dahil edilmiştir. Ayrıca, şebekenin dayanıklılığını arttırmak için şebeke parametrelerindeki mevcut epistemik belirsizlikler, yani sabit açılış maliyetleri, değişken işleme ve nakliye masrafları, talepler, iade edilen ürünler ve kapasiteler ile uğraşmak için bulanık olasılıksal programlama kullanılmaktadır. Son olarak, bulanık olasılık temelli çözüm yönteminin bu bağlamdaki potensine ek olarak, önerilen modelin etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için çeşitli sayısal testler ve ayrıca bir duyarlılık analizi yapılmıştır.

Liu vd. (2017) çalışmasında, zaman - mekan ağı yaklaşımı ile, deterministik ve stokastik değişkenlere sahip tıbbi ilaç lojistik planlaması için iki model sunulmaktadır. Ölçek ekonomileri ve gerçek dünya tıbbi lojistik sorununun belirsizlikleri ele alındığında modellerimizde akışa bağlı değişen maliyetler, rasgele talep ve rasgele hizmet zamanı yer almaktadır. Modellere yönelik bir çözüm üretmek için bir değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Chatzikontidou vd. (2017) çalışmasında esnek tedarik zinciri planlama üzerine yoğunlaşarak; senaryo bazlı bir yaklaşım kullanarak talep belirsizliği ile, bireysel üretim tesisleri ve depolar yerine geliştirilmiş üretim / depolama düğümlerini kullanan esnek bir tedarik zinciri ağı tasarımı (SCND) modeli önermektedir. Önerilen Karma-Tamsayı Doğrusal Programlama (MILP) modeli, geliştirilmiş düğümler arasındaki katman-ıçi akışlara izin verir ve toplam ağ maliyetini en aza indirmeyi hedefler.

Lawson vd. (2016) bir güç sisteminin tüm talebi hem güvenilir hem de ekonomik olarak karşılayabilmesi için etkili transmisyon genişletme planlaması üzerine çalışmıştır. Bu tür problemlerde; takviye kararları verildiğinde, gelecekteki sistem geçmişinin birçok unsuru talep seviyesi, kurulu jeneratörlerin türü ve yeri ve tesis kullanılabilirliği istatistikleri gibi belirsizdir. Bu belirsizlikleri hesaba katan kararlar vermek son derece önemlidir. Bunun için matematiksel ve istatistiksel model geliştirilmiştir. White (2013)'a göre; karar vericiler en iyi ihtimalle altta yatan üretim fonksiyonunun tahminlerini yapabilirler. Bu çalışmanın amacı, servis sağlayıcılara politika tavsiyeleri sunmak ve üretim fonksiyonlarının tahminlerinin duyarlılığını deneysel olarak incelemektir. Bu çalışmanın birincil sonucu, üretim fonksiyonları yanlış tahmin edildiğinde birlikte üretilen hizmetler için insan gücü planlama kararlarının modellenmesi için bir temel oluşturmaktadır. Ejikeme-Ugwu vd. (2011) makalesi, rafineri planlamasını ürün talebi belirsizliği ile ele almaya yöneliktir. Üç temel rafineri alt sisteminin modelleri (ham boşaltma, üretim ve ürün harmanlama ve ürün dağıtımı dahil) probleme entegre edilmiştir. Entegre model, nihai ürün talebindeki belirsizlik dikkate alınarak rafineri planlaması için kullanılmıştır. Geri dönüş yaklaşımı ile olasılık dağılımına dayalı iki aşamalı stokastik doğrusal programlama (LP) sunulmuştur. Ayrıca çözüm yaklaşımı olarak örnek ortalama yakınlaştırma (SAA) yöntemi kullanılmıştır.

Moret vd. (2017) iklim değişikliği kaygılarına dayalı enerji planlaması ve enerji az güvenliğinin karma ve belirsiz yapısını incelemiştir. Uzun vadeli planlamada ufkun belirsizliğini, belirsizlik yaratan parametreleri inceleyerek bir karma tamsayılı programşama ile gidermeye çalışmıştır. Süreç tasarımı üzerinde duran Marques vd. (2017), Yeni Ürün Geliştirme (NPD) aşamasında entegre proses tasarımı ve üretim planlamaları ile uğraşmak için karma tamsayılı doğrusal programlama (MILP) modeli ve MonteCarlo simülasyonu (MCS) prosedürü birleştirilerek yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Alemanly vd. (2015) dericilik, seracılık, tersine lojistik, seramik gibi homojenliğin olmadığı sektörlerde darboğaz yaratan belirsizlikler üzerinde durmuştur. Bu sektörlerin üretim süreci, müşterilere göre farklı ve belirli niteliklere sahip aynı bitmiş ürün üretim üniteleri ile karakterize edilir. Bu husus aynı bitmiş ürünün farklı alt türlerinin homojen alt alanlar sağlayan her üretim lotunda var olmasına yol açar. Doğal miktar ve homojenlik belirsizliğinden dolayı, her homojen alt alanın boyutu, üretilene kadar bilinmemektedir. Müşteriler aynı bitmiş ürünün birkaç birimini sipariş edip aralarında homojen bir yapıya ihtiyaç duyduklarında bu bir sorun haline gelir; yani, aynı alt tiple birlikte sunulmaktadır. Doğal homojenlik belirsizliği gibi, planlanan homojen miktarlar ile gerçekler arasındaki tutarsızlıklar oldukça normaldir. Bu sorunları çözmek için Bulanık Darboğaz Planlama modeli geliştirilmiştir.

İncelenen çalışmalarda araştırmacıların belirsizlik altında üretim planlama üzerine çözüm bulmada farklı matematiksel yöntemler denedikleri ve bazı çalışmacıların birkaç farklı yöntemle çalışma yaparak sonuçlarını karşılaştırdıkları görülmektedir. Çalışmalarda kullanılan yöntemler Tablo 3'te detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 3: Çalışmalarda Kullanılan Nicel Yöntemler

YÖNTEM	YAZAR
Robust Optimizasyon	Klibi vd. (2010); Al-e-Hashem vd. (2011); Rahmani vd. (2013); Dias ve Ierapetritou (2016); Govindan vd. (2017); Zhang vd. (2017).
MILP	Al-e-Hashem vd. (2011); Kostin vd. (2012); Jouzdani vd. (2013); Rahmani vd. (2013); Alemanly vd. (2015); Avraamidou ve Pistikopoulos (2017); Moret vd. (2017); Marques vd. (2017).
Stokastik Proglamlama	Ejikeme-Ugwu, Liu, ve Wang (2011); Kostin vd. (2012); Moreno ve Montagna (2012); White (2013); Lee (2014); Dias ve Ierapetritou (2016); Jamalnia vd. (2017); Zeng vd. (2017); Govindan vd. (2017); Ekin (2017); Chatzikontidou vd. (2017)
Bulanık Programlama	Jouzdani vd. (2013); Silva ve Marins (2014); Chen ve Sarker (2015); Hatfei vd. (2015); Alemanly vd. (2015); Dias ve Ierapetritou (2016); Zeng, ve diğerleri (2017); Govindan vd. (2017)
Dinamik Programlama	Jouzdani vd. (2013); Lee (2014)
Monte Carlo Simülasyonu	Lawson vd. (2016); Marques vd. (2017)
Hedef Programlama	Silva ve Marins (2014); Jamalnia vd. (2017)
Bayesian Yaklaşımı	Lawson vd. (2016)
Gauss Simülasyonu	Chatterjee vd. (2016)
Uzay-Zaman Ağı Yaklaşımı	Liu vd. (2017)
Düzleştirici Spline Algoritması	Chatterjee vd. (2016)
Doğrusal Programlama	Ejikeme-Ugwu vd. (2011); Moreno ve Montagna (2012)
Doğrusal Olmayan Programlama	Jamalnia vd. (2017); Ekin (2017)

Tablo 3'te görüldüğü üzere, son yıllarda en fazla başvurulan matematiksel yöntemler *MILP* (Al-e-Hashem vd. (2011); Kostin vd. (2012); Jouzdani vd. (2013); Rahmani vd. (2013); Alemanly vd.

(2015); Avraamidou ve Pistikopoulos (2017); Moret vd. (2017); Marques vd. (2017), *stokastik programlama* (Ejikeme-Ugwu vd. (2011); Kostin vd. (2012); Moreno ve Montagna (2012); White, (2013); Lee (2014); Dias ve Ierapetritou (2016); Jamalnia vd. (2017); Zeng, vd. (2017); Govindan vd. (2017); Ekin (2017); Chatzikontidou vd. (2017)), *bulanık programlama* (Jouzdani vd. (2013); Silva ve Marins (2014); Chen ve Sarker (2015); Hatefi vd. (2015); Alemany vd. (2015); Dias ve Ierapetritou (2016); Zeng vd. (2017); Govindan vd. (2017) ve *robust optimizasyon* (Klibi vd. (2010); Al-e-Hashem vd. (2011); Rahmani vd. (2013); Dias ve Ierapetritou (2016); Govindan vd. (2017); Zhang vd. (2017) olmuştur. Bu yöntemlerle beraber, çalışmalarda farklı matematiksel yöntemlere de başvurulmuştur. *Dinamik programlama* (Jouzdani vd. (2013); Lee (2014), *doğrusal programlama* (Ejikeme-Ugwu vd. (2011); Moreno ve Montagna (2012), *doğrusal olmayan programlama* (Jamalnia vd. (2017); Ekin (2017) ve *hedef programlama* (Silva ve Marins (2014); Jamalnia vd. (2017) araştırmacıların başvurduğu diğer matematiksel programlama yöntemleridir.

Matematiksel yöntemlerin yanında farklı simülasyonlar ve istatistiksel yaklaşımlar da araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Buna göre *Monte Carlo Simülasyonu* (Lawson vd. (2016); Marques vd. (2017), *Gauss Simülasyonu* (Chatterjee vd. (2016), *Bayesian Yaklaşımı* (Lawson vd. (2016), *düzleştirici spline algoritması* (Chatterjee vd. (2016) ve *uzay-zaman ağı yaklaşımı* (Liu vd. (2017) çalışmalarda kullanılan istatistiksel yöntemlerdir.

4. İÇERDİĞİ BELİRSİZLİK TÜRÜNE GÖRE ÇALIŞMALAR

Literatürde incelenen çalışmacıların üretim planlama konusunda çalışırken farklı belirsizlik türleri ile karşılaştıkları ve bu belirsizlikler altında çözüm aradıkları gözlenmiştir. Çalışmalarda yer alan belirsizlikler kronolojik olarak Tablo 4'te boyut tablosu oluşturularak detaylı olarak incelenmektedir.

Tablo 4: Belirsizlik Boyut Tablosu

YAZAR	BELİRSİZLİKLER																						
	Kaynak	Talep/Talep Noktaları	Üretim Maliyetleri	Makine/Ekipman	Kaynağa Ulaşabilirlik	Tasıma Maliyetleri	Klinik Testlerin Başarısı	İş çevresi/Piyasa	Servis Süresi/Akış	Olasılık Dağılımı	Emtia Fiyatı	Tesis Kullanılabilirliği	Ürün Homojenliği	Kurulum Maliyeti	Ürün Homojenliği Geri Dönüştürülecek	Teknoloji	Politika	Risk	Kalite	Trafik	Üretim Fonksiyonu	Kapasite	
Klibi vd. (2010)	X	X															X						
Al-e-Hashem vd. (2011)		X																					
Ejikeme-Ugwu vd. (2011)		X																					
Kostin vd. (2012)		X																					
Moreno ve Montagna (2012)		X																					
Jouzdani vd. (2013)		X																		X			
White,(2013																					X		
Rahmani vd. (2013)		X	X																			X	
Silva ve Marins (2014)	X																					X	
Lee (2014)	X	X					X								X	X							
Chen ve Sarker, 2015		X																					
Hatefi vd. (2015)		X			X								X	X									X
Alemanly vd. (2015)												X											
Dias ve lerapetritou (2016)		X		X			X	X		X								X					
Lawson vd. (2016)		X	X								X												
Chatterjee vd. (2016)							X			X													
Avraamidou ve Pistikopoulos (2017)		X																					
Jamalnia vd. (2017)		X																					
Zeng vd. (2017)									X														
Liu vd. (2017)		X						X															

YAZAR	Kapite	Üretim Fonksiyonu	Trafik	Kalite	Risk	Politika	Teknoloji	Ürün Homojenliği Geri Dönüştürülecek	Kurulum Maliyeti	Ürün Homojenliği	Tesis Kullanılabilirliği	Emtia Fiyatı	Olasılık Dağılımı	Servis Süresi/Akış	İş çevresi/Piyasa	Klinik Testlerin Başarısı	Taşıma Maliyetleri	Kaynağa Ulaşabilirlik	Makine/Ekipman	Üretim Maliyetleri	Talep/Talep Noktaları	Kaynak	
Govindan vd. (2017)														X									
Moret vd. (2017)												X					X	X		X	X		
Marques vd. (2017)																X					X	X	
Zhang vd. (2017)																					X		
Ekin (2017)																			X		X		
Chatzikontidou vd. (2017)																					X		

İncelenen çalışmalar doğrultusunda kaynak, talep, talep noktaları, üretim maliyetleri, makine ve ekipman durumu, kaynağa ulaşılabilirlik, taşıma maliyetleri, klinik testlerin başarısı, iş çevresi, piyasa durumu, servis süresi ve üretim akışı, olasılığın dağılımı, emtia fiyatları, tesis kullanılabilirliği, sunulan ürünün homojenliği, kurulum maliyeti, ürünün niteliği (homojenliği dönüştürülecek ürün), teknoloji, politikalar, risk, kalite, trafiğin durumu, üretim fonksiyonu belirsizlikleri ve kapasitenin en sık karşılaşılan belirsizlik kaynakları olduğu gözlenmiştir.

5. SONUÇ

Belirsizlik altında üretim planlama üzerine, 2010-2017 yılları arasında yapılmış 26 makale incelenmiştir. Çalışmalarda kullanılan matematiksel yöntemler, ele alınan konu ve alt konular, odaklarının belirsizliğin kaynakları açısından irdelenmiş ve tablolarda detaylı olarak ele alınmıştır. Belirsizlik altında üretim planlaması konusu üzerinde çalışan araştırmacılar çoğunlukla tek bir sorun üzerinde durmamış, alt konularla beraber birden fazla konuya çözüm bulmaya çalışmıştır.

İncelenen çalışmalarda en sık çözülmeye çalışılan belirsizlik kaynağının talep belirsizliği olduğu dikkat çekmektedir. Talebin ve problemlere özgü diğer belirsizlik unsurlarının optimize edilmeye çalışıldığı açıkça görülmektedir. Belirsizliklerin etkilerini en aza indirmek ve etkin bir üretim süreci planlamak için farklı matematiksel ve sezgisel yöntemlere başvurulmuştur. İncelenen problemin niteliğine göre doğrusal veya doğrusal olmayan programlama yöntemleri ile çözüm aranmıştır. Sürecin gereksinimi olarak dinamik veya stokastik planlamalar dahilinde bulanık algoritmalarından yararlanılması söz konusudur. Parametrelerdeki belirsizliği belli bir sağlamlık ölçüsünde tutarak optimale yakın planlama yapmaya olanak sağlayan Robust tekniği ise diğer yöntemlerin yanında kullanılması gereken bir metod olarak karşımıza çıkmaktadır. Robust optimizasyon yönteminin yanı sıra olasılıksal algoritmalar (Bayesian, Gauss) ile optimal sonuca ulaşmak hedeflenmiştir. Farklı simülasyon yaklaşımları denenerek de optimal planlama sürecinin tasarlanmaya çalışıldığı açıkça görülmektedir. Çalışmacıların farklı sektörlerle ilgili üretim belirsizliklerini gidermek için çalıştıkları, çözüm bulmak istedikleri konu ve alt konular ilgi çekicidir. Bu çalışma ile yakın dönemde yapılan çalışmalar incelenerek yeni araştırmacılara hem sektörel hem de üretim planlama sürecinde belirsizlik yaratan unsurların hangi yöntemlerle optimize edilerek bir planlama yapılması gerektiği konusunda kaynak sunmak amaçlanmıştır. Çalışmalarda birden fazla nicel yöntemin karşılaştırma ya da iyileştirme için kullanıldığı görülmektedir. Matematiksel kesin modeller, sezgisel yaklaşımlar ve istatistiksel yaklaşımlara başvurulduğu görülmektedir. Matematiksel modellerin karşılaştırmalı sonuçlarını incelemek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Al-e-Hashem, S. M., Malekly, H., ve Aryanezhad , M. (2011). A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *Int. J. Production Economics*, 28-42.
- Aleman, M., Grillo, H., Ortiz, A., ve Fuertes-Miquel, V. (2015). A fuzzy model for shortage planning under uncertainty due to lack of homogeneity in planned production lots. *Applied Mathematical Modelling*, 4463–4481.
- Avraamidou, S., ve Pistikopoulos, E. (2017). A Multiparametric Mixed-integer Bi-level Optimization Strategy for Supply Chain Planning Under Demand Uncertainty. *IFAC PapersOnLine*, 10178-10183.
- Chatterjee, S., Sethi, M., ve Asad, M. (2016). Production phase and ultimate pit limit design under commodity price uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 658-667.
- Chatzikontidou, A., Longinidis, P., Tsiakis, P., ve Georgiadis, M. (2017). Flexible supply chain network design under uncertainty. *Chemical Engineering Research and Design*, 290-305.
- Chen, Z., ve Sarker, B. (2015). Aggregate production planning with learning effect and uncertain demand: A case based study. *Journal of Modelling in Management*, 296-324.
- Dias, L. S., ve Ierapetritou, M. (2016). Integration of scheduling and control under uncertainties: Review and challenges. *Chemical Engineering Research and Design*, 98-113.
- Ejikeme-Ugwu, E., Liu, S., ve Wang, M. (2011). Integrated Refinery Planning Under Product Demand Uncertainty. *21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering* (s. 950-954). Elsevier.
- Ekin, T. (2017). Integrated maintenance and production planning with endogenous uncertain yield. *Reliability Engineering and System Safety*, 1-10.
- Govindan, K., Fattahi, M., ve Keyvanshokoh, E. (2017). Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions. *European Journal of Operational Research*, 108-141.
- H. Lee, J. (2014). Energy supply planning and supply chain optimization under uncertainty. *Journal of Process Control*, 323-331.
- Hatefi, S. M., Jolai S. , F., Torabi, A., ve Tavakkoli-Moghaddam, R. (2015). Reliable design of an integrated forward-reverse logistics network under uncertainty and facility disruptions: A fuzzy possibilistic programming model. *Journal of Civil Engineering*, 1117–1128.
- Jamalnia, A., Yang, J.-B., Xu, D.-L., ve Feili, A. (2017). Novel decision model based on mixed chase and level strategy for aggregate production planning under uncertainty: Case study in beverage industry. *Computers ve Industrial Engineering*, 54-68.
- Jouzani, J., Sadjadi, S., ve Fathian, M. (2013). Dynamic dairy facility location and supply chain planning under traffic congestion and demand uncertainty: A case study of Tehran. *Applied Mathematical Modelling*, 8467–8483.
- Klibi, W., Martel, A., ve Guitouni, A. (2010). The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review. *European Journal of Operational Research*, 283–293.

- Kostin, A., Guillén-Gosálbez, G., Mele, F., Bagajewicz, M., ve Jiménez, L. (2012). Design and planning of infrastructures for bioethanol and sugar production under demand uncertainty. *Chemical Engineering Research and Design*, 359-376.
- Lawson, A., Goldstein, M., ve Dent, C. (2016). Bayesian framework for power network planning under uncertainty. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 47-57.
- Liu, M., Zhang, Z., ve Zhang, D. (2017). Logistics planning for hospital pharmacy trusteeship under a hybrid of uncertainties. *Transportation Research Part E*, 201-2015.
- Marques, C. M., Moniz, S., Sousa, J., ve Barbosa-Póvoa, A. (2017). A simulation-optimization approach to integrate process design and planning decisions under technical and market uncertainties: A case from the chemical-pharmaceutical industry. *Computers and Chemical Engineering*, 796-813.
- Moreno, M. S., ve Montagna, J. (2012). Multiperiod production planning and design of batch plants under uncertainty. *Computers and Chemical Engineering*, 181-190.
- Moret, S., Gironès, V., Bierlaire, M., ve Maréchal, F. (2017). Characterization of input uncertainties in strategic energy planning models. *Applied Energy*, 597-617.
- Mula, J., Poler, R., Garcia-Sabater, J., ve Lario, F. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *Int. J. Production Economics*, 271-285.
- Rahmani, D., Ramezani, R., Fattahi, P., ve Heydari, M. (2013). A robust optimization model for multi-product two-stage capacitated production planning under uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, 8957-8971.
- Silva, A. F., ve Marins, F. (2014). A Fuzzy Goal Programming model for solving aggregate production-planning problems under uncertainty: A case study in a Brazilian sugar mill. *Energy Economics*, 196-204.
- W. White, S. (2013). An experimentally confirmed resource planning model of services under. *Int. J. Production Economics*, 484-484.
- Zeng, X., Zhu, Y., Chen, C., Tong, Y., Li, Y., Huang, G., . . . Wang, X. (2017). A production-emission nexus based stochastic-fuzzy model for identification of urban industry-environment policy under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 61-82.
- Zhang, Y., Jin, X., Feng, Y., ve Rong, G. (2017). Data-driven Robust Optimization under Correlated Uncertainty: a case study of production. *Computers and Chemical Engineering*, 48-67.