ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sakhi Mohamamd HAMIDY

DİNAMİK TESLİM TARİHİ ATAMA, İŞ VE AGV YÖNLENDİRME PROBLEMLERİNE BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİNAMİK TESLİM TARİHİ ATAMA, İŞ VE AGV YÖNLENDİRME PROBLEMLERİNE BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM

Sakhi Mohamamd HAMIDY

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Cenk ŞAHİN
Yıl: 2020, Sayfa:124
Jüri : Doç. Dr. Cenk ŞAHİN
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Doç. Dr. Cihan ÇETİNKAYA

Gecikmesiz bir teslimat için uygun bir teslim tarihinin atanması ve siparişlerin akış süresinin doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı esnek üretim sistemi kapsamında üretim yapan bir atölyede, malzeme taşıma sistemi yönlendirme ve makine öncelik kuralları gözönüne alınarak siparişlere teslim tarihi atanması için uygun bir politikanın belirlenmesidir. Çalışmada 6 farklı problem (Teslim tarihi atama, Makine önü iş sıralama, AGV görev belirleme, AGV dağıtım noktası seçme, AGV alım noktası seçme ve AGV yük seçme problemi) için kullanılan kurallara bağlı olarak 4032 simülasyon modeli oluşturulmuş ve 5 farklı performans ölçütüne göre değerlendirilmiştir. Teslim tarihi atama problemi için bulunan en iyi kural olan CON kuralı kullanılan diğer kurallara göre sırasıyla çıktı sayısında ortalama %0,054, akış süresinde %1,81, gecikme süresinde %3,85 ve sapma süresinde %2,35 oranında üstünlüğe sahiptir. Ortalama erken çıkma performans ölçütüne göre ise JIQ kuralı diğer kurallara göre %11,58 oranında üstünlüğe sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Teslim Tarihi Atama, AGV Sistemleri, MAGV Sistemleri, Makine Öncellik Kuralları

ABSTRACT

MSc THESIS

AN INTEGRATED APPROACH TO DYNAMIC DELIVERY DATE ASSIGNMENT, JOB AND AGV DISPATCHING PROBLEMS

Sakhi Mohammad HAMIDY

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cenk ŞAHİN
Year: 2020, Pages: 124
Jury : Assoc. Prof. Dr. Cenk ŞAHİN
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Assoc. Prof. Dr. Cihan ÇETİNKAYA

For a non-delayed delivery, a suitable due date must be determined and the flow time of the orders must be accurately estimated. The main purpose of this study is to determine a suitable policy for assigning a due date to the orders by considering the material handling system dispatching and machine priority rules in a workshop within the scope of flexible production system. In the study, 4032 simulation models are designed based on the rules used for 6 different problems (Due date assignment, Machine work ordering, AGV task determination, AGV delivery point selection, AGV pickup point selection and AGV load selection) and evaluated according to 5 different performance criteria. The CON rule, is found to be the best rule for the due date assignment problem. With compare to other rules the CON rule has an average of 0.054% superiority in the number of outputs, 1.81% in the flow time, 3.85% in the lateness and 2.35% in the deviation time, respectively. In the average of earliness, JIQ rule has 11.58% superiority compared to other rules.

Key Words: Due Date Assignment, AGV Systems, MAGV Systems, Machine Priority Systems

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Her geçen gün hızına hız katan teknoloji, insanların yaşam biçimini, üretimini ve tüketimini şekillendirmektedir. Hem tüketici hem üretici olmak için teknolojinin bu hızına yakın, insanların da hızlı ve esnek olmaları beklemektedir. Esneklik her zaman canlıların hayatta kalabilme yetilerinden biri olmuştur. Dünyamız her geçen gün değişime uğramakta olup bu değişime ayak uydurmak ve onunla değişebilmek için esnek olmak kaçınılmazdır.

Üreticiler de üretim hayatlarını sürdürebilmesi için teknoloji ve tüketici davranlışlarına ayak uydurmalı ve onunla değişebilecek esnekliğe sahip olmalıdır. Tıpkı bir insan gibi sadece ayakta kalması üreticiler için yetmeyecek, bu esnekliğin yelpazesini genişletip bulunduğu çağda büyümeli ve akranları ile rekabet mücadelesi vermelidir. Üretim esnekliliği kavramı her ne kadar geçtiğimiz yüzyılda ortaya çıkmış olsa da halen çoğu araştırmacıların odak noktasında yer almaktadır.

Günümüzde bir üreticinin, esnek oldukları kadar hızlı ve kaliteli üretim yapılabilme özelliğine de sahip olması, az girdi ile yüksek çıktı elde etmesi gerekmektedir. Üretimin bu girdi ve çıktı ilişkisi verimlilik olarak nitelendirilmektedir. Rekabet ortamında üreticilerin esnekliği onların verimliğini de etkilemektedir. Verimliliğin artması için maliyetten tasarruf edip üretim hızının ve kalitesinin artırılması gerekmektedir. Maliyetten tasarruf hususunda yapılacak birçok eylemlerden birisi üretim parametrelerinin en iyilemesidir. Üretim parametreleri oldukça uzun bir liste olabilmektedir. Bu listenin birkaç önemli elemanı bu çalışmada ele alınmıştır.

Ele alınan parametrelerden birisi müşteri memnuniyeti ve müşteri devamlılığında çok yüksek öneme sahip olan siparişlerin teslim tarihi belirleme politikasıdır. Her sipariş beraberinde ne zaman teslim edileceğine dair bir problemi getirmektedir. Müşterilerin teslim almak istedikleri zaman ve üreticinin teslim

edebileceği zaman arasında genellikle ya eksi yönde ya artı yönde büyük bir fark ve çelişki oluşmaktadır. Literatürde bu hususta birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmış farklı varsayımlar altında farklı öneriler sunulmuştur. Bu tezin temel amacı bu çözüm önerilerini derleyip bir araya getirmek ve bir performans değerlendirme yöntemi ile bu önerilerden en iyi çözümü bulmaktır.

Ele alınan bir diğer parametre ise malzeme taşıma sistemerde kullanılan araçlardır. Bu sistemler için işletmelerde, sabit/taşınabilir vinç, transpalet, forklift gibi insan gücü ile çalışabilen araçların yanı sıra konveyör bandı ve otomatik rehberli araçlar gibi insan gücüne bağlı olmayan araçlar da kullanmaktadır. Bu araçlardan otomatik rehberli araç (AGV) bu çalışmada odak noktası olmuştur. Bu araçların kullanıldığı sistemler üretim hızına olumlu bir katkıda bulunmaktadır. Fakat beraberinde yönetilmesinde zorluk yaşanan bazı problemler de yaratmaktadır. Bu problemler aracın türüne göre değişiklik göstermektedir. AGV'ler farklı açılardan sınıflandırılabilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında incelemeye alınan AGV'ler taşıyabildikleri yük sayısı açısından diğer AGV'lerden farklılık göstermektedirler.

Üretim hattında tek yük taşıyabilen bir AGV ile malzeme taşıma eylemi gerçekleştiriliyorsa, aracın teknik arızası dışında oluşabilecek problemlerden birisi aracın taşımayı bekleyen işleri bulunduran birden fazla noktalardan hangisine ilk önce hizmet vermesi gerektiği konusunda bir karar verme mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Alım noktası seçme problemi). Aynı AGV'nin herhangi bir karar verme mekanizması ile gideceği noktanın belirlenmesinden sonra o nokta taşımayı bekleyen birden fazla iş varsa ilk önce hangi işin alınması gerektiği konusunda başka bir karar verme mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Yük seçme problemi). Ancak birden fazla yük taşıyabilen araçların kullanıldığı bir sistem için bu iki problemin yanı sıra iki ayrı problem daha yaşanmaktadır. Aynı anda birden fazla yük alabilme kapasitesine sahip olduğundan dolayı kısmı olarak dolu olan bir araç bir sonraki görevi olarak ya üzerindeki yükleri boşaltacak veya yeni bir yük alacaktır. Bu kararı verebilmek için üçüncü karar verme mekanizmasına ihtiyaç

duyulmaktadır (Görev belirleme problemi). Bir sonraki görevi yük boşaltılması olarak belirlenen bir araç, üzerinde birden fazla yük barındırdığı takdirde ve yüklerin farklı istasyonlara taşınması gerektiği durumda aracın hangi yükü daha önce taşıması gerektiği hususunda karar vermesi için başka bir karar verme mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Dağıtım noktası seçme problemi). Birden fazla yük taşıyabilen AGV sistemin bu dört problemi için literatürde araştırmacılar tarafından çözüm önerileri sunulmuştur. Ancak bu problemler teslim tarihi belirleme problemi ile çalışılmamıştır. Bu tez çalışmasında ele alınan üretim sisteminde bu araçlardan kullanılmakta olup bu dört problem için önerilen çözümler de derlenmiştir. Derlenen çözümler performans değerlendirme sistemine dahil edilmiştir.

Üretim çizelgelemesi ve işlerin istasyonlarda belli bir sıralama yöntemi ile sıralanması hem işlerin tamamlanma süresini (dolayısıyla müşteriye teslim etme zamanını) hem üretimin hızına etkilemektedir. Üretim sisteminin bu parametresi de bu tez çalışmasında ele alınmıştır. Makine önü iş sıralama problemi için literatürde bulunan çözüm kuralları derlemiş olup performans değerlendirme yöntemine dahil edilmiştir.

Teslim tarihi belirleme, AGV görev belirleme, AGV dağıtım noktası seçme, AGV alım noktası seçme, AGV yük seçme ve makine önü iş sıralama problemleri bu tez çalışmasında bir bütün olarak ele alınmış olup her problem için çözüm kuralları belirlenmiştir. Bu problemlerin aralarındaki etkileşimi ve kuralların üretim sistemi üzerindeki etkisini incelemek için bir simülasyon çalışması yapılmıştır.

Teslim tarihi belirleme problemi için bulunan en iyi kural olan CON kuralı kullanılan diğer kurallara göre sırasıyla çıktı sayısında ortalama %0,054, akış süresinde %1,81, gecikme süresinde %3,85 ve sapma süresinde %2,35 oranında üstünlüğe sahiptir. Ortalama erken çıkma probleminde ise JIQ kuralı diğer kurallara göre %11,58 oranında üstünlüğe sahiptir.

TEŞEKKÜR

Danışman Hocam Doç. Dr. Cenk ŞAHİN'e, bu çalışma boyunca yapmış olduğu rehberlikten dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Prof. Dr. Rızvan EROL ve Doç. Dr. Cihan ÇETİNKAYA'ya önerileri ve yorumları için teşekkür ederim.

Hayatın her adımında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Sardar Mohammad Hamidy, annem Bibi Shazia Hamidy'ye ve canım kardeşlerime teşekkür ederim.

Her daim yanımda olan arkadaşlarıma ve hocalarıma özellikle bana verdiği desteklerden dolayı kıymetli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KUVVETLİ, Arş. Gör. Dr. Melek IŞIK ve değerli arkadaşım Adem ERİK'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
1.1. Esnek Üretim Sistemleri 2
1.2. Otomatik Rehberli Araçlar 6
1.3. Teslim Tarihi Belirleme Problemi 8
1.4. Problemin Tanımı ve Kapsamı 10
1.5. Çalışmanın Katkısı ve Önemi 11
1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu 13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 15
2.1. AGV Sistemleri 15
2.2. Teslim Tarihi Belirleme Problemi 24
2.3. Makine Öncelik Kuralları 37
2.4. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi 41
3. MATERYAL VE METOT 43
3.1. Materyal 43
3.1.1. Veri Seti 43
3.1.2. Performans Ölçütleri 46
3.1.3. Varsayımlar 47

3.2. Metot 48
3.2.1. MAGV Görev Belirleme Kuralları 48
3.2.2. AGV Dağıtım Noktası Seçme Kuralları 50
3.2.3. MAGV Alım Noktası Seçme Kuralları 51
3.2.4. MAGV Yük Seçme Kuralları 52
3.2.5. Termin Süresini Belirleme Kuralları 53
3.2.6. Teslim tarihi belirleme kurallarının parametrelerinin hesaplanması 56
3.2.7. Makine Öncelik Kuralları 58
3.2.8. Problemlerde kullanılan kuralın şeması 61
3.2.9. En kısa Yol Problemi 62
3.2.10. Simülasyon Modeli 64
3.2.11. Varyans Analizi 64
3.2.12. Normallik Testi 64
3.2.13. Kruskal Wallis Testi 64
3.2.14. Mann-Whitney U Testi 65
3.2.15. Faktöriyel Varyans Analizi 66
3.2.16. Univariate Testi 66
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 67
4.1. Teslim tarihi belirleme kurallarının parametrelerinin hesaplanması. 67
4.2. Normallik Testin Sonuçları 69
4.3. Varyans Analizi Sonuçları 70
4.3.1. MAGV Görev Belirleme Problemi 70
4.3.2. MAGV Dağıtım Noktası Seçme Problemi 72
4.3.3. MAGV Alım Noktası Seçme Problemi 75
4.3.4. MAGV Yük Seçme Kuralları 78

4.3.5. Teslim Tarihi Belirleme Problemi 81
4.3.6. Makine Önü İş Sıralama Problemi 86
4.4. Faktöryel Varyans Analizi Sonuçları 90
4.4.1. İki Seviyeli Faktöriyel Varyans Analizi 90
4.4.2. Üç Seviyeli Faktöriyel Varyans Analizi 91
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 93
5.1. Sonuçlar 94
5.2. Öneriler 95
KAYNAKLAR 97
ÖZGEÇMİŞ 119
EKLER 121

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. İşlerin sıklık yüzdesi ve operasyon sırası 44
Çizelge 3.2. Makine işlem süreleri 46
Çizelge 3.3. Kullanılan kurallar 61
Çizelge 4.1. Sabit terimli regresyon modeli, sabit terimsiz regresyon modeli ve matematiksel modeline ait tahminleme fonksiyonları 68
Çizelge 4.2. Tahminleme yöntemlere ait MASE değerleri 69
Çizelge 4.3. Normallik testine ait istatistiksel sonuçlar 70
Çizelge 4.4. MAGV görev belirleme problemi için Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar 70
Çizelge 4.5.M AGV dağıtım noktası seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar 72
Çizelge 4.6.M AGV dağıtım noktası seçme kuralların Mann-Whitney U testine ait istatistikler 73
Çizelge 4.7. MAGV dağıtım noktası seçme kuralların performans sıralaması 75
Çizelge 4.8. MAGV alım noktası seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar 76
Çizelge 4.9. MAGV alım noktası kuralları için Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar 76
Çizelge 4.10. MAGV alım noktası seçme kuralları için performans sıralaması 78
Çizelge 4.11. MAGV yük seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar 79

Çizelge 4.12.M AGV yük seçme kuralları için Mann-Whiney U testine ait istatistiksel sonuçlar..... 79
Çizelge 4.13. MAGV yük seçme kuralları için perfromans sıralaması 81
Çizelge 4.14. Teslim tarihi belirleme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar..... 82
Çizelge 4.15. Teslim tarihi belirleme kuralları içi Mann-Whitney testine ait istatistiksel sonuçlar..... 83
Çizelge 4.16. Teslim tarihi belirleme kuralların performans sıralaması..... 86
Çizelge 4.17. Makine önü iş sıralama problemin Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar..... 86
Çizelge 4.18. Makine öncelik kuralların Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar..... 87
Çizelge 4.19. Makine öncelik kuralları için performans sıralaması..... 89
Çizelge 4.20. İki seviyeli fatköriyel varyans analizine ait istatistiksel sonuçlar..... 91
Çizelge 4.21. Üç seviyeli fatköriyel varyans analizine ait istatistiksel sonuçlar..... 92

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. EÜS gruplarında hacim ve esneklik ilişkisi 4
Şekil 1.2. MAGV iş akış döngüsü ve tanımlanan problemler 8
Şekil 3.1. Atöyle düzeni 44
Şekil 3.2. DTF kuralın iş akış diyagramı 49
Şekil 3.3. NDTF kuralın iş akış diyagramı 50
Şekil 4.1. MAGV görev belirleme kuralların performans grafiği 71
Şekil 4.2. MAGV dağıtım noktası seçme kurallarının performans grafiği .. 74
Şekil 4.3. MAGV alım noktası seçme kurallarının performans grafiği 77
Şekil 4.4. MAGV yük seçme kurallarının performans grafiği 80
Şekil 4.5. Teslim tarihi belirleme kurallarının performans grafiği 84
Şekil 4.6. Makine öncelik kurallarının performans grafiği 88

SİMGELER VE KISALTMALAR

AGV	: Otomatik Rehberli Araç
AIS	: Yapay bağışıklıl sisteminden
ANOVA	: Varyans Analizi
AP	: Alım noktası seçme problemi
AS/RS	: Otomatik Depo Sistemleri
CM	: "En kısa mesafe" ve "Kalan işlem süres en düşük olan" kuralların birleşiminden oluşan yeni bir kural
CNC	: Bilgisayar Nümerik Kontrollü Tezgahlar
COFS	: Sıkıştırma ve operasyon akış süresi örnekleme
COM	: Ortak teslim tarihi
CON	: Sabit teslim tarihi kuralı
CPM	: Kritik yol metodundan
DIQ	: Kuyrukta bekleme süresi kuralı
DNC	: Direkt Nümerik Kontrol Sistemi
DP	: AGV dağıtım noktsı seçme problemi
DTF	: İlk Önce Dağıtım Görevi kuralı
EDD	: En erken teslim tarihine sahip olan iş
EÜS	: Esnek Üretim Sistemleri
F_ID_F	: "Belirli bir hedefe sahip olan iş" ve "İlk gelen ilk çıkar" kuralın birleşmesinden oluşan bir kuraldır
FCFS	: İlk gelen ilk hizmet alır
Fuzzy	: MADM: Bulanık çok kriterli karar verme yöntemi
GEP	: Gen ifade programlama
GOQ	: Çıktı kuyruğu en uzun olan nokta
GP	: Görev belirleme problemi
ID	: Benzer hedef noktasına sahip olan iş
JIQ	: Kuyruktaki iş sayısı kuralı

JIT	: Tam Zamanında Üretim Sisteminde
LPT	: İşlem süresi en uzun iş
LRPT	: Kalan işlem süresi en düşük olan İş
LWPT	: Kuyrukta En Fazla Bekleyen İşi Barındıran Nokta
MAGV	: Çok yük taşıyabilen Otomatik Rahberli Araç
MASE	: Ortalama ölçeklendirilmiş mutlak hata ölçütü
MEPAR-Miner	: Multi-expression programming for classification rule mining
MOD	: Değiştirilmiş operasyon teslim tarihi
MP	: Makine önü iş sıralama problemi
NC	: Nümerik Kontrollü Tezgahlar
NDTF	: İlk Önce Dağıtım Görevi kuralı
Non-AS/RS	: Otomatik Olmayan Depo Sitemleri
NOP	: Operasyon sayısı kuralı
NP	: Karmaşıklık
NSA	: Ağ simpleks algoritması
NV	: En yakın araç kuralı
ODD	: Operasyon ve teslim tarihi kuralı
OFS	: Operasyon akış süresi örnekleme
OKLSA	: Orthogonal Kernal en küçük kareler algoritmasına
Post-Hoc	: Çoklu karşılaştırma
PPW	: Proses artı bekleme süresi kuralı
PQOD	: İşlem süresi, bekleme süresi, oprasyon süresi ve teslim tarihi kuralı
PWS	: İşlem süresi, bir sonraki operasyon süresi ve aylak süresi
RAM	: Değiştirilebilir oran aktivitesini
SAM	: Benzetilmiş tavlama metodu
SAW	: Ağırlıklı Toplam Model
SD	: En kısa mesafe
SLACK	: Aylak süresi kuralı

SLK	: Eşit mola süresi kuralı
SPT	: En kısa işlem süresi olan iş
SRPT	: Kalan işlem süresi en düşük olan iş
TN*	: "Toplam İş Yükü" ve "Operasyon Sayısı" kuralların birleşimi ile oluşan bir kural
TOPSIS	: Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution
TP	: Teslim tarihi belirleme problemi
T-SPT	: Kesilmiş en kısa proses süresi
TWK	: Toplam iş yükü kuralı
TWK+NOP	: "Toplam İş Yükü" ve "Operasyon Sayısı" kuralların birleşimi ile oluşan bir kural
WINQ	: Sonraki operasyon süresi
YP	: Yük seçme problemi

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile üretim ve tüketim davranışları da hızla değişmektedir. Hızlı tüketen topluluklar hızlı üreten işletmelere gereklilik sağlamaktadır. Günümüzde üretimin nitelliğini ve nicelliğini üreticiden daha çok tüketici belirlemektedir. Üreticiler her zamankinden daha karmaşık ve daha zor bir rekabet sürecini yaşamaktadırlar. Üreticinin piyasada sürdürebilirliğinin devam etmesi müşterinin devamlılığına bağlıdır. Müşteriyi memnun etmek ve müşteriyi elde tutmak için sadece farklı fiyat politikaların uygulaması yetmemektedir aynı zamanda kalite ve zaman olarak da müşteriyi tatmin etmek gerekmektedir. Dolayısıyla firmayı maliyet açısından en düşük, kalite ve verimlilik açısından en yüksek ve zamana karşı yarışta en hızlı bir üretim ve yönetim sürecinin tasarlanması gerekmektedir. Teslim tarihi belirlemek maliyeti, kaliteyi ve müşteri memnuniyetini etkileyen faktörlerden birisidir. Bu çalışmanın temel amacı esnek üretim sistemlerinde teslim tarihi belirleme politikalarının derlenmesi ve bu politikaların (belli varsayımlar altında) performans değerlendirmesidir.

Günümüzde artık Sanayi 4.0 hatta bazı ülkelerde Sanayi 5.0 devrimleri gerçekleşmiş iken, araştırmalar Türkiye sanayisinin ortalama olarak 2. ve 3. Sanayi devrimin ortasında bir olgunluk seviyesinde olduğunu göstermektedir (TÜBİTAK, 2017). Türkiye'de sanayinin büyük bir kısmını oluşturan kobiler ve orta ölçekli firmalar daha 3. Sanayi kültürüne bile ayak uyduramaktadırlar. 3. Sanayi otomasyon sistemleri ve robotların üretim sürecine dahil olmasını öne sürülen bir üretim anlayışıdır. Kimi üreticiler bilgi eksikliğinden, kimisi yazlılm veya donanım eksikliğinden dolayı ve kimisi de otomasyon sistemleri kullanmasına rağmen doğru bir yönetim politikası yürüt(e)mediğinden dolayı bu devire geçmekte zorluk yaşamaktadır veya başarısızlığa uğramaktadır. Otomasyon sistemleri üretim sistemini hız ve kalite açısından her ne kadar olumlu yönde etklisede süreci daha karışık ve yönetimini zor bir hale getirmektedir. Firmaların bu zorlu süreci başarılı

bir şekilde devam etmeleri ve yönetmeleri husunda endüstri ve sistem mühendislerine her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

Otomasyon sistemlerinde robotlar, insanlarla paralel bir biçimde üretim faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere kullanılmaktadır. Günümüzde üretim sistemlerinin malzeme taşıma sürecinde bu robotlardan faydanılmaktadır. Malzeme taşımak için firmalarda, konveyör bantları, forkliftler ve transpaletlerin yanı sıra otomatik rehberli araçlardan da faydalanılmaktadır. Otomatik rehberli aracı (AGV) insan desteği olmadan hammade, yarı mamul veya nihai ürünü taşımak için kullanılan pratik bir araçtır. Kullanıldığı üretim ortamına ve kullanış biçimine göre sağladığı faydalar olduğu gibi bunun aksine ortaya koyduğu zorluluklar da mevcuttur. Ama doğru yönetildiği takdirde sağladığı fayda oluşturduğu maliyeti göz ardı etmemizi sağlamaktadır. Bu tez çalışmasının bir amacı da bu araçların kullanımı, yönetimi ve üretim üzerine etkisini incelemektir.

Müşteriye zamanında teslimatı gerçekleştirip onun memnuniyetini elde etmek için iyi bir teslim tarihi belirleme politikasının yanı sıra iyi bir üretim çizelgemesine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, teslim tarihi belirleme ve AGV sistemlerinin yönetimi dışında bir diğer konu işlerin işlem önceliklendirilmesi için literatürde sunulan prensiplerin derlemesi ve performans değerlendirmesidir.

1.1. Esnek Üretim Sistemleri

1960'lı yılların başında İngiltere'de Molins firmasında çalışan Theo Williamson (Kalebek, 2006: David Willaimson) tarafından "Esnek İşletim Sistemi" buluşu tanıtılmıştır. Williamson bu buluşunu "Sistem24" olarak tanıtıp 1965 yılında patenti almıştır. Bu sistemde nümerik kontrollü tazgah ve bir konveyörün bir araya getirilip iş-parçaların transferi konusunda bir iyileştirme sağlanmıştır. Bu yıllarda teknolojinin gelişmesi ile robotlar, malzeme taşıma sistemleri ve bilgisayar destekli çalışan makineler sayesinde iş-parçaları daha ekonomik bir biçimde

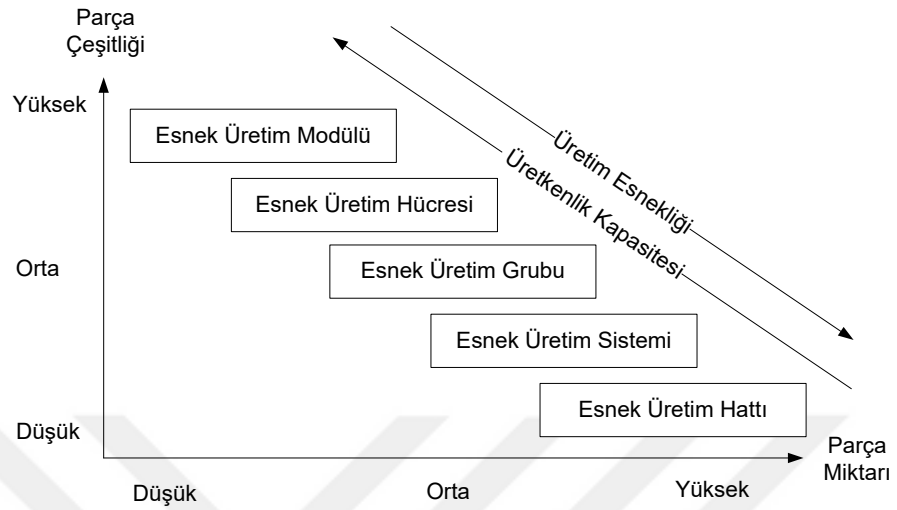
üretilmiştir. Bu üretim anlayışına Esnek Üretim Sistemi (Flexible Manufacturing Sistem: FMS) adı verilmiştir (Gönen ve Çelik, 2004).

Esnek Üretim Sistemleri (EÜS), ileri teknoloji olanaklarını kullanarak iş-parçaların taşıma, bekleme (işlem veya taşıma), yükleme ve boşaltma süreçlerinde oluşan zaman kayıplarını minimize edip verimliği artırarak üretim yapan sistem olarak tanımlanmaktadır. (Demirci ve ark., 2008).

EÜS hakkında birçok tanım bulunmaktadır, hemen hemen her tanımda EÜS için esas unsurler ileri teknoloji, bilgisayar destekli çalışma iş-istasyonları, farklı ürünleri üretebilen ve tip dönüşümlerinin hızlı yapıldığı üretim hatları, otomatik (yarı otomatik) malzeme taşıma araçların kullanımı ve insan gücünün kullanılmasını en aza indirebilen sistemlerdir. (Gökşen, 2003).

Kalebek (2006), EÜS hakkında yaptığı araştırmada, bu sistemi çeşitli açılardan sınıflandırmıştır. Sistemdeki iş partileri açısından EÜS, Sıralı EÜS, Rassal EÜS, Adanmış EÜS, Düzenlenmiş EÜS ve Modüler EÜS olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Sıralı EÜS'de belirli bir iş tipi için bir üretim partisinin üretimi bittikten sonra diğer iş tipi için bir üretim partisinin üretimi başlayacaktır. Rassal EÜS'de tip üretim partisi rassal bir şekilde bir araya getirilmiş farklı iş tiplerinden oluşmaktadır. Adanmış EÜS'de uzun süreli (sınırlı zaman dilimi) belirli ve sınırlı iş tipi grubu için üretim yapılmaktadır. Düzenlenmiş EÜS'de aynı iş tipi için üretim yapılmaktadır. Modüler EÜS, merkezi bilgisayar sistemi desteği ile istendiği zamanda istendiği çeşitteki sistemlere (diğer dört çeşit) hızlıca dönüşebilen bir sistem olarak tanımlanmaktadır.

Esnek üretim sistemleri nümerik tezgahların sayısı ve düzenlenme şekli açısından beş sınıfa ayrılmaktadır; Esnek Üretim Modülü, Esnek Üretim Hücresi, Esnek Üretim Grubu, Esnek Üretim Sistemi, Esnek Üretim Hattı. Şekil 1.1'de EÜS gruplarında hacim ve esneklik ilişkisi gösterilmiştir (Soba, 2006).



Şekil 1.1. EÜS gruplarında hacim ve esneklik ilişkisi (Soba, 2006)

Esnek Üretim Modülü takım değiştirme kabiliyetine sahip olan, bir malzeme taşıyıcısı ve ara stok bölümü olan tek (bilgisayar) nümerik tezgahtan oluşmaktadır. Esnek Üretim Hücresi, aralarında yüksek esnekliğe sahip olan bağlantıları olan iki veya ikiden fazla nümerik tezgah ve taşıma işlemini otomatik gerçekleştiren bir taşıma sisteminden oluşmaktadır. Esnek Üretim Grubu, esnek üretim hücresi ve esnek üretim modüllerin birleşiminden oluşmuş merkezi bir bilgisayar kontrolünde çalışan malzeme taşıma sistemine sahip bir sistemdir. Esnek Üretim Sistemi, aynı özeliklere sahip olan veya farklı özelliklere sahip olup birbirini tamamlayan iş istasyonları, malzeme depolama bölgesi, yükleme/boşaltma noktaları ve iş istasyonları arasında otomatik malzeme taşıma sistemlerinden oluşan bileşenleri arasında bilgi akışı mevcıut olan bir sistemdir. Esnek Üretim Hattı, birçok iş istasyonlarının sıralı bir şekilde düzenlenmiş olduğu otomatik malzme taşıma sistemine sahip bir sistemdir; iş istasyonları iş-parçanın operasyonlara göre sıralanmıştır ve tip değişiminde üretim hattı yeni iş-parçanın operasyonlarına göre düzenlenmektedir (Soba, 2006; Kalebek, 2008).

EÜS'nin unsurlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Soba,2006; Delikan, 2010):

- Nümerik Kontrollü Tezgahlar (NC)
- Bilgisayar Nümerik Kontrollü Tezgahlar (CNC)
- Direkt Nümerik Kontrol Sistemi (DNC)
- Malzeme Taşıma Sistemleri

EÜS'nin sağladığı faydalar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Delikan, 2010):

- Makine kullanım oranının artması
- Akış süresinin azalması
- Esnekliliğin sağlanması
- Yarı mamül stokların azalması
- Stok maliyetlerinin azalması
- Kalitenin yükselmesi
- Yerleşim alanından tasarruf
- İşçilik maliyetinin azalması
- Rekabet üstünlüğü kazandırması
- Herhangi bir değişikliğe daha hızlı uyum sağlayabilmek

Esnek üretim sistemlerin kurulum ve yatırım maliyeti yüksektir. Bu sistemlerde yazılım vageçilmez bir unsur olduğundan dolayı işletmenin donanım ve yazılım arasında uyumun sağlanması ve devam ettirilmesi başlıca bir güçlüktür. EÜS uzun vadeli statejik planlar ve kararlardan oluşmaktadır dolayısıyla yöneticilerin hem üretim hem tüketim faktörlerinin gelecekteki değişimini tahmin ederek bu değişime göre yol haritası çizmeleri gerekmektedir. EÜS'ün teknolojiye bağlı olduğundan dolayı teknolojinin gelişimi işletmeyi sık sık revizyona girmeyi zorlayabilmektedir. İşletme bir yandan teknolojinin son haline ayak uydurmaya

çalışırken bir yandan bu teknolijiyi bilen, kullanabilen niteklili elemana ihtiyaç duymaktadır. Ara stokların yok denecek kadar az kullanıldığı bu sistemlerde ekonomik dalgalanmalarda hammade ve/veya yarı mamul yetersizliği ile karşılaşılabilmektedir. Sistemde kaynak kullanım oranı yüksek olduğundan herhangi bir bakım/onarım süreci üretim akışını ve hızını büyük oranda olumsuz yönde etkilemektedir. (Soba, 2006; Delikan, 2010; Kalebek, 2006).

1.2. Otomatik Rehberli Araçlar

İnglizce'de Automated Guided Vehicle (AGV) olarak geçen, ilk olarak 1955 yılında tanıtılan Otomatik Rahberli Araçlar (Otomatik Klavuzlu Araç), sürücüsüz, pille çalışan, genellikle yerleşik bilgisayar tarafından kontrol edilen malzeme taşımısı için kullanılan araçlar olarak tanımlanmaktadır (Azimi ve ark, 2001). Sezen (2003) çalışmasında AGV sistemlerinin kullanıldığı alanları incelemektedir. Bu çalışmaya göre AGV'ler %56 Tam Zamanında Üretim Sisteminde (JIT), %13 Esnek Üretim Sistemlerinde, %12 Otomatik Olmayan Depo Sitemleri (non-AS/RS), %8 Otomatik Depo Sistemlerinde (AS/RS), %7 Montaj atölyelerinde, %1 mini-yük Otomatik Depo Sistemlerinde ve %3 diğer kanallarda kullanılmaktadır.

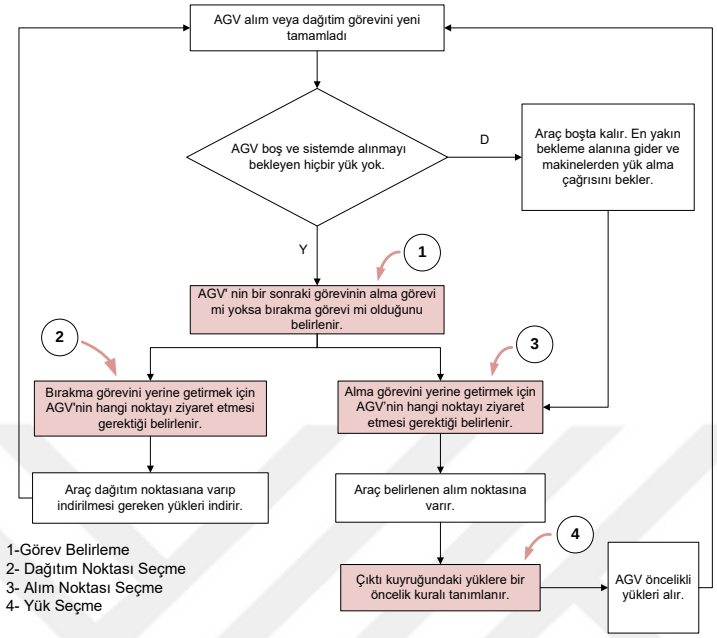
AGV'ler kullanım açısından iki şekilde kullanılabilmektedir. Birinci yaklaşımda, AGV, üzerindeki yük, uğraması gereken tüm iş istasyonlarına götürmektedir, işlem süresi boyunca yük AGV'nin üzerinde bulunmaktadır. Yükün tüm operasyonları bittikten sonra boşaltılmaktadır İkinci yaklaşımda ise AGV sadece yükleri bir iş istasyonundan diğer iş istasyonuna taşımak için kullanılmaktadır. Birinci tip aracın kullanıldığı bir sistemde iş istasyonlarında çıktı kuyruğu oluşması ve iş parçalarının araç bekleme süresi gibi durumlar ortaya çıkmamaktadır. Ancak çok fazla sayıda aktif araca ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci tip araçların kullanıldığı bir sistemde ise daha az araç sayısına ihtiyaç duyulmaktadır fakat işlem gören iş parçaların araç beklemeleri ve istasyonlarda çıktı kuyruklarının oluşması gerçekleşmektedir. Bu kuyruklar ürünün akış süresini doğrudan

etkilemektedir (Sezen, 2003). Bu tez çalışmasında ikinci yaklaşımdaki AGV'ler ele alınmıştır.

AGV'ler yük kapasitelerine göre tek yük taşıyabilen ve çok yük taşıyabilen (Multiple-load Automated Guided Vehicle: MAGV) olarak iki çeşide ayrılmaktadır. Tek yük taşıyabilen bir AGV'nin çalışma mantığı MAGV'ye nazaran daha basittir. Tek yüklü bir AGV, ya "Boş" veya "Dolu" durumlardan birine sahip olabilmektedir. Boş bir AGV'nin bir sonraki görevi yük alımı olmaktır. Dolu bir AGV'nin de bir sonraki görevi dağıtım olmaktır. MAGV'lerde ise yük alımı yaparken hangi noktadan alım yapılması gerektiğine dair karar veren bir fonksiyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu fonksiyon "Alım Noktası Belirleme Problemi" olarak adlanmaktadır. Aynı şekilde bir noktadan yük alırken ilk önce hangi yükün alınması gerektiğine dair karar veren başka bir fonksiyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu fonksiyon da "Yük Seçme Problemi" olarak tanımlanmaktadır (Ho ve Chien, 2006).

Bir MAGV, "Boş", "Kısmi Dolu" ve "Tamamen Dolu" durumlardan birine sahip olabilmektedir. Boş bir AGV'nin bir sonraki görevi yük alımı ve tamamen dolu olan bir AGV'nin bir sonraki görevi ise yükleri dağıtmak olmaktadır. Fakat kısmi dolu olan bir AGV'nin bir sonraki görevi üzerindeki yükleri dağıtmak veya yeni yük alma kararı olmaktadır. Bu kısımda, MAGV'nin başka bir karar verme fonksiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu karar verme fonksiyonu "Görev Belirleme Problemi" olarak belirtilmektedir. Bir MAGV'nin dağıtım görevi de tek yüklü AGV kadar basit değildir; birden fazla yük alabildiğinden dolayı hangi yükün ilk önce dağıtılması gerektiğine dair karar verecek bir fonksiyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu fonksiyon "Dağıtım Noktası Belirleme Problemi" olarak isimlendirilmektedir. Tek yüklü AGV'de olduğu gibi MAGV'de "Alım Noktası Seçme Problemi" ve "Yük Seçme Problemi" mevcuttur (Ho ve Chien, 2006).

Şekil 1.2'de Ho ve ark. (2006) tarafından tanımlanan MAGV'nin dört problemi gösterilmiştir. Literatürde, bu dört problem birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olup her problem için sunulan birçok çözüm kuralı bulunmaktadır.



Şekil 1.2. MAGV iş akış döngüsü ve tanımlanan problemler (Ho ve Chien, 2006)

Bir sistemde AGV'nin çalışma prensibinde iki yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yaklaşımda, bir iş istasyonunun çıktı kuyruğuna bir iş bırakıldığında bütün AGV'lere sinyal gönderilir, alım noktası seçilirken çıktı kuyruğunda yük bulunduran bütün istasyonlar alım görevi için aday noktası kümesinde yer almaktadır. Bu yaklaşıma "Araç Merkezli" adı verilmektedir. Diğer yaklaşım ise bir iş istasyonun çıktı kuyruğuna bir iş bırakıldığında sadece bir AGV'ye sinyal gönderilmektedir, alım noktası seçilirken çıktı kuyruğunda yük bulunduran ve o AGV'yi seçen tüm istasyonlar alım görevi için aday noktası kümesinde yer alır. Bu yaklaşıma "İstasyon Merkezli" adı verilmektedir (Egbelu ve Tanchoco, 1984).

1.3. Teslim Tarihi Belirleme Problemi

Esnek üretim sistemlerinde çizelgeleme ve üretim planlama önem taşıyan bir unsur olarak düşünülmektedir. Çünkü dikkatle planlanmamış bir üretim emri aksaklıklar ve zaman kayıplarına yol açabilmektedir. Oluşabilecek herhangi bir

zaman kaybı da ürünün akış süresini olumsuz etkileyerek beklenen zamanda üretim sağlanmamaktadır. Bu durum geç sevkiyata/teslimata neden olmaktadır. Gecikmeli teslimat bazen satış kaybına bazen da müşteri kaybına neden olmaktadır. Araştırmalar, teslimatında gecikme riski barındıran siparişlerin hiç kabul edilmemesinin üretici için daha iyi olduğunu ortaya çıkarmaktadır, çünkü bu tür siparişler sistemin darboğazlarının daha yoğun olmasına ve bu yoğunluk da diğer siparişlerde gecikmeye sebep olabilmektedir. Geç teslimat veya satış kaybı firmaların müşterisi ile olan ilişkiye bağlı olarak firmaya maliyet olarak geri dönmektedir. Bir ürünün beklenen zamandan erken çıkması da stok oluşturup elde bulundurma maliyetine yol açmaktadır. Bu tür durumların ortaya çıkmasının sebebi yanlış veya eksik üretim planlama politikası dışında gerçekleşebilir olmayan teslim tarihi belirleme politikasından da kaynaklanmakdatır. (Philipoom ve Fry, 1992; Ragatz ve Mabert, 1984; Aktürk ve Gülseçen, 2018).

Teslim tarihinin belirlenmesi için iki yol izlenmektedir. Öncelikle yapılacak siparişler sıralanarak ardından bulunduğu sıraya ve göreceği işleme göre teslim tarihi belirlenmektedir. Diğer yol ise sipariş ilk alındığı zaman müşteri/üretici tarafından bir teslim tarihi belirlnerek ve siparişler teslim sürelerine göre sıralanarak işlem görmektedirler (Aktürk ve Gülseçen, 2018).

Önceki zamanlarda teslim tarihi müşteri tarafından belirlenerek üretici belirlenen teslim tarihine siparişi karşılamaya çalışmaktaydı. Günümüzde ise genellikle müşterinin istediği teslim tarihi açık bırakılarak, üretici kendi üretim koşullarını baz alarak siparişin akış süresini hesaplamakta ve ona göre alternatif teslim tarihi belirlemektedir. Herhangi bir değişiklik durumunda müşteriyi bilgilendirilmektedir. Bu tarz teslim tarihi belirlemede üreticinin üretim süreçlerini iyi analiz ederek gerçekleşebilir bir teslim tarihi belirlemesi gerekmektedir (Tsai ve ark., 1997).

İşleri için teslim tarihini belirlemek için ilk önce işin akış süresi hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Akış süresi, operasyonlar ve operasyonlar arası süreden oluşmaktadır. Operasyon süresi işin göreceği işlem ve makinenin

performansına bağlıdır. Operasyonlar arası süresi ise kuyrukta kalma süresi, taşıma süresi ve bekleme süresinden oluşmaktadır. (Tsai ve ark., 1997).

Teslim tarihini belirlemek için dikkate alınan işin sistemde kalma süresini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi üç gruba ayrılmaktadır (Ragatz ve Mabert, 1984):

1. İşin özellikleri: İşin operasyon rotası, operasyon süresi.
2. İşlem kararları: Üretim çizelgesi, iş dağıtım politikaları, üretim sürecini kontrol eden kaynaklar.
3. Atölye düzeni: Yerleşim düzeni, kaynak sayısı, kaynak kapasitesi çalışan sayısı.

Teslim tarihini belirlemek için araştırmacılar tarafından birçok kural önerilmiştir. Önerilen bu prensiplerden ikinci ve üçüncü bölümlerde bahsedilecektir.

1.4. Problemin Tanımı ve Kapsamı

Bu çalışmada, esnek üretim sistemi kapsamında MAGV kullanan bir atölyede gelen işlerin teslim tarihinin belirlenmesi odak noktası olmuştur. Teslim tarihini belirlemek için araştırmacılar tarafından belirlenen kurallar ve yöntemler araştırılmış incelenmeye alınmıştır. Teslim tarihini belirlemek için iş akış süresi hakkında fikir sahibi olmak gerekmektedir. Bir işin akış süresi işin sisteme giriş yaptığı andan sistemden çıkış yaptığı ana kadar ki geçen süredir. MAGV kullanan bir atölyede bir işin akış süresi işin işlem bekleme süresi, işin işlem süresi, işin AGV bekleme süresi ve işin transfer süresinden oluşmaktadır. Bu süreler doğrudan teslim tarihini etkilemektedirler. Dolayısıyla bu süreleri etkileyen faktörler de teslim tarihini etkilemektedirler. İşlerin işlem bekleme süresi makinenin öncelik kuralına ve kuyruk büyüme hızına; kuyuk büyüme hızı AGV'nin dağıtım politikasına, işlem süresi operasyonun ve makinenin kalitesine; işlerin AGV bekleme süresi AGV'nin alım politikasına (alım noktasını seçme ve alım

noktasından yük seçme politikasına) ve işlerin transfer süresi MAGV'nin dört temel problemi için kullanılan çözüm politikalarına bağlılık göstermektedirler. O yüzden teslim tarihini belirleme kurallarının yanı sıra bu kurallar da incelenmeye alınmıştır.

Çalışma için veri seti Ho ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmadan alınmıştır. Literatür taraması yapılarak teslim tarihi belirleme kuralları, AGV görev belirleme kuralları, AGV dağıtım noktası belirleme kuralları, AGV alım noktası belirleme kuralları, AGV yük seçme kuralları ve makine öncelik kuralları araştırılmıştır.

Bu tezde teslim tarihi belirleme problemi, AGV görev belirleme problemi, AGV dağıtım noktası seçme problemi, AGV alım noktası seçme problemi, AGV yük seçme problemi ve makine önü iş sıralama problemi bir bütün olarak ele alınmış olup her problem için literatürde bulunan kurallar derlenmiştir. Derlenen kuralların performans değerlendirmesi için bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Simülasyon çalışması Ho ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada kullandıkları bir veri seti seti üzerinde uygulanmıştır. Simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler istatistiksel analizlere tabii tutularak problemler için en iyi çözüm kümesi önerilmiştir.

1.5. Çalışmanın Katkısı ve Önemi

Üretim çizelgelemede teslim tarihi vermek işletmeler için ciddi bir problem olmaktadır. Özellikle piyasanın dinamik olması bu tarihlerin sağlıklı belirlenmesini engellemektedir. Bunun yanında üretim süreçlerindeki aksaklıklar ve müşteri profilindeki değişiklikler yine bu tarihleri belirlemede etkin olan diğer etmenlerdir. Bu konu araştırmacıların da ilgisini çekerek literatürde çeşitli yöntemler sunarak çözümler önerilmiştir. Önerilen çözümler kimi işletmeler tarafından uygulamaya konmuştur.

İşletme içerisinde ürünlerin üretilmesi sürecinde makinelerde yapılan işlemler ve ürünlerin taşınmasında hangi ürünün öncelikli olacağı çok tartışılan ve farklı bakış açılarıyla ele alınmış ve bu işlemler için belirli kurallar sunulmuştur.

Günümüzde işletmeler geleneksel taşıma araçları yerine AGV gibi daha hızlı ve daha verimli çalışan araçları kullanmaktadırlar. Bu AGV'ler üretimin akışı, kalitesi, maliyeti ve hızı konusunda olumlu izler bırakmaktadırlar.

Çalışma literatürde ayrı olarak çalışılmış, teslim tarihi belirleme ve üretim sırasında taşıma ve ürün işleme önceliklendirme konularını bir bütün olarak ele almakla beraber bu konuların arasındaki ilişkiyi ortaya koyması sebebiyle ayrı bir önem arz etmektedir.

Çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran birkaç önemli yönleri bulunmaktadır. Bu yöntemler;

- Esnek üretim sisteminde üretim hattında farklı aşamalarda farklı kurallardan faydalanılmaktadır. Dolayısıyla oluşabilecek bütün kombinasyonların denenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bu düzeyde deney tasarımı amaçlanmaktadır.
- Teslim tarihini belirlemek için farklı çalışmalar yapılmış ve farklı kurallar ortaya konulmuş olsa da bu kuralların üretim hattındaki öncelik kuralları ve taşıma sistemlerinin kontrol parametreleri ile olan etkileşimi elde edilmemiştir. Bu çalışmada bu üç faktörün etkileşimi de ele alınarak problem için yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır.
- Teslim tarihi belirleme de kullanılan kuralların parametreleri için literatürde sunulan önerilerin dışında farklı bir yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemin de iyi sonuç verdiği ve bu tarz problemlere verimlilik anlamında katkısı olacağı görülmüştür.

1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu

Bu çalışmada izlenilen yol maddeler halinde aşağıda sunulmuştur;

- İkinci bölümde, konu üzerinde daha önce yapılan çalışmalar yer almaktadır. Literatür taraması yapılırken esnek üretim sisteminde AGV sistemleri, teslim tarihi atama problemi ve makine öncelik kuralları hakkında yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır.
- Üçüncü bölümde çalışmanın veri seti, sistemde kullanılan kuralların algoritmaları ve oluşturulan modeller hakkında bilgi verilmektedir.
- Yapılan simülasyon çalışması ve istatiksel testler sonucunda elde edilen bulgular dördüncü bölümde sunulmuş ve tartışılmıştır.
- Beşinci bölümde bulgulardan ve tartışmalardan elde edilen sonuç sunulmuştur ve ilerde yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde bu tez çalışmasında konu olarak ele alınan esnek üretim sistemlerinde teslim tarihi belirleme problemi, AGV yönlendirme kuralları ve makine öncelik kuralları için literatür araştırılması yapılmıştır. Söz konusu problemleri ayrı veya birlikte ele alan çalışmalar incelenmiştir. Bölümün sonunda önceki çalışmaların değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.1. AGV Sistemleri

Egbelu ve Tanchoco (1984), AGV'lerin kullanıldığı bir üretim ortamında araç yönlendirme problemi için sezgisel kurallar önermişlerdir.

Ozden (1988), AGV sisteminde araç yük kapasitesi, araç sayısı, makinelerin girdi ve çıktı kuyruk kapasiteleri arasındaki ilişkiyi sorgulayacak bir çalışma yapmıştır.

Sabuncuoğlu ve Hommertzhem (1993) tarafından yapılan çalışmada esnek üretim sistemlerinde üretim çizelgelemesi ve AGV çizelgemesi hususlarında kullanılan çözüm kuralları hakkında literatür araştırılması yapılmıştır.

Occena ve Yekota (1993) çalışmalarında tam zamanda üretim sisteminde tek yüklü AGV kullanımı ile MAGV'nin kullanımını karşılaştırmış olup, uygun bir rota yönetimi yapıldığı takdirde MAGV'nin daha az trafik ve stok seviyesi ile daha fazla çıktı sağladığını söylemişlerdir.

Nayyar ve Khator (1993) çalışmalarında AGV sistemlerinde farklı kontrol kurallarının tek yüklü ve çok yük taşıyabilen araçların üzerinde olan etkisini incelemişlerdir.

Thonemann ve Brandeau (1996) çalışmalarında MAGV sisteminde dağıtım problemi için "Dolduğunda git" kuralını kullanıldığını varsayarak malzemenin ortalama araç bekleme süresinini en aza indirecek şekilde aracın uğraması gereken iş istasyonu/istasyonları belirlemek ve ilgili rotanın oluşturulması için doğrusal

olmayan ikili tamsayı programı geliştirmiş olup dal sınır algoritması ile optimum çözüm aramışlardır.

Lee ve ark. (1996) çalışmalarında AGV sisteminde yük seçimi problemi için beş sezgisel yaklaşım incelemişlerdir. İnceleme sonucunda değişken rotaya sahip olan işi seçme kuralının daha iyi sonuç verdiğini ve genel olarak yük seçimi probleminin performansı aracın yük kapasitesine doğru orantıda bağlılık gösterdiğini aktarmışlardır.

Bilge ve Tanchoco (1997) çalışmaları kapsamında tek yüklü AGV'lerin daha fazla kullanılması yerine MAGV'lerin kullanımın üretim ortamında oluşan trafik ve darboğazlarda düşüş ve çıktı sayısına artış sağladığından dolayı daha iyi bir alternatif çözüm olduğunu söylemişlerdir.

Thonemann ve Brandeau (1997) çalışmalarında MAGV sistemlerinde dağıtım problemi için "Dolduğunda git" kuralının kullanıldığı durumlarda malzeme taşıma süresini en aza indirmek, optimum AGV saysısını belirlemek ve iş istasyonlarını bölümleme için optimum çözüm bulmak için bir doğrusal olmayan ikili tamsayı programı geliştimişlerdir.

Sinriech ve Palni (1998) tarafından yapılan araştırmada tek MAGV kullanılan üretim sistemlerinde araç çizelgemesine optimum çözüm bulmak amacıyla düşük kapasiteli üretim ortamı için ikili tamsayı programlama modeli ve yüksek kapasiteli dinamik üretim ortamı için iki sezgisel model geliştirilmiştir.

Hung ve Liu (2001) tarafından yapılan bir çalışmada MAGV sistemlerinde üretim ortamına göre gerekli araç sayısını tahmin etmek için sayısal bir yönteme başvurulmuştur.

Kim ve Hwang (2001) çalışmalarında MAGV sisteminde dağıtım ve alım problemi için bulanık çok kriterli karar verme algoritması önermişlerdir.

Liu ve Hung (2001) tarafından yapılan çalışmada malzeme taşımada tek MAGV aracın kullanıldığı insansız atölye tipi üretim sisteminde tıkanıklık ve duraklılığının oluşturulmaması için sezgisel bir kontrol statejisi önerilmiştir.

Sinriech ve Kotlarski (2002) tarafından yapılan çalışmada çok yüklü taşıma araçlarının çizelgeme problemi için bir dinamik çizelgeleme algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma literatürde bulunan "Kalan işlem süresi en düşük olan", "Aracı en fazla işgal eden" ve "İlk gelen ilk hizmet alır" kuralları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda önerilern yaklaşımın daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Liu ve Hung (2002) tarafından yapılan araştırmada, insansız imalat yapılan ve malzeme taşımasında MAGV kullanılan bir sistemde üretim duraksamalarını azaltmak ve verimliği artırmak amacıyla akıllı gerçek zamanlı bir metot geliştirilmiştir.

Levitin ve Abezgaouz (2003), bir MAGV'nin kullanıldığı bir üretim ortamında yüklerin araca üst üste koyulduğundan dolayı "En son gelen ilk hizmet görür" kuralının kullanıldığı bir atölyede araç rotalaması için bir algoritma önermişlerdir.

Grunow ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, deniz taşımacılık sektöründe konteyner taşımasında kullanılan MAGV dağıtım problemi için karışık tamsayı doğrusal programlama ile formülize edilmiş yeni bir yaklaışım sunulmuştur.

Babiceanu (2005) yaptığı tez çalışması kapsamında, otomatik malzeme taşıma sistemlerinin operasyon süreçlerine holonik üretim kontrol konseptini entegre ederek bu enegrasyonun sistem performansı üzerindeki etksini incelemiştir. Yapılan deney ve analizler sonucunda uygulanan entegrasyonun sistem performansını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Ho ve Chein (2006), MAGV sistemlerinde görev belirleme, dağıtım noktası belirleme, alım noktası belirleme ve yük seçme olan dört problemi tanıtmakta ve bu problemler için bazı çözüm kurallarından bahsetmişlerdir. Bir simülasyon çalışması yaparak görev belirleme ve dağıtım noktası seçme problemleri için sunulan çözüm kuralları karşılaştırıp "İlk Önce Dağıtım Görevi"

(DTF) ve "En Kısa Mesafe" (SD) kurallarının sırasıyla görev belirleme ve dağıtım noktası seçme problemi için en iyi sonuç verdiğini iddia etmişlerdir.

Ho ve Liu. (2006), MAGV'lerin yük alım noktasını belirleme konusunda bir simülsayon çalışmasını ele aldıkları farklı kurallardan "En uzun kuyruk uzunluğu" (GOQ) kuralın en iyi performans sergilediğini söylemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmaya göre kuyruk bazlı kuralların, zaman bazlı kurallarına göre daha iyi performansa sahip olduğu öne sürülmüştür.

Lee ve Srisawat (2006) çalışmalarında, MAGV sistemlerinde dağıtım/alım noktası seçme probleminde kullanılan sezgisel çözüm kurallarının üretim sistemi üzerindeki etkisini incelemeye almışlardır. Yapılan simülasyon uygulaması sonucunda alım noktası seçme kurallarının bıraktığı etkinin daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Bilge ve ark. (2006) tarafından yapılan araştırmada, AGV''lerin alım problemi için çıkış kuyruğundaki kuyruk uzunluğu ve alım noktasına gitmek için geçecek olan zamanı baz alarak noktalara öncelik tanımlayan yeni bir kural önerilmiştir.

Murayama ve Kawata (2006) tarafından yapılan çalışmada, malzeme taşımasında MAGV kullanılan üretim sistemlerinde araç çizelgeleme için benzetilmiş tavlama metodu kullanılarak yeni bir yaklaşım biçimi önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın 78 farklı problem için denendiği ve geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında çoğunlukla daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

Kim ve Chung (2007) çalışmalarında, bir üretim atölyesini bölgelere ayırmış ve sıralı AGV (Tandem) sistemin kullanılmasını varsayarak sistemin tasarımı için bir analitik model önermişlerdir. Geliştirelen model her araç için uygun bölge ve uygun rota oluşturulmasını sağlamıştır.

Ho ve Liu (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, esnek üretim sisteminde MAGV'nin yük alım noktası seçme kuralı ve yük seçme kuralları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yük seçmek için kullanılan 6 kuraldan benzer hedef noktasına sahip olan iş (ID) kuralı ve alım noktası seçmek için kullanılan 12

kuraldan en uzun çıktı kuyruğuna sahip olan nokta (GOQ) kuralı en iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Gosavi ve Grasman (2009) çalışmalarında, bir malzeme taşıma sisteminde AGV kullanan bir üretici firma için optimum araç sayısını belirlemek için belirli kısıtlar ve koşullar altında sayısal bir model sunmuşlardır. Sundukları modelin uyguladıkları simülasyon deneyi sonucunda iyi sonuç verdiğini aktarmışlardır.

Udhayakumar ve Kumanan (2010) tarafından yapılan çalışmada, esnek üretim sisteminde AGV rotalaması ve çizelgelemesi için araç kullanım oranı maksimize edecek, taşıma süresini minimize edecek ve dengeli iş dağıtımı yapacak bir model geliştiriimiş olup geleneksel çözüm için optimizasyon yerine genetik algoritma kullanılmıştır.

Kłosowski (2010) çalışmasında, üretim sahasında malzeme taşıması için kullanılan tek MAGV kontrol sistemini araştırma konusu olarak ele alarak taşıma maliyeti, alım/dağıtım istasyonların düzenleme maliyeti ve malzeme elde bulundurma maliyetini en aza indirecek bir model geliştirip modelin çözümü için bulanık mantık ve genetik algoritma tekniklerinden faydalanmıştır.

Abdelmaguid ve Naseef (2010) tarafından yapılan çalışmada, üretim çizelgelemesi, MAGV araç rota oluşturulması ve çizelgemesi için bir melez sezgisel metot önerilmiştir.

Yao ve Fujimura (2010) tarafından yapılan çalışmada, üretim talebi artış gösterdiği takdirde tek yük taşıyabilen AGV'lerin sayısının artırılması veya MAGV'lerin kullanımı seçeneklerinden hangisinin üretim verimliliği üzerinde daha olumlu etki yaratacağı incelenmiştir. Yapılan simülasyon deneyi ve analiz sonucunda MAGV kullanımının yüksek talebi karşılamada daha verimli olduğu görülmüştür.

Tiwari (2010) yaptığı tez çalışmasında, esnek üretim sistemelerinde kullanılan AGV taşıma araçlarının çizelgelemesi için bir optimizasyon modeli geliştirip çözümü için genetik algoritmadan faydalanmıştır. Yaptığı analiz

sonucunda önerdiği çözüm yönteminin diğer geleneksel yöntemlerden daha iyi sonuç verdiğini aktarmıştır.

Azimi ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, MAGV sisteminde dağıtım noktası seçme ve alım noktası seçme problemleri ele alınmıştır. Bu iki problem için literatürde bulunan çözüm önerileri araştırılmış olup bir küme şeklinde sıralanmıştır, bu kümeden en iyi kombinasyonu seçmek için bulanık çok kriterli karar verme yöntemi (Fuzzy MADM) ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak TOPSIS yöntemi daha iyi sonuç vermiştir.

Şahin (2010) yaptığı çalışmada, AGV'lerin kullanıldığı bir üretim sisteminde araç ve makine çizelgelemesi için gelişimsel bir çizelgeleme yaklaşımı önermiştir. Önerdiği yaklaşımı çoklu ajan sistemi ile uygulamış olup çevrimiçi ve çevrimdışı yönledirme yöntemleri ile kıyaslamıştır. Çalışmasının sonucunda önerdiği yaklaşımın daha iyi çizelgelerin oluşturduğunu aktarmıştır.

Rashidi (2010) çalışmasında, konteyner terminallerinde tek yüklü ve çok yüklü AGV sistemlerin çizelgelemesini incelemiştir. Problemin çözümü için Ağ Simpleks Algoritması (NSA), benzetilmiş tavlama metodu (SAM), ve NSA-SAM hibrit yöntemi kullanılmış olup yaptığı analiz sonucunda NSA-SAM hibrit yönteminin daha iyi sonuç verdiğini söylemiştir.

Sezen (2011) çalışmasında, AGV sistemlerin tarihsel gelişmi, çeşitleri ve kullanım faydaları hakkında bilgi verip AGV sistemlerin tasarımı, modellenmesi ve simülasyonu ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapmıştır.

Azimi ve Gardeshi (2011) çalışmalarında, MAGV sistemlerinde alım/dağıtım noktası seçimi problemini çok kriterli karar verme problemi olarak ele alamakta olup problemin çözümü için Ağırlıklı Toplam Model (SAW), TOPSIS ve VICOR yöntemleri kullanılmıştır.

Fauadi ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, MAGV sistemlerin görev belirleme problemi için çoklu etmen sistemine bağlı yeni bir karar verme mekanizması önerilmiştir.

Azimi ve Alidoost (2011) çalışmalarında, esnek üretim sisteminde MAGV'nin verimliliğini artırmak için sezgisel bir yaklaşımda bulunup doğrusal regresyon, kesikli olay simülasyonu ve doğrusal tamsayılı programlama yöntemlerini birleştirerek bir model geliştirmişlerdir. Önerdikleri yaklaşım AGV kontrol stratejileri, AGV sayısı, işlem süreleri ve tampon kapasitesi gibi parametreler için en iyi çözüm olarak sunulmuştur.

Ho ve ark. (2012), MAGV sistemlerinde yük alım ve yük seçme problemleri diğer çalışmalardan farklı olarak tek problem şeklinde ele almaktadırlar. Aracın yük alım noktasını seçmek için aday noktalarda bulunan yüklerin özellikleri de dikkate alınmıştır. Önderdikleri yöntem hazırlama, kümeleme, değerlendirme ve yürütme olacak şekilde dört aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalarda her nokta için bazı ağırlıklar hespalanmış olup, noktalar hesaplanan ağırlıklarına göre kümelere ayırıp en yüksek ağırlığa sahip olan noktaya hizmet verilmiştir.

Azimi ve ark. (2012) tarafından yapılan araştırmada, MAGV sistemlerinde ara stok kapasitesi ve iş istasyonlarında işlem sürelerinin parametresi olduğu çok amaçlı bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen model kesikli olay simülasyonu, lineer regresyon ve karışık tamsayı programlamanın karışımı olup çıktı sayısı, ortalama akış süresi, ortalama gecikme süresi, araç boş kalma süresi, araç doluluk oranı gibi performans ölçütlerine optimum değer sağlamak için uygun parametreler atamışlardır.

Rampratap ve Jayswal (2012) tarafından yapılan çalışmada, esnek üretim sistemlerinde AGV tasarımı, modellenmesi, simülasyon kullanımı ve sağladığı faydaları hakkında geniş bir literatür derlemesi yapılmış olup AGV sistemleri için yeni bir kontrol yapısı ve stratejisi önerilmiştir.

Erol ve ark. (2012) çalışmalarında, makinelerin ve AGV'lerin eşzamanlı olarak çizelgelenmesi için çoklu etmen tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir.

Ramanaiah ve Ashok (2013) çalışmalarında, MAGV araçların kullanımı, üretim sistemi üzerinde etkisi ve bu yeni kontrol stratejiler hakkında bilgi

paylaşımında bulunup, farklı üretim ortamlarda birden fazla tek yüklü AGV ve MAGV kullanımı karşılaştırmalı bir biçimde incelemişlerdir. Yapılan simülasyon deneylerde MAGV sistemlerinde tek yüklü araçlardakine göre darboğazların düştüğü ve çıktı sayısının artırıldığı görülmüştür.

Kumar ve Jaynat (2015) tarafından yapılan araştırmada, tam zamanda üretim sisteminde atölye tipi üretim yapılan bir ortamda AGV sistemi için dağıtım kuralı incelemeye alınmış olup aracın etkinliği ve transfer süresini dengelemek için sezgisel bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritmanın verimliliği bir simülasyon uygulaması ile test edilmiştir.

Angra ve ark. (2018), AGV yük seçme problemi için farklı üretim düzenleri ve farklı kaynak kapasiteleri göre beş kuralı birbiri ile kıyaslamıştır. Çalışmalarının sonucunda ID kuralın iyi sonuç verdiğini aktarmışlardır.

Li, G. ve ark. (2019) çalışmalarında, AGV görev belirleme ve çizelgeleme problemine bir çözüm bulmak amacıyla AGV toplam transfer süresi, AGV yük alma süresi ve belirlenen gecikme süresini en aza indirecek bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin çözümü için harmoni arama algoritmasından faydalanmışlardır.

Demirtaş (2019) tez çalışmasında, MAGV sistemlerinde görev belirleme, alım noktası seçme ve yük seçme problemleri için yeni yaklaşımlar sunmuştur.

Zhang ve ark. (2019) çalışmalarında tek yük alabilen ve çok yük alabilen AGV sistemleri yerine hibrid yüklü bir AGV sistemi önermektedir. Araç atanmasının malzemenin boyutuna göre yapıldığı bu yaklaşım simülasyon deneyi sonucunda tek yüklü ve çok yüklü araçlardan daha iyi performans sergilemiştir.

Li, D. ve ark. (2019) çalışmalarında, AGV sistemleri için bir sonraki görevin zamanını lokasyonunu tahmin etmek amacıyla yapay sinir ağlarından faydalnarark daha görev oluşmadan AGV'nin gitmesini sağlayacak bir yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri yaklaşımın geleneksel yaklaşımlardan daha verimli olduğunu belirtmeişlerdir.

Yan ve ark. (2019) çalışmalarında, AGV sistemlerinde optimum bakım stratejisini belirlemek renkli Petri ağları ve genetik algoritmadan faydalanmışlardır. Çalışmaların sonucunda elde ettikleri stratejinin maliyet ve verimlilik açısından sisteme olumlu bir yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Heger ve Voß (2019) çalışmalarında, makinelerin çok amaçlı olduğu ve rota esnekliğin var olduğu bir atölyede çizelgeleme ve AGV dağıtım problemine akıllı bir yaklaşım önermiştir.

Chawla ve ark. (2019) çalışmalarında, AGV sistemlerinin çizelgelemesinde doğadan esinlenerek oluşturulan algoritmaların etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucu olarak doğadan esinlenerek oluşturulan algoritmaların geleneksek algoritmalardan daha verimli olduğunu belirtmişlerdir.

Gürgen ve ark. (2020) çalışmalarında, çamaşır makinesi üreten bir firmanın malzeme besleme sistemi için yükleme, çizelgeleme ve rotalama süreçlerinde karar veren sezgisel bir yaklaışm önermişlerdir. Önerdikleri yaklaşım AGV sayısını ve stok seviyesini en aza indirmeyi hedefleyerek kararlar vermiştir.

Wu ve Sun (2020) çalışmalarında, AGV görev belirleme problemi için rota maliyetini ve operasyon verimliğilini dikkate alarak bir yaklaşım önermişleridir. Önerdikleri yaklaşımın araç verimliğiliğini %20 artırdığını belitmişlerdir.

Zhao ve ark. (2020) çalışmalarında, atölye tipi üretim ortamında MAGV sistemleri için deneysel çizelgeleme yaklaşımını önermişlerdir. Simülasyon çalışması sonucunda önerdikleri yaklaşımın maliyeti düşürdüğünü ve verimliliği artırdığını belirtmişlerdir.

De Ryck ve ark. (2020) çalışmalarında, günüzmüz teknolojisi ve Endüstri 4.0 çerçevesinde AGV sistemlerine ilişkin kontrol algoritmaları ve teknikleri araştırmışlardır.

2.2. Teslim Tarihi Belirleme Problemi

Teslim tarihi belirleme problemi hakkında yapılan ilk çalışma 1967 yılında Conway ve ark. (1967) tarafından yapılmıştır. Çalışmada teslim tarihini belirlemek amacıyla akış süresini tahmin etmek için bir metot geliştirilmiştir.

Eilon ve Chowdhury (1976), teslim tarihi belirlemede kullanılan Toplam İş Yükü (TWK), TWK'nın lineer olmayan bir versiyonu, Kuyrukta bekleme (DIQ) ve Kuyruktaki iş (JIQ) kuralları incelemeye almış olup, çalışmanın sonucu olarak da JIQ kuralın en iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir.

Weeks ve Fryer (1977) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihi atama kurallarında ihtiyaç duyulan k sabit katsayısını bulmak amacıyla bir model geliştirilmiştir.

Weeks (1979), 3 farklı boyut ve yapıdaki atölyelerde 7 farklı teslim tarihi atama kuralı ve 2 farklı çizelgeleme kuralı kombinasyonlarından oluşan 42 farklı model için simülasyon deneyi yapmış olup akış süresi ve sistemin yoğunluğuna bağlı kuralların iş özelliklerine bağlı olan kurallara göre ulaşılabilir teslim tarihi ataması için daha iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir.

Baker ve Bertrand (1981), tek operasyonu olan işlerin tek makinede yapıldığı bir sistemde teslim tarihi atama ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Çalışmalarının sonucu olarak teslim süresinin çok sıkı olduğu durumda ortalama akış süresi ve ortalama gecikme süresinin düşeceğini fakat az çıktı (biten iş sayısı) elde edileceğini ve daha gevşek bir teslim süresinde daha fazla çıktı elde edilebileceği ama bununla beraber ortalama akış süresi ve ortalama gecikme süresinin de artığını söylemişlerdir.

Smith ve Seidmann (1983) çalışmalarında üreticiler veya akademisyenler tarafandan teslim tarihi atama problemi için kullanılan ve/veya önerilen çözüm politikaları derlemişler ve bu politikaların çalışma prosedürü hakkında bilgi sunmuşlardır.

Baker (1984), çalışmasında teslim tarihi ve çizelgeleme problemlerini birlikte ele alarak teslim tarihi belirlemede kullanılan Toplam iş yükü (TWK),

Sabit teslim tarihi (CON), Eşit mola süresi (SLK), Operasyon sayısı (NOP) ve Proses artı bekleme süresi (PPW) kurallarını farklı çizelgeleme kuralları ile performansını ölçmüştür. Çalışmasının sonucunda TWK kuralının daha iyi sonuç verdiğini söylemiştir.

Ragatz ve Mabert (1984), teslim tarihi yönetimi konusunu ele almış olup, statik ve dinamik olarak iki farklı açıdan değerlendirmişlerdir. Teslim tarihi yönetiminde etkili unsurları ve önemli değişkenleri belirleyip bu unsurlar hakkında gelecekte ne çeşit çalışmalar yapılacağına dair öneriler sunmuşlardır.

Shanthikumar ve Sumita (1988) çalışmalarında dinamik atölye tipi üretim ortamlarında işlerin akış süresinin yaklaşık değerini hesaplayan karşılanabilir bir teslim tarihi atamak amacıyla üstel limit terorisi ve sezgisel bir modelden faylanmışlardır.

Bector ve ark. (1988) yaptıkları çalışmada ortak teslim tarihi (COM) atama kuralı için uygun ortak zamanı bulmak amacıyla bir model geliştirerek doğrusal hedef programlama yöntemi ile geliştirdikleri model için çözüm aramışlardır.

Cheng ve Gupta (1989) yaptıkları çalışmada literatürde teslim tarihi belirleme kuralları ele alan çalışmaları inceleyip ele alınan kurallar ile atölye ortamını karşılaştırmışlardır. Yapılan inceleme sonucunda dinamik atölye tipi ve statik atölye tipinde araştırmacıların hangi kuralları daha çok kullandıkları hakkında bilgi verilmiştir.

Cheng (1991) yaptığı çalışmada erken çıkma ve gecikmeden oluşan bir ceza fonksiyonu için basit optimizasyon modeli kurarak tek makineli üretim ortamında teslim tarihi belirleme ve işlerin sıralaması için bir çözüm aramıştır. Aynı modelin birden fazla paralel makinelerin olduğu bir üretim ortamı için deneyip aradaki uyum farkını incelemiştir. Paralel makineli üretim ortamı için basit optimizasyon yaklaşım yerine sezgisel bir yaklaşım önerip önerdiği yaklaşımın daha iyi sonuç verdiğini söylemiştir.

Vig ve Dooley (1991), yaptıkları çalışmada operasyon akış süresi örnekleme (Operation flowtime sampling: OFS), sıkıştırma ve operasyon akış

süresi örnekleme (Congestion operation flowtime sampling: COFS), kuyruktaki işler (Jobs in queue: JIQ) ve Toplam İş Yükü (TWK) olmak üzere dört teslim tarihi belirleme kuralı ve İlk gelen ilk hizmet görür (First come first served: FCFS), Kesilmiş en kısa proses süresi (Truncated shortest proses time: T-SPT), ve Değiştirilmiş operasyon teslim tarihi (Modified opration due date: MOD) olmak üzere üç çizelgeleme kurallarının kombinasyonundan oluşan 12 model tasarlamış olup modellerin performansı için simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak COFS ve OFS kuralları ile MOD kuralın birleşimi ile diğer kurallara nazaran daha iyi performans gösterdiğini iddia etmişlerdir.

Wein ve Chevalier (1992), teslim tarihi belirleme, işi serbest bırakma ve makine öncelik hususlarında karar verme problemleri barındıran bir sistem için ortalama teslim sürelerini ve yarı mamul stoğu minimize etmeyi hedefleyen bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında teslim tarihini belirlemek için dinamik bir çözüm önermiş olup önerdikleri yaklaşımın literatürde mevcut olan diğer teslim tarihi belirleme kurallarına nazaran daha iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir.

Adam ve ark. (1993) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihi atama kurallarında gerek duyulan sabit katsayısı için uygun bir değer bulmak amacıyla dinamik ve güncellenebilir bir yaklaşım önerilmiştir.

Smith ve ark. (1995) tarafından yapılan araştırmada teslim tarihi belirleme problemi için regerasyon modeli geliştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda regresyon bazlı teslim tarihi atama prensibinin üretim verimliği üzerinde olumlu etki bıraktığı görülmüştür.

Raghu ve Rajendran (1995) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihi atamada uygun parametre ve sabit katsayı bulmak amacıyla arama algoritması, benzetilmiş tavlama algoritması ve benzetilmiş tavlama algortiması ile regresyon analizinin birleşiminden oluşan yeni bir metod denenmiştir. Analiz sonucunda benzetilmiş tavlama algoritması ile regresyon analizinin birleşiminden oluşan metodun daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Tsai ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada işi serbest bırakma ve teslim tarihi atama problemlerini entegre bir biçimde ele almışlardır. Çalışmaların sonucu olarak teslim tarihi atama, çizelgeleme ve işi serbest bırakma problemlerinin birbiri ile entegre çalışma durumunun işlerin akış süresinin tahminlemede daha verimli olduğu ve aynı zamanda işlerin gecikmesinde azalmaya sebep olduğu söylenmiştir.

Cheng ve Jiang (1998) yaptıkları çalışmada atölye tipi üretim ortamında makine önü sıralama için yeni bir kural ve teslim tarihi atama problemi için iki yeni dinamik kural önermişlerdir. Yapılan simülasyon uygulaması sonucunda dinamik bir teslim tarihi atama kuralı ile teslim tarihine bağlı dinamik makine önü sıralama kuralının birlikte kullanılmasının üretim verimliği üzerinde olumlu etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Gordon ve ark. (1998) çalışmalarında tam zamanda üretim sisteminde yeni gelen siparişlerin teslim tarihini belirlemek için erken çıkma ve gecikme maliyetini en aza indirecek hem teslim tarihi atayan hem de çizelgeleme yapan bir yaklaşım önermişlerdir.

Moodie (1999), yaptığı çalışmada firmaların teslim tarihinin müşteri ile müzakere ederek veya belirli bir kural kullanarak belirlemeyi incelemiş ve yaptığı deney sonucunda belirli bir kuralın uygulmasının müzakereli olmasından daha iyi sonuç verdiğini, Toplam İş Yükü (TWK) ve Kuyruktaki İşle (JIQ) kuralların diğer kurallara göre daha iyi sonuç verdiğini vurgulamışlardır.

Veral ve Mohan (1999) tarafından yapılan çalışmada tek makine atölye tipi üretim ortamında teslim tarihi atama probleminde kullanılan kuralların parametrelerini revize etmek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır.

Veral (2001) çalışmasında statik teslim tarihi ataması için doğrusal olmayan bir model geliştirilmiş ve modelin çözümü için yanıt yüzey yöntemi ve regresyon analizi uygulamıştır.

Hsu ve Sha (2004) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihi atama problemi için yapay sinir ağları tabanlı yeni bir yaklaşım sunup literatürde mevcut regresyon bazlı teslim tarihi atama kuralları ile kıyaslanmıştır. Yapılan analiz

sonucunda yapay sinir ağları yaklaşımının daha etkili bir performans sağladığı görülmüştür.

Sha ve Liu (2005) tarafından yapılan bir araştırmada atölye tipi üretim ortamında teslim tarihi belirlemede kullanılan toplam iş yükü (TWK) kuralı için uygun k katsayısı bulmak amacıyla veri madenciliği araçlarından karar ağacı yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda önerilen yeni dinamik TWK kuralı basit TWK kuralından daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Zorzini ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada firma yöneticileri tarafından teslim tarihini belirlemek için kullanılabilir prosedürel bir karar çerçevesi geliştirmişlerdir.

Aydın (2006) yaptığı tez çalışmasında siparişe yönelik üretim ortamında teslim tarihi atama problemi için geçici bir çizelgeleme oluşturan algoritmalar geliştirmiş olup bu algoritmalar sonucunda oluşturulan geçici çizelgeye göre siparişin tahmini bitiş zamanını teslim tarihi olarak belirlemiştir.

Yildirim ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada esnek üretim sistemi ortamında teslim tarihi atama, kaynak seçimi ve makine önü iş sıralama kararlar için yapay sinir ağlarından faydalanarak yeni bir yapı önerilmiştir.

Nearchou (2008), çalışmasında tek makine içeren bir üretim sisteminde üretilen ürünlerin erken çıkma veya geç çıkmasından dolayı oluşturulan toplam maliyeti azaltmayı hedeflemiştir. Bu problemin çözümü için sezgisel bir yönteme başvurmuştur. Yaptığı deney sonucunda sezgisel yöntemin 280 problemin %60'ında iyi sonuç verdiğini belirtmiştir.

İpek (2007) yaptığı tez çalışması kapsamında teslim tairih atama problemine çözüm olarak bir yapay sinir ağ yaklaşımını önermiştir. Önerdiği yaklaşımın regresyona dayalı modellere göre daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir.

Baykasoğlu ve ark. (2008) çalışmalarında teslim tarihi belirlemek için yeni yaklaşım sunmuşlardır. Sunulan yaklaşımda işlerin akış süresini tahmin etmek için istatistiksel tahminleme yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan simülasyon uygulaması

sonucunda yeni yaklaşımın geleneksel teslim tarihi atama prensiplerine nazaran daha iyi sonuç verdiği kanaatine varılmıştır.

Pibernik ve Yadav (2008), üretimini siparişe göre yapan bir firmada siparişlerin müşteri sınıfına göre sıralandığı varsayımı altında müşterilerin bir sonraki siparişin geliş tarihinin ve mevcut siparişlerin teslim tarihininin belirsizliğini dikkate alıp kapasite ayrımı yapan bir model geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda kapasite artırımının gecikmeli teslimattan maliyet açısından daha verimli olduğunu sunmuşlardır.

Gordon ve Tarasevich (2009) çalışmalarında tek makineli üretim atölyesinde ortak teslim tarihi atama problemi için toplam erken çıkma, gecikme ve teslim tarihi atama maliyetini en aza indirecek, değiştirilebilir oran aktivitesini (RAM) kullanarak yeni bir yaklaşım önermişlerdir.

Alpay ve Yüzügüllü (2009) tarafından yapılan çalışmada hem dinamik hem stokastik atölye tipi üretim ortamlarda teslim tarihi atama ve üretim çizelgeleme için kullanılabilir bir teslim tarihi atama kuralı ve bir dinamik çizelgeleme kuralı önerilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yeni kuralların kayda değer bir etki bıraktığı görülmüştür.

Baykasoğlu ve Gökçen (2009) tarafından yapılan araştırmada teslim tarihi atama problemi için genetik algoritmanın yeni bir tekniği olan Gen ifade programlama (GEP) kullanarak yeni bir yaklıaşım önerilmiştir. Önerilen yeni yaklaşımın geleneksel teslim tarihi atama kuralları ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Chen ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada ortak teslim tarihi belirleme politikası kullanılan tek makineli üretim sisteminde gecikme ve erken çıkma maliyetelerinden oluşan bir maliyet fonksinunu minimize ederek optimum teslim tarihi belirleyen ve optimum iş sıralaması yapan bir model önerilmiştir.

Gordon ve Strusevich (2009) tarafından yapılan çalışmada tek makineli üretim ortamında çizelgeleme ve teslim tarihi atama problemleri ele alınmıştır. Çalışmada teslim tarihinin değiştirilmesinden oluşan maliyet, üretilmesi gereken

zamanda üretilmediğinden dolayı vazgeçildiğinde oluşan maliyet ve erken çıkma durumunda oluşan maliyetten oluşan bir amaç fonksiyonunu için optimum çözüm bulmak için polinom-zamanlı dinamik programlama algoritması kullanılmıştır.

Baker ve Trietsch (2009) çalışmalarında tek makineli üretim sisteminde üretim çizelgelemesinde teslim tarihi atamayı bir karar modeli olarak ele alarak bu kararın verilmesinde yardımcı olacak sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir.

Patil (2010), çalışmasında müşteri memnuniyeti ilkelerini konu olarak ele almış olup inceleme sonucunda termin süresi belirleme politikasının müşteri memnuniyeti ve firmanın net karı açısından çok önemli bir etken olduğunu söylemiştir. Çalışmasında bir dinamik teslim tarihi belirleme prensibi önerip önerdiği prensibin literatürde mevcut diğer prensiplerden daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Shabtay (2010) yaptığı araştırmada tek makineli üretim ortamında üretim çizelgeleme ve teslim tarihi belirleme problemleri için çözüm bulmak amacıyla erken çıkma, gecikme, elde bulundurma, teslim tarihi belirleme ve taşıma maliyetleri en aza indirecek bir modeli geliştirmiştir. Geliştirdiği modeli polinom-zamanlı algoritmasından faydalanarak çözmüştür.

Yenigün (2010) tarafından yapılan çalışmada kapı ve pencere üretimi yapan bir atölyede, gelen işlere teslim tarihinin belirlenmesi için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yeni yaklaşımda en çok talep edilen ürün çeşitlerinin standart bir ürün birim altında toplanıp işletmenin geçmiş verileri kullanılarak oluşturulan bir regresyon modeli yardımı ile teslim tarihi belirlenmiştir. Önerilen yaklaşım literatürde bulunan diğer teslim tarihi belirleme kurallarına göre kıyaslanmış olup daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Joseph ve Sridharan (2011) esnek üretim sisteminde dinamik teslim tarihi atama modelleri, rotalama esneklik seviyesi, çizelgeleme esneklik seviyesi ve makine önü iş sıralama kurallarının üretim sistemi üzerinde olan etkisini araştırırken yeni bir akış süresi tahminleme yaklaşımını önermişlerdir.

Liu ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada kalıp üretimi yapan bir işletmede teslim tarihi atama problemine çözüm olarak çoklu etmen tabanlı bir model geliştirilmiştir.

Chaharsooghi ve ark. (2011), tarafından siparişe göre üretim yapıldığı bir firma bünyesinde talebin stokastik bir fonksiyona sahip olduğu bir ortamda fiyat seçimi, teslim süresi belirlemesi ve müşteri sınıflandırmanın dinamikliği ve esnkeliği çalışma konusu olarak ele alınmıştır. Araştırmacılar, çalışmaların sonucunda esnek fiyatlandırma ve teslim süresi belirleme kararlarının üretim performansını olumlu bir şekilde etkilediğini ve talebin fiyat, teslim süresi ve zamanın doğrusal bir fonksiyonu olduğunu söylemişlerdir.

Vinod ve Sridharan (2011), yaptıkları çalışmada teslim tarihi belirleme ve makine önü iş sıralama problemlerinin arasındaki etkileşimi incelemişlerdir. Yapılan deney ve analiz sonucunda dinamik teslim tarihi belirleme kurallarının daha iyi performans sergilediğini belirtmişlerdir.

Sertdemir (2011) yaptığı tez çalışmasında tek makineli üretim ortamında ürünlerin benzerliklerine göre gruplandırılarak üretilmesini varsayarak işler için teslim tarihi belirleme problemini ele almışlardır. Çalışmada tip değiştirmeler arasında meydana çıkacak olan hazırlık ve aylak süresi gibi farklı parametlerin formülize edildiği iki farklı matematiksel model geliştirilmiş olup mevcut işlerin çizelgelemesi ve yeni gelen işler için bir teslim tarihi atanmıştır.

Yin ve ark. (2012), tarafından yapılan çalışmada tek makineli üretim ortamında birden fazla iki etmenli çizelgeleme ve teslim tarihi atama problemi incelenmiştir. Çalışmada maksimum gecikme, toplam geciken iş sayısı ve toplam gecikme oranını minimize edecek şekilde teslim tarihi belirleyen ve üretim çizelgesini oluşturan iki etmen sistemi geliştirilmiştir.

Germs ve Foreest (2013), çalışmalarında ortak bir müşterinin tüm siparişlerine ortak teslim tarhinin belirlenmesi, üretim sürecinde de işlerin müşteriye göre gruplandırılıp parti (lot) şeklinde üretilmesinin verimli sonuç

verdiğini söylemişler ve kapasiteden maksimum fayda sağlamak için parti büyüklüğünün nasıl belirlenmesi konusunda önerilerde bulunmuşlardır.

Mor ve ark. (2013), tek makineli bir atölyede teslim tarihi belirleme konusunu ele almış ayrıca erken maliyet, gecikme maliyeti ve teslimat sürecinde oluşacak maliyetlere odaklanıp bu maliyetleri en aza indirmeyi hedefleyen ve teslim tarihi ataması yapan bir formülizasyon önermişlerdir.

Teymourifar (2014) tez çalışmasında teslim tarihi atama problemi için regresyon ve sinir ağları temelli yeni yaklaşım sunmuştur. Bunun yanı sıra sevkiyat çizelgemesi için de iki yaklaşım önermiştir. Önerdiği yaklaşımların işletmeye rekabet üstünlüğü kazandırdığını aktarmıştır.

Zhao ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada tek makineli üretim ortamında gecikme sayısı ve teslim tarihi atama maliyetinden oluşan bir maliyet fonksiyonu minimize edecek, optimum teslim tarihini belirleyen ve üretim çizelgemesini yapan bir dinamik programlama algoritması ve tam polinom-zamanlı yaklaşım şeması önerilmiştir.

Baker ve Trietsch (2015), yaptıkları çalışma sonucunda teslim süresinin sıkı olmasının gecikme süresi arasında ters ortanılı bir ilişki olduğunu söyleyerek bu ilişkiden oluşacak olumsuz etkileri en aza indirecek bir formülizasyon çalışması yapmışlardır.

Rasti-Barzoki ve Hejazi (2015) çalışmalarında teslim tarihi atama, üretim çizelgeleme ve toplu teslimat çizelgeleme problemlerini entegre bir şekilde inceleme konusu olarak ele alarak toplam ağırlıklı geciken iş sayısı ve teslim tarihi atama, kaynak kullanım ve toplu teslimat maliyetleri minimize edecek NP-zor bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin çözümü için dinamik Pseudo-polynomial programlama algoritmasından faydalanmışlardır.

Li ve ark. (2015) çalışamalarında montajlama işlemi için dinamik çizelgeleme ve teslim tarihi atama problemi için ürün iş akış bilgileri ve kritik yol metodundan (CPM) faydalanarak işlemin yaklaşık bitiş anını hesaplayarak elde edilen sonuca göre teslim tarihi belirlemişlerdir.

Yaghoubi (2015) teslim tarihi atama kuralı olarak sabit teslim tarihi (CON) kuralının kullanıldığı tek çeşit ürün işlemini yapan çok fazlı bir montaj hattında uygun bir teslim tarihi belirlemek için kuyruk ağını stokastik ağına çevirip sonlu durum ve sürekli zaman Markov modeli geliştirmiştir.

Düzgit (2015), dinamik ortamda tek makinalı sistemlerde teslim tarihi atama problemini ele almıştır. Çalışmasında yeni gelen bir iş için teslim tarihini belirlemek üzere bir karışık tamsayı programlama modeli ve bir sezgisel algoritmadan oluşan iki aşamalı bir yöntem önermiştir.

Ilić (2015), çalışmasında iki makineli bir üretim sisteminde işlere minimal teslim süresi atamak ve işlerin gecikmesini minimum yapacak ikili ağaç veri yapısı yöntemini kullanmıştır.

Demir ve ark. (2015) çalışmalarında teslim tarihi belirlemede kullanılan Aylak süresi (SLK) kuralı ile süreç planlama ve zamanlama problemini entegre bir şekilde ele almış olup bu entegrasyonu genetik algortima ve rastgele arama olarak iki farklı teknikle gerçekleştirmişlerdir. Çalışmaların sonucu olarak genetik algoritmanın daha başarılı bir teknik olduğunu belirtmişlerdir. Demir ve ark. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada da önceki çalışmadan farklı olarak teslim tarihi için Proses artı bekleme (PPW) kuralı ve arama tekniği olarak rastgele arama ve genetik algoritmanın yanı sıra hibrit arama tekniği kullanılmıştır ve bu çalışmanın sonucu olarak da hibrit arama tekniğin daha başarılı bir teknik olduğunu gösterilmiştir.

Schäfer ve ark. (2016) tarafından literatürde yer alan teslimat performansını ölçmek için kullanılan ölçümler sıralanarak, gerçek firmalarda kullanılan bazı ölçümler için istatistiksel testler yapılmış aralarındaki ilişki incelenmiştir.

Şahin (2016) çalışmasında esnek üretim sisteminde teslim tarihi atama problemine çözüm olarak etmen tabanlı holonik bir kontrol yapı tasarımı önermiştir.

Assarzadegan ve Rasti-Barozki (2016) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihi atama, üretim çizelgeleme ve dış dağıtım çizelgeme problemleri için en fazla gecikme süresi, teslim tarihi atama ve teslimat maliyetlerini en aza indirecek bir matematiksel model geliştirilmiş ve modelin çözümü için bir doğrusal olmayan karışık tamsayı programlama yöntemi ve bir doğrusal karışık tamsayı programlama yönteminden faydalanmışlardır.

Wang ve ark. (2016) tek makineli ortamda teslim tarihi atama ve üretim çizelgeslemesi için NP-zor bir model geliştirmiş ayrıca iki etmen tasarlayarak ve dinamik polinom-zaman programlama algoritmasından faydalanarak çözüm aramışlardır.

Schäfer ve ark. (2016) üretici firmaların teslim tarihi belirleme politikalarının performansını ölçmek için kullanılan ve/veya akademik çalışmalarda kullanılması önerilen performans ölçütleri için literatür taraması yapmışlardır.

Assarzadegan ve Barzoki (2016) tarafından yapılan çalışmada tek makine ile üretim yapılan bir firmada teslim tarihi atama, üretim çizelgelemesi ve teslimat sürecinde dağıtım planlaması hususları incelenmiş olup üretim ortamında bu faktörlarden dolayı oluşan maliyeti en aza indirmeyi hedefleyen bir karışık tamsayı modeli geliştirilmiştir.

Shabtay ve ark. (2016), tarafından polinom tekniklerinin kullanıldığı bir yaklaşım şeması önererek tek makine üretim planlama ortamında toplam ağırlıklı iş sayısı ve teslim tarihi atama maliyetini en aza indirgemeyi amaçlayan bir çalışma yapılmıştır.

Kuroda (2016) yaptığı çalışmada ürün tasarımı ve üretimin entegrasyonunun teslim tarihine sadık kalınması üzerine olan etkisini araştırmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre üretimin tasarımı ve üretimdeki bilgi alışverişinin kalitesi, müşterinin istediği özellikleri ve teslim süresini karşılamasında önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Low ve ark. (2016) tarafından planlı bakım periyotları dikkate alınarak tek makineli bir sistemde ortak teslim tarihi belirlemek için toplam erken çıkma ve gecikmeyi en aza indirmeyi hedefleyen bir çalışma yapılmıştır. Problemin çözümü için karışık tamsayılı doğrusal programlama formülasyonu ve dinamik bir programlama metodu kullanılmıştır. Yapılan analizler dinamik programlama metodunun daha iyi çözüm sunduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Zhao (2016) yaptığı araştırmada tam zamanlı, tek makineli üretim ortamında teslim tarihi belirleme, işleri serbest bırakma ve üretim çizelgeleme problemlerini araştırma konusu olarak ele alarak teslim tarihi atama maliyeti ve geciken iş sayısından oluşan bir milayet fonksiyonu hesaplamıştır. Araştırmacı bu fonksiyon için optimum değeri bulmak için bir dinamik programlama algoritması ve bir polinom-zamanlı yaklaşım şeması önremiştir.

Yang ve Zhang (2017) teslim tarihi ataması için Orthogonal Kernal en küçük kareler algoritması (OKLSA) ile işin operasyon bilgisini birleştirerek yeni bir teslim tarihi atama kuralı sunmuşlardır. Araştırmacılar kesikli olay simülasyon uygumalası sonucunda önerilen yaklaşımın üstün bir performansa sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yang ve ark (2017) başka bir çalışmada teslim tarihi ataması için OKLSA algoritmasını kullanarak yeni bir teslim atama kuralı sunmuşlardır. Yaptıkları istatistiksel analizlere göre sundukları yeni yaklaşımın geleneksel teslim tarihi atama yaklaşımlarından daha üstün bir performans göstermiştir.

Li ve Chen (2017) tarafından yapılan çalışmada tek makineli bir üretim ortamında siparişlere teslim tarihi atamak için bir polinom-zaman algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmada teslim tarihi atama maliyeti, erken çıkma cezası ve gecikme sayısını en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

Öztürk (2018) tez çalışması kapsamında siparişe göre üretim yapan bir işletmenin teslim tarihi atama problemine çözüm bulmak amacıyla tamamlanma zamanı ve toplam maliyeti en aza indirecek üretim çizelgesi oluşturan karma tamsayılı matematiksel modeller geliştirerek elde ettiği tamamlanma zamanını siparişin teslim tarihi olarak atamıştır.

Gacek (2018) siparişe yönelik üretim ortamında teslim tarihi atama problemi için yapay sinir ağları metodundan faydalanarak bir yaklaşım önermiştir. Önerdiği yaklaşımın yaptığı analizler neticesinde regresyona dayalı yaklaşımlardan daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir.

Xiong ve ark. (2018) teslim tarihi atama kuralı olarak ortak teslim tarihi (COM) kuralının kullanıldığı tek makineli üretim ortamında gecikme, erken çıkma ve teslim tarihi atama maliyetlerini en aza indirecek şekilde uygun ortak teslim tarihi ataması ve üretim çizelgesini oluşturan bir model kurup modelin çözümü için pseudo-polinomial-zaman algoritmasından faylanmışlardır.

Vinod ve ark. (2019) tarafından yapılan araştırmada dinamik teslim tarihi atama metotların çizelgeleme kuralları ile olan etkileşimi incelemek amacıyla kesikli olay simülasyon modeli geliştirilmiş ve regresyona dayalı yeni sayısal yaklaşımlar önerilmiştir.

Weng (2019) çalışmasında teslim tarihini tahminlemek için kuyruklarda bekleyen işlerin özellikleri ve izlediği operasyon sırasına göre tahminleme yapan bir yaklaşım sunulmuştur.

Eren (2019) tez çalışması kapsamında gerçek bir firmanın teslim tairihi belirleme problemi için uzman tarafından belirlenen kriterlere göre teslim tarihi atayan bir ERP modülü tasarlamıştır.

Mosheiov ve Pruwer (2020) tarafından yapılan çalışmada tek makineli üretim sisteminde teslim tarihi atama kuralı olarak kullanılan Ortak teslim tarihi (CON) kuralında gereken parametreler için uygun girdi bulmak amacıyla çözüm algoritmaları önerilmiştir.

Bazı ararştırmalarda teslim tarihi ataması için siparişlerin ilk önce atölyeye kabul etme (işi serbest bırakma) zamanı incelenmiştir. Bu tarz yaklaşımlarda tahiminleme yöntemleri ile işin ne zaman serbest bırakılabilceği ve ne zaman bitebileceği hakkında bilgi edindikten sonra teslim tarihi belirlenmektedir (Thürer ve ark., 2017; Thürer ve ark. ,2019).

Kimi araştırmacılar teslim tarihi atama sürecini proses planlama ve çizelgeleme süreci ile entegre bir biçimde ele almaktadır. Farklı teslim tarihi belirleme kuralları ve farklı çizelgeleme kuralının entegrasyonu için farklı seviyeler denenmiştir. Problemin çözümü için genetik algoritma, evrimsel algoritma, tavlama benzetimi, tabu arama, meta sezgisel ve rastgele arama yöntemleri tekli veya hibrit şeklinde kullanılmıştır. Genellikle genetik algoritma ve hibrit yaklalışımların daha iyi performansa sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra entegrasyon seviyesinin artışı ile sistemin performansı arasında doğru orantıda bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır (Demir ve ark. ,2016a; Demir ve ark. ,2016b; Demir ve ark. ,2016c; Demir ve ark. ,2016d; Demir ve ark. ,2016e; Demir ve Canpolat ,2017; Demir ve ark. ,2017a; Demir ve ark. ,2017b; Demir ve ark. ,2017c; Demir ve ark. ,2018a; Demir ve ark. ,2018b; Demir ve ark. ,2019; Erden ve ark. ,2019).

2.3. Makine Öncelik Kuralları

Udo (1994) yaptığı çalışmada birden fazla makinenin kullanıldığı bir atölye tipi üretim ortamında üretim çizelgelemesi için bir dinamik yaklaşım sunmuştur. Araştırmacı çalışması sonucunda iş parçasının özelliklerinin oransal fonksiyon yerine kümülatif dağılım fonksiyonu biçiminde kullanılmasının geciken iş sayısı, gecikme yüzdesi ve gecikme varyansı açısından daha verimli olduğunu belirtmiştir.

Duenyas ve Hopp (1995), çalışmalarında teslim tarihinin müşteri tarafından belirlendiği bir üretim sisteminde siparişlerin çizelgeleme konusunu sınırlı üretim kapasite ve sınırsız üretim kapasite olarak iki farklı bakış açısından ele almışlardır. Çalışmanın sonucu sınırsız kapasite durumunda İlk gelen ilk hizmet alır (FCFS) politikası ve sınırlı kapasitede En erken teslim tarihine sahip olan iş (EDD) politikasının iyi sonuç verdiğini ortaya çıkmıştır.

Duenyas (1995) yaptığı çalışmada gelen siparişlerin fiyatı ve teslim tarihine bağlı öncelik belirleyen bir formül geliştirmiştir. Geliştirilen formül ilk

gelen ilk hizmet alır (FCFS) kuralı ile karşılaştırılmış ve daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır.

Roh ve Kim (1997) çalışmalarında bir esnek üretim sisteminde üretim çizelgelemesi ve yük seçimi için liste çizelgeleme problemlerine çözüm olarak ardışık ve tekrarlamalı olacak şekilde üç sezgisel yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntemlerde tekrarlamalı yaklaşımın diğerlerinden daha iyi sonuç vermiştir.

Park ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada dinamik bir üretim sisteminde çizelgeleme problemi için üretim sisteminin mevcut durumuna bağlı olan ve tümevarım öğrenme yönteminin kullanıldığı yeni bir sıralama kuralı geliştirilmiştir.

Philipoom (2000) tarafından yapılan çalışmada teslim tarihini karşılamada makine önü sıralama kurallarının etkisi incelenmiştir. Yapılan deney ve analiz sonucunda en kısa işlem süresi olan iş (SPT) kuralının sıkı bir teslim tarihi belirleme modelinde en iyi sonuç verdiği, teslim tarihi belirleme modeli gevşedikçe ilk gelen iş ilk hizmet görür (FCFS) kuralının daha iyi sonuç verdiği ve teslim tarihi en yakın olan iş (EDD) kuralının pek başarılı bir kural olmadığı görülmüştür.

Kesinocak ve ark. (2001) işler için öncelik tanıma konusunu firmanın fiyatlandırma politikasına bağlı olarak ele almışlardır. Önerdikleri sistemde siparişin fiyatı müşterinin belirlediği termin süresinin darlığı ve hassasiyetine göre belirlenip üretim sürecinde yüksek gelir sağlayan işlere öncelik tanımlanmıştır.

Ayhan (2004) tarafından yapılan çalışmada makine öncelik kuralları altı performans ölçütü açısından farklı atöyle tipi çizelgeleme problemleri ortamında kıyaslanmış olup analiz edilmiştir. Sonuç olarak öncelik kurallarının performansı kullanılan ölçüte göre farklılık gösterdiği görülmüştür.

Charnsirisakskul ve ark. (2004), tarafından yapılan çalışmada termin süresi için esneklik ve teslim tarihinin belirlenmesinde kolaylık sağlayan sipariş seçimi ve çizelgeleme karar verme politikası ele alınmıştır. Bu çalışmada toplam gelir, üretim maliyeti, gecikme maliyeti ve durma maliyeti bileşenlerinden oluşan bir model kurulmuş olup, karışık tamsayı programlama yöntemi ile çözülmüştür.

Araştırmacılar bu sayede teslim süresi esnekliğinin siparişi kısmen tamamlama esnekliğinden daha yararlı olduğunu söylemektedirler.

Kalebek (2006), esnek üretim sisteminde çizelgeleme problemini ele almış olup Türk Traktör Fabrikası'nda üretim hattının işlem süresi en uzun iş önce (LPT), işlem süresi en kısa olan iş önce (SPT) ve ilk giren iş önce (FIFO) olmak üzere 3 farklı çizelgeleme kuralların performansını analiz etmiştir. Yapılan analiz sonucunda SPT kuralı en iyi sonucu vermiştir.

Chiang ve Fu (2007), atölye tipi üretim sisteminde on sekiz makine öncelik kuralını birbiri ile kıyaslamışlardır ve yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Sundukları yaklaşımda her iş için bir acil iş puanı belirlenmiş; bu puan işin kalan işlem sırası ve teslim tarihine kalan süresinin oranının karesi şeklinde hesaplanmıştır. Simulasyon çalışması sonucunda sundukları yaklaşımın daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Göçken (2007) yaptığı tez çalışmasında iş yükü kontrol kavramı kapsamında iş girişi, işi serbest bırakma ve makine önceliği gibi karar noktalarında kullanılan kuralları derleyip, benzetim modelleri geliştirerek bu kuralların birbirine olan etkisini incelemiştir. Bunun yanı sıra veri madenciliğinde kullanılan MEPAR-Miner algoritması ile işlere makine öncelik tanımlayacak ve sistemin etkinliğini artıracak bir karma çizelgeleme kuralı geliştirmiştir.

Ebadian ve ark. (2008), yeni gelen bir sipariş için kabul veya reddetme kararında destek olacak bir model tasarlamışlardır. Önerdikleri tasarı gelen siparişleri sağlayacağı kar ve firmanın pazar payında olan katkısı açılarından değerlendirip siparişin kabul edilip edilmeyeceğinin kararını verecek, kabul edilen siparişlere üretim sürecinde de bu iki faktöre göre öncelik tanımlayacak bir tasarıdır.

Şensoy (2009) yaptığı tez çalışmasında bir işletmede siparişlere öncelik tanımlama problemini karar verme problemi olarak ele alıp çözümü için analitik hiyerarşi prosesi ve analitik ağ prosesi modelleri geliştirmiştir. Geliştirdiği

modeller siparişleri birbirine kıyaslayıp her siparişe bir öncelik tanımlama fırsatı sunmuştur.

Gananvelbabu ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışma kapsamında esnek üretim sistemlerinde akıllı depoda AGV ve iş çizelgelemesi için ceza maliyeti, araç boşluk oranını ve taşıma sürelerini minimize edecek çok amaçlı bir model geliştirilmiş olup çözümü için yapay bağışıklık sisteminden (AIS) faydalanılmıştır.

Aydemir (2009) yaptığı tez çalışması kapsamında üretim çizelgeleme ve makine önü işlerin sıralanması için literatürde önerilen öncelik kurallarını araştırmış ve problemin çözümü için üretimin toplam süresini en aza indirecek bir model geliştirmiştir. Geliştirdiği modeli genetik algoritmadan yararlanarak çözmüş ve bir simülasyon uygulaması çerçevesinde modelin geleneksel öncelik kurallarından daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir.

Kalanelitari ve ark. (2011) çalışmalarında müşteri profilini göz önünde bulundurarak hem sipariş kabul/reddetme kararına destek olacak hem siparişlere öncelik tanımlamayı kolaylaştıracak bir fuzzy TOPSIS yöntemi kullanılmışlardır. Önerilen yaklaşımda müşterinin firmaya parasal katkısı, sipariş sıklığı, müşteri itibarı, müşteri sadakati ve müşteri iletişimini dikkate alarak siparişlere öncelik tanımlanmıştır.

Rajabinasab ve Mansour (2011) tarafından yapılan çalışmada esnek atölye tipi üretim ortamında üretim çizelgelemesi için feromen tabanlı çoklu etmen sistemi gelişitirilmiş olup literatürde mevcut olan beş kuralla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak daha iyi performans gösterdiği öne sürülmüştür.

Jagan ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada tek makineli üretim hattında işlerin erken çıkması ve gecikmesi için belirlenen ceza oranlarından oluşan bir net ceza denklemi kurulmuştur. En kısa işlem süresi (SPT), İlk gelen ilk hizmet alır (FCFS) ve En uzun işlem süresi (LPT) kuralları iş sıralama kuralları olarak kullanılmıştır. Net ceza değerini minimize etmek için genetik algoritma, arı kolonosi ve parçacık sürü optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak LPT kuralının bütün yöntemlerde en iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır.

Baruwa ve Pirea (2016) yaptıkları araştırmada üretim çizelgelemesi ve malzeme taşımasında kullanılan AGV araç çizelgelemesi problemlerini tek problem olarak ele almakta olup problemin çözümü için zamanlanmış renkli Petri ağları algoritmasını kullanarak eş zamanlı çizelgeleme yaklaşımı önermişlerdir. Önerdikleri yaklaşımının işlerin tamamlanma zamanı ve son işin bitiş zamanı açısından geleneksel çizelgeleme kurallarından daha iyi sonuç verdiğini vurgulamışlardır.

Lödding ve Piontek (2017) tarafından yapılan çalışmada üretimin siparişe göre yapıldığı bir ortamda siparişlerin sıralama politikalarından En erken teslim Tarihi (EDD) kuralı incelemeye alınmış olup, bu kuralın verimliği araştırılmıştır.

Aktürk ve Gülseçen (2018), tarafından yapılan çalışmada siparişleri sıralayan, sipariş tutarı ve sipariş için teslim süresini hesaplayan bir karar destek modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan model yedi farklı yöntem için denenmiş olup en başarılı yöntem Moora referans noktası, en başarısız yöntem ise ilk gelen ilk hizmet görür (FCFS) ve en erken teslim edilecek iş (EDD) yöntemleri olduğu ispatlanmıştır.

2.4. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

Teslim tarihi atama problemini ele alan araştırmacılar, genellikle teslim tarihinden kaynaklı oluşan maliyetleri en aza indirmek dinamik ve sezgisel modelleri kurup basit optimizasyon yöntemleri veya yapay zeka yaklaşımları kullanarak çözüm elde etmişlerdir. Bazı araştırmacılar da teslim tarihini belirlemek amacıyla işin bitiş zamanını tahminlemiş bu tahminleme için geleneksel tahmin yöntemleri, regresyon modelleri veya benzetim modellerinden faydalanmışlardır. Teslim tarihi belirleme de kullanılan kuralların performansını değerlendirmek için yapılmış çalışmalar da genellikle simülasyon uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Teslim tarih atama problemini üretim çizelgemesi ile entegre bir şekilde ele alan araştırmacılar da probleme yapay zeka yöntemleri ile çözüm arayışında bulunmuşlardır.

Literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalarda AGV sistemleri üzerinde yapılmış olanlar genel olarak, AGV'lerin kullanımı ve üretime olan katkılarının incelenmesi, tek yüklü araçla çok yüklü aracın üretimin üzerinde olan etkisinin incellenmesi, çok yüklü araçlar için yük kapasitesinin en iyilemesi, araç sayısının en iyilemesi, araç etkinliğinin artırılması, araç rotalaması, araç çizelgelemesi, MAGV sistemlerin dört temel probleminden en az birine en iyi çözümün aranması ve araç ataması gibi amaçlarla yapılmış çalışmalardır.

Makine önünde işlerin sıralamasını konu olarak ele alınan çalışmalarda problemin çözümü için fazlaca dinamik ve statik yöntem geliştirilmiş ve diğer kurallarla kıyaslanmıştır. Farklı üretim ortamları için farklı yöntemler denenmiş ve farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasındaki amaç esnek üretim sistemlerinde AGV sistemlerin yönetimi, bu üretim ortamında gelen işler için uygun teslim tarihinin belirlenmesi ve üretim hattında işlerin sıralanması olduğundan önceki çalışmalar bu açılardan değerlendirilmiştir. Bu üç unsuru birlikte ele alan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın uygulama kısmı için bir veri setine ihtiyaç duyulmuştur. Bu veri setini kullanarak simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Modelleri birbirinden ayıran özellikler aşağıda sıralanmıştır:

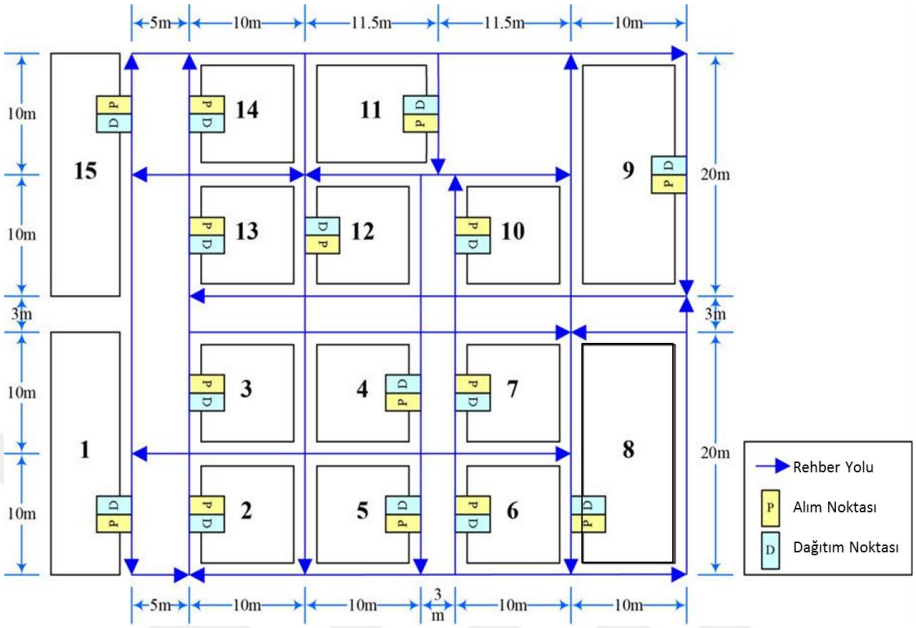
1. Teslim tarihi belirleme kuralı,
2. MAGV görev belirleme kuralı,
3. MAGV dağıtım noktası seçme kuralı,
4. MAGV alım noktası seçme kuralı,
5. MAGV yük seçme kuralı ve
6. Makine öncelik kuralı.

Bu özellikler dikkate alınarak oluşturulan modellerin performasını ölçmek için ortalama akış süresi, ortalma çıktı sayısı, ortalama geç çıkma süresi, ortalama erken çıkma süresi ve ortalama sapma süresi performans ölçütleri olarak belirlenmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Veri Seti

Atölye düzeni olarak Ho ve ark. (2012), çalışmalarında kullandıkları atölye düzeni kullanılmıştır. Şekil 3.1'de atölye düzeni gösterilmiştir. Atölye 15 noktadan oluşmakta olup 1. ve 15. noktaları sırasıyla atölyenin giriş ve çıkış noktasıdır. Diğer noktalar iş istasyonları göstermektedir. Her iş istasyonu için AGV bir noktaya gittiğinde ilk önce iş bırakma noktasına sonradan da iş alma noktasına varmaktadır.



Şekil 3.1. Atöyle düzeni (Ho ve ark., 2012)

Sistemde 10 çeşit iş tipi mevcuttur. Bu işlerin sıklık yüzdesi ve operasyon sırası Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İşlerin sıklık yüzdesi ve operasyon sırası (Ho ve ark., 2012)

İş Tipi	Sıklık %	Operasyon Sırası (İş istasyonu)
1	10	1-2-3-5-6-7-9-10-11-13-15
2	15	1-2-3-4-7-8-9-10-11-12-13-15
3	5	1-3-4-5-6-7-8-10-11-14-15
4	7	1-3-5-8-9-10-11-12-13-14-15
5	15	1-2-3-4-7-9-10-12-13-14-15
6	11	1-2-3-5-6-7-8-11-12-14-15
7	8	1-2-3-4-9-10-11-12-13-15
8	9	1-2-4-5-8-9-10-11-13-14-15
9	13	1-4-5-7-8-9-10-11-12-14-15
10	7	1-5-6-7-8-9-10-11-12-14-15

Ho ve ark. (2012) çalışmalarında makine işlem süreleri hakkında herhangi bir bilgi vermemektedirler. Dolayısıyla makine işlem süreleri için Ho ve Chein (2006)'in benzer bir atöyle düzenini kullanarak yaptıkları bir çalışmadaki işlem sürelerinden rastgele sayı üretilerek elde edilmiştir. Bu rassallık Gnanavelbabu ve ark. (2010) çalışmalarında önerdikleri yönteme göre uygulanmıştır. Gnanavelbabu ve ark. (2010) çalışmalarında AGV'nin etkisini görebilmek için toplam transfer süresi/toplam işlem süresi oranın 0.25'ten büyük olması gerektiğini söylemektedirler. İşlem süreleri Normal (μ, σ) dağılıma uymaktadır, μ ve σ sırasıyla işlem süresi için ortalama ve standart sapmayı temsil etmektedir. Rastgele işlem sürelerinin üretilmesi, toplam transfer süresinin toplam işlem süresine olan oranın 0.25'ten büyük olması koşulu sağlanana kadar tekrar edilmiştir. Normal dağılıma sahip olan bir veri seti negatif değer alabilme özelliğine sahiptir. Bu durumdan olumsuz etkilenmemek için üretilen işlem sürelerinin negatif değer alabilme olasılığı hesaplanmıştır. Normal dağılama sahip olan bir değişkenin belli bir sayıdan az olma olasılığını hesaplayan förmül Denklem 3.1'de verillmiştir.

$$P(X<x)=P(Z<\frac{x-\mu}{\sigma}) \quad (3.1)$$

Bu denkleme göre üretilen işlem sürelerinin 0'dan daha küçük olma olasılıkları hesaplanmıştır. Çizelge 3.2'de işlem sürelerine ait ortalama, standart sapma ve üretilen sayıların 0 değerinden küçük olma olasılıkları verilmiştir. Buna göre üretilen tüm işlem süreleri 0 değerinden büyük olmaktadır. Bu sonuç işlem sürelerinin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.2. Makine işlem süreleri

Makine	İşlem Süresi (Dakika)		P(X<=0)
	μ	σ	
2	2	0,2	0
3	1,71	0,09	0
4	2	0,2	0
5	1,23	0,30	0
6	1,5	0,15	0
7	1	0,1	0
8	1	0,1	0
9	2	0,2	0
10	1,25	0,11	0
11	1,5	0,15	0
12	1,5	0,15	0
13	1	0,1	0
14	2	0,2	0

3.1.2. Performans Ölçütleri

Üretim sistemlerini konu olarak elen alan ve simülasyon çalışması yapan araştırmacılar sistem performansını birçok ölçüt açısından değerlendirilmişlerdir. Üretim çizelgeme kapsamında yapılan çalışmalar genellikle biten iş sayısı (çıktı sayısı), birim işi bitirme süresi (akış süresi) ve tüm işleri bitirme süresi (makespan) ölçütleri sistem performansını değerlendirmek üzere kullanmaktadır. Teslim tarihi belirleme problemini ele alan araştırmacılar ise genellikle birim işin gecikme süresi, en yüksek gecikme süresi, gecikme oranı ve birim işin erken çıkma süresi ve bu sürelerden oluşan maliyet fonksiyonlarını performans ölçütü olarak kullanmışlardır. İşlerin gecikme süresi ve erken çıkma süresi birbiri ile ters orantı olan iki performans ölçütüdür. Maliyet açısından bakılırsa her iki ölçütün yüksek olması maliyete olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Dolayısıyla her ikisinin düşük olması istenir. Bu iki ölçütün çelişkisini dikkate alarak başka bir performans ölçütü kurulmuştur. Bu performans ölçütü bir işin teslim edilmesi gereken zamandan (artı

veya eksi yönde) sapmasını ölçmektedir. Bu performans ölçütü sapma süresi olarak nitelendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında bir üretim sistemi modelinde biten iş sayısı, akış süresi, gecikme süresi, erken çıkma süresi ve sapma süresi performans ölçütü olarak kullanılmıştır.

Birim işin gecikme süresi, erken çıkması, sapma süresi ve akış süresinin hesaplama mantığı sırasıyla Denklem 3.2 Denklem 3.3 Denklem 3.4 ve Denklem 3.5'te verilmiştir. Denklemlerde Trd_j, Erl_j, Sp_j ve Flt_j sırasıyla j. işin gecikme süresi, erken çıkma süresi, sapma süresi ve akış süresini; Ts_j, j. işin bitiş zamanını; D_j, j. işin teslim tarihini ve A_j, j. işin sisteme giriş zamanını temsil etmektedir.

$$Trd_j = \max\{0, (Ts_j - D_j)\} \tag{3.2}$$

$$Erl_j = \max\{0, (D_j - Ts_j)\} \tag{3.3}$$

$$Sp_j = \left|Ts_j - D_j\right| \tag{3.4}$$

$$\mathrm{Flt_j} = \mathrm{Ts_j} - \mathrm{A_j} \tag{3.5}$$

3.1.3. Varsayımlar

Çalışmada varsayılan noktalar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Sistemde MAGV'ler kullanılmakta olup her araç 4 yük alabilme kapasitesine sahiptir.
- Araç saysısı sabit ve 3'tür.
- AGV çalışma prensibi İstasyon Merkezlidir.
- Bir AGV çağrılırken en yakın araç (NV) kuralı kullanılmaktadır.
- Her istasyonun yük alma, yük bırakma ve bekleme yeri vardır

- İşlerin sisteme gelişler arası süre Üstel (ort:5 dk) dağılımına uymaktadır.
- AGV hızı 20 m/dk olarak sabitlenmiştir.
- Her istasyonda tek makine mevcuttur, her makine aynı anda tek işi işleme alabilmektedir.
- Bir yükün indirilmesi veya yüklenmesi için gereken zaman 30 saniye olarak belirlenmiştir.

3.2. Metot

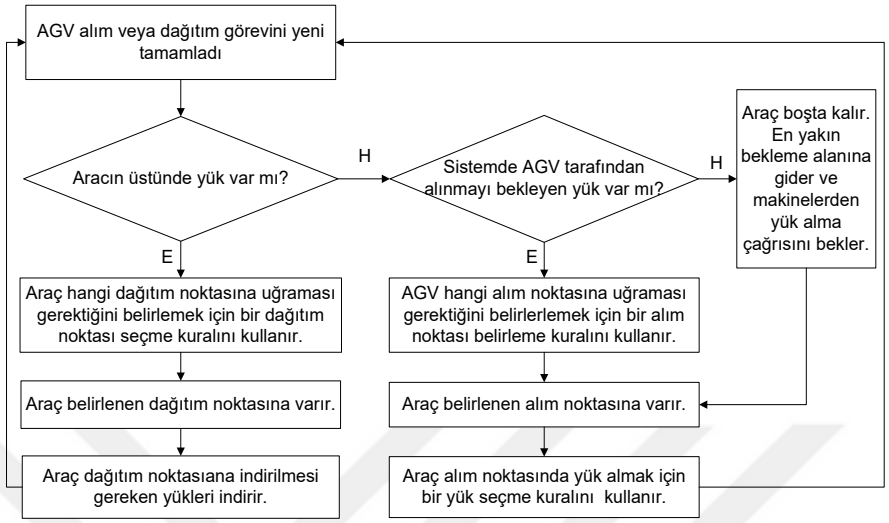
Bu çalışmada ele alınan teslim tairihi belirleme problemi, MAGV yönlendirme problemi ve makine önü iş sıralama problemleri için literatürde kurallar önerilmiştir. Önerilen bu kural bu bölümde anlatılmıştır.

3.2.1. MAGV Görev Belirleme Kuralları

Bir MAGV alım veya dağıtım görevlerini bitirdikten sonra bir sonraki görevinin alım veya dağıtım olacağına karar verilmesi gerekmektedir. Bu kararı vermek için araştırmacılar tarafından birkaç kural önerilmiştir. Ho ve Chein (2006) tarafından yapılan çalışmada bu problem için en iyi kuralın DTF kuralı olduğu belirtilmektedir. Demirtaş (2019) yaptığı çalışmada DTF kuralına nazaran daha iyi sonuç veren NDTF adıyla yeni bir kural önerilmiştir. Bu tez çalışmasında MAGV görev belirleme problemi için Ho ve Chein (2006) tarafından önerilen DTF ve Demirtaş (2019) tarafından önerilen NDTF kuralı kullanılmıştır. Bu kurallar şu şekildedir:

1. İlk Önce Dağıtım Görevi (DTF)

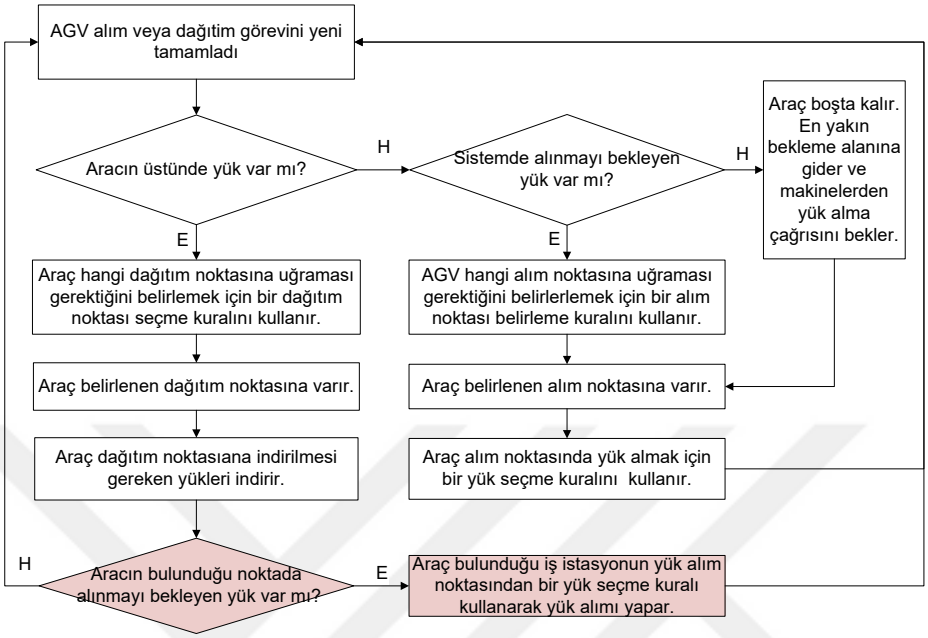
MAGV konusunu ele alan çoğu araştırmacı bu kuraldan bahsetmektedir. Bu kurala göre kısmen dolu olan bir MAGV iş alım ve iş bırakma görevlerinin her ikisi mevcut olsa bile ilk önce iş dağıtım görevini seçer. DTF kuralının algoritması Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. DTF kuralın iş akış diyagramı (Ho ve Chein, 2006)

2. DTF kuralında Dağıtımdan sonra Alım Görevi (NDTF)

Bu kuralın tanımlanması için DTF kuralının dikkatli incelenmesi gerekmektedir. DTF kuralına göre boş bir MAGV ilk olarak iş alım görevini seçmektedir, AGV bekleyen bir noktaya gidip yükü almaktadır. Üzerinde yük olduğunda sonraki görevi iş dağıtım olarak seçerek yükün boşaltılması gereken noktaya gidip üzerindeki yükü bırakmaktadır. Bu aşamada DTF kuralı çerçevesinde karar veren MAGV için iki durum söz konusudur; üzerinde başka yük varsa o yükü bırakma görevini seçer, eğer ki boş ise iş alım noktası seçme kurallarına uyuyarak iş alım görevine yönelir. Fakat her iki durumda bulunduğu iş istasyonunda MAGV bekleyen bir yük, MAGV'nin bir sonraki görevini etki etmemektedir. NDTF kuralı bu aşamada MAGV'ye bulunduğu noktadan yük alabilme yetkisini vermektedir. Kuralın daha anlaşılabilir olması için Şekil 3.3'te NDTF algoritması verilmiştir.



Şekil 3.3. NDTF kuralın iş akış diyagramı (Demirtaş, 2019)

3.2.2. AGV Dağıtım Noktası Seçme Kuralları

MAGV sisteminin ikinci problemi olarak bilenen bu aşamada aracın üzerinde birden fazla yük olduğunda ilk önce hangi yükün dağıtılması gerektiğine dair bir kararın verilmesi için araştırmacılar tarafından birçok kural önerilmiştir. Ho ve Chein (2006) çalışmalarında bu problem için literatürde bulunan kuralları birbiri ile kıyaslamalı bir biçimde ele alıp en iyi sonuç veren 3 kuralın en kısa mesafe (SD), kalan işlem süresi en küçük olan iş (SRPT) ve karma kuralı (CM) olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da AGV dağıtım noktası seçme problemi için bu 3 kural + teslim tarihi en yakın olan iş (EDD) kuralı ele alınmıştır. EDD kuralın ele alınmasının sebebi tezin ana konusu olan teslim tarihi belirleme prensibinin etkisini incelemektir.

1. En Yakın Mesafe (SD)

MAGV'nin bulunduğu konumdan üzerinde olan her yükün hedef istasyonuna kadar mesafe hesaplanır ve en az mesafeye sahip olan iş ilk önce dağıtılacaktır.

2. Kalan İşlem Süresi En Düşük Olan İş (SRPT)

MAGV'nin üzerinde mevcut olan her yükün kalan işlem süresi hesaplanır ve en düşük süreye sahip olan iş ilk önce dağıtılacaktır.

3. Karma Kuralı (CM)

Bu kural SD ve SRPT kurallarının birleşmesinden oluşmaktadır. MAGV dağıtım noktası seçilirken aracın üzerinde bulunan her yük için kalan operasyon sayısı/toplam operasyon sayısı oranı kontrol edilir, 0,5'ten küçük veya eşit bir orana sahip olan işler öncelik kazanır (birden fazla iş bu önceliğe sahip ise aralarından bir işin seçilmesi için SRPT kuralı uygulanır). Eğer ki bütün yükler için hesaplanan oran 0,5'ten büyük ise o zaman SD kuralına başvurulur.

4. Teslim Tarihi En Yakın Olan İş (EDD)

MAGV'nin üzerinde bulunan yüklerin teslim tarihleri birbiri ile kıyaslanır ve en yakın zamanda teslim edilmesi gereken iş ilk önce dağıtılacaktır.

MAGV dağıtım görevi için dağıtım noktası seçilirken kullanılan kurala göre iki veya daha fazla yük aynı önceliğe sahipse rastgele biri seçilir (CM haricindeki kurallar için geçerlidir).

3.2.3. MAGV Alım Noktası Seçme Kuralları

Bir MAGV sisteminde rastlanan diğer problem ise alım noktası seçmektir. Bu problemin çözümü için de araştırmacılar tarafından kurallar önerilmiştir. Ho ve Liu (2006) bu kuralları birbiri ile kıyaslayıp en iyi sonuç veren 3 kuralın GOQ, LWPT ve SD olduğunu söylemektedirler.

Bu çalışmada AGV "İstasyon-Merkezli" yaklaşımı ile çalışmaktadır. Dolayısıyla alım noktası seçilirken aday noktalar kümesi o AGV'yi çağrıda bulunan noktaları kapsamaktadır.

1. En Uzun Kuyruğa Sahip Olan Nokta (GOQ)

AGV'yi çağıran noktalardan çıktı kuyruğunda en fazla iş barındıran nokta alım noktası olarak seçilir.

2. Kuyrukta En Fazla Bekleyen İşi Barındıran Nokta (LWPT)

AGV'yi çağıran noktalardan çıktı kuyruğunda en uzun süre bekleyen işi barındıran nokta alım noktası olarak belirlenir.

3. En Yakın Nokta (SD)

AGV'yi çağıran noktalardan, AGV'nin mevcut konumuna en yakın olan nokta alım noktası olarak seçilir.

MAGV alım görevi çin alım noktası seçilirken kullanılan kurala göre iki veya daha fazla nokta aynı önceliğe sahipse rastgele biri seçilir.

3.2.4. MAGV Yük Seçme Kuralları

MAGV sisteminde dördüncü problem, bir aracın alım noktasına vardığında taşınmayı bekleyen yük sayısı birden fazla olduğu zaman yüklere tanımlanması gereken öncelik politikasıdır. Ho ve Liu (2006) çalışmalarında bu problem için ID ve FIFO kurallarını önermiştir. Demirtaş (2019) ise ID kuralını yeniden tasarlayarak yeni bir ID kuralı önermektedir. Bu tezde ise Demirtaş (2019) tarfından önerilen F_ID_F ve FIFO kuralının yanı sıra EDD kuralı da ele alınmıştır.

1. İlk Gelen İlk Çıkar (FIFO)

İstasyonun çıktı kuyruğuna ilk giren yük ilk önce alınmalıdır.

2. Teslim Tarihi En Yakın Olan (EDD)

İstasyonun çıktı kuyruğundaki yüklerden teslim tarihi en yakın olan yük ilk önce alınmalıdır.

3. Belirli Hedef İstasyonuna Sahip Olan (F_ID_F)

Bu kurala göre bir AGV için yük seçimi yapılırken üzerinde mevcut olan yüklerin hedef istasyona benzer hedef istasyona sahip olan yüklere öncelik tanımlanır. İstasyonun çıktı kuyruğunda bekleyen yüklerden bu özeliğe sahip olan tüm yük aldıktan sonra AGV üzerinde hala boş yer varsa ve kuyrukta da bekleyen yük varsa, AGV tam dolana kadar veya kuyrukta bekleyen yükler bitene kadar ilk gelen ilk çıkar kuralı uygulanır. Fakat AGV üzerinde yük bulundurmuyorsa bu kuraldan faydalanmak için ilk önce FIFO kuralına göre bir yük seçilir ve daha sonra bu kural uygulanır.

AGV yük seçimi yapılırken kullanılan kurala göre iki veya daha fazla yük aynı önceliğe sahipse çıktı kuyruğuna en erken giren yük seçilir.

3.2.5. Termin Süresini Belirleme Kuralları

Bir iş sisteme giriş yaptığı anda o iş için teslim tarih atama problemi birçok araştırmacı tarafından ele alınmış ve belirli kurallar önerilmiştir. Bu kurallar şu şekilde sıralanmıştır:

1. Toplam İş Yükü (TWK)

Sisteme yeni girmiş bir işin bütün işlem süreleri toplanır ve (regresyon analizi sonucunda elde edilmiş) sabit bir katsayısı ile çarpılır. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.6'da gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresi ve k ise sabit katsayısını temsil etmektedir.

$$D_j = A_j + k * \sum P_j \quad (3.6)$$

2. Operasyon Sayısı (NOP)

Sisteme yeni girmiş bir işin operasyon sayısı (regresyon analizi sonucunda elde edilmiş) sabit bir katsayısı ile çarpılır. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.7'de gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; M_j, j. işin operasyon sayısını ve k ise sabit katsayısını temsil etmektedir.

$$D_j = A_j + k * M_j \quad (3.7)$$

3. Toplam İş Yükü + Operasyon Sayısı (TWK+NOP)

Sisteme yeni girmiş bir işin toplam işlem süresi ve operasyon sayısı belirli katsayılarla çarpılıp toplanır. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.8'de gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresi; M_j, j. işin operasyon, k_1 ve k_2 ise sırası ile toplam işlem süresi ve operasyon sayısı için sabit katsayısını temsil etmektedir.

$$D_j = A_j + k_1 * \sum P_j + k_2 * M_j \quad (3.8)$$

4. Kuyruktaki İş Sayısı (JIQ)

Sisteme yeni girmiş bir işin toplam işlem süresi ve işin gideceği istasyonların toplam kuyruk uzunluğu belirli katsayılarla çarpılıp toplanır. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.9'da gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresi; $\sum Q_j$, j. işin gideceği istasyonların kuyruk uzunluğun toplamını, k_1 ve k_2 ise sırası ile toplam işlem süresi ve toplam kuyruk uzunluğu için sabit katsayısını temsil etmektedir.

$$D_j = A_j + k_1 * \sum P_j + k_2 * \sum Q_j \quad (3.9)$$

5. Kuyruktaki İş Yükü (WIQ)

Sisteme yeni girmiş bir işin toplam işlem süresi ve işin gideceği istasyonlarda bekleyen işlerin o istasyonda göreceği işlem sürelerinin toplamı belirli katsayılarla çarpılıp toplanır. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.10'da gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresi; $\sum Wq_j$, j. işin gideceği istasyonlarda bekleyen işlerin o istasyonda göreceği işlem sürelerinin toplamını, k_1 ve k_2 ise sırası ile toplam işlem süresi ve kuyruktaki toplam iş yükü için sabit katsayısını temsil etmektedir.

$$D_j = A_j + k_1 * \sum P_j + k_2 * \sum Wq_j \quad (3.10)$$

6. Sabit Teslim Tarihi (CON)

Sisteme giriş yapan tüm işler için sabit bir termin süresi belirlenir. Kuralın hesaplama mantığı Denklem 3.11'de gösterilmiştir. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihi; A_j, j. işin sisteme giriş zamanı; C sabiti ise eski verilere göre hesaplanmış termin süresidir.

$$D_j = A_j + C \quad (3.11)$$

7. Aylak Süresi (SLK)

Sisteme giriş yapan işlere termin süresi belirlemek için Denklem 3.12'de verilen fonksiyondan faydalanır. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihini; A_j, j. işin sisteme giriş zamanını; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresini temsil etmektedir. C ise eski verilere göre hesaplanmış sabit bir sayıdır.

$$D_j = A_j + \sum P_j + C \quad (3.12)$$

8. Toplam İş ve Aylak Süre (PPW)

Sisteme giriş yapan işlere termin süresi belirlemek için Denklem 3.13'ta verilen fonksiyondan faydalanır. Denklemde D_j, j. işin teslim tarihini; A_j, j. işin sisteme giriş zamanını; $\sum P_j$, j. işin toplam işlem süresini ve M_j, j. işin operasyon sayısını temsil etmektedir. k_1 ise eski verilere göre hesaplanmış sabit bir katsayıdır.

$$D_j = A_j + \sum P_j + k_1 * M_j \quad (3.13)$$

Teslim tarihi belirleme kurallarında bulunan sabit katsayıların nasıl hesaplandığına dair metot kısmında detaylı bilgi verilmiştir.

3.2.6. Teslim tarihi belirleme kurallarının parametrelerinin hesaplanması

Teslim tarihi belirleme problemin çözümü için kullanılan kuralların çoğunda k katsayıları veya C sabit sayıları bulunmaktadır. Bu katsayıların belirlenmesinde araştırmacıların çoğu basit regresyon modellerinden faydalanmaktadırlar. Bu regresyon modellerinin oluşturulması için eski verilere ihtiyaç duyulur. Bu tezde kullanılan üretim sistemi farazi (literatürden alınan) bir sistem olduğundan herhangi bir veri mecvut değildir. Bu verileri elde etmek için aynı varsayımlar altında herhangi bir teslim tarihi belirlemeden simülasyon çalışması yapılmıştır. Bu simülasyon çalışması sonucunda ham veri elde edilmiştir. Bu veriler sadece kuralların parametlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Gerçekleşebilir bir teslim tarihin atanması için işlerin akış süresini tahmin etmek gerekir. Teslim tarihi belirleme kurallarındaki parametler 3 farklı tahminleme yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu tahminleme yöntemleri ile eldeki verilerden akış süresi için bir tahminleme fonksiyonu oluşturulmuştur. Her

yöntemden farklı fonksiyonlar elde edilmiştir. Bu fonksiyonlardan birisine karar kılmak için tahmin hata analizine başvurulmuştur. Tahmin hata analizi üzerinde araştırma yapan Shcherbakov ve ark. (2013) birçok tahmin hata ölçümünü ele almıştır. Shcherbakov ve ark. (2013) çalışmasında verilerin gerçek olmadığı (sanal yöntemlerle oluşturduğu) ve/veya veri setinde sapan değerlerin mevcut olduğu durumda tahminleme yönteminin performansını ölçmek için ortalama ölçeklendirilmiş mutlak hata (MASE) ölçümünün diğer hata ölçümlerinden daha etkili olduğunu söylemektedir. Dolayısıyla bu çalışmada da kullanılan üç farklı yöntemden en küçük MASE değerine sahip olan yöntem seçilmiştir. MASE değerini hesaplama mantığı Denklem 3.14'te verilmiştir. Denklem 3.14'te, n veri setin büyüklüğünü; Flt_j, j. işin gerçek akış süresini ve $\widetilde{Flt_j}$, j. işin tahmini akış süresini göstermektedir.

$$\text{MASE} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\left|Flt_j - \widetilde{Flt_j}\right|}{\frac{1}{n-1}\sum_{i=2}^{n}|Flt_i - Flt_{i-1}|} \tag{3.14}$$

Akış süresi için tahminde bulunup kurallara uygun parametrelerin belirlenmesi için sabit terimli regresyon modeli, sabit terimsiz regresyon modeli ve optimizasyon modeli olacak şekilde 3 farklı model oluşturulmuştur.

Sabit terimli regresyon modeli SPSS programı yardımı ile oluşturulmuştur. Sabit terimsiz regresyon modelin oluşturulmasında MATLAB programının Regress fonksiyonundan faylanılmıştır.

Teslim tarihi belirleme kurallarının performansını ölçmek için sistemin ortalama gecikme süresi ve ortalama erken çıkma süresi olacağından dolayı, kuralların parametrelerinin belirlenmesi için 3. yöntem olarak bu performans ölçütlerini en iyileyecek bir matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde her iki performans ölçütüne eşit derecede ağırlık verilmiştir. Bu matematiksel model her kural için ayrı tasarlanmış olup, amaç fonksiyonu olarak

ortalama gecikme süresini + ortalama erken çıkma süresini (sapma süresini) en aza indirecek bir yapıya sahiptir.

- **İndisler**

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

- **Veriler**

Flt_j: j. işin gerçekleşen akış süresi

- **Karar değişkeni**

$\widetilde{Flt_j}$: j. işin tahmini akış süresi (kurala göre farklılık göstermektedir)

- **Amaç Fonksiyonu**

-

$$Min\ Z = \frac{1}{n}\sum_{j} \max\left(0, Flt_j - \widetilde{Flt_j}\right) + \frac{1}{n}\sum_{j} \max\left(0, \widetilde{Flt_j} - Flt_j\right) \qquad (3.15)$$

Bu modellerden elde edilen tahminleme fonksiyonları bulgular bölümünde verilmiştir.

3.2.7. Makine Öncelik Kuralları

Chiang ve Fu (2007) yaptıkları çalışmada makine öncelik sıralama problemi için 18 çözüm kuralını ele alıp birbiri ile kıyaslamalışlardır. Çalışmalarında yaptıkları simülasyon uygulaması ve istatistik analizleri neticesinde en iyi sonuç veren 5 çözüm kuralı bu tez çalışmasında kullanılmıştır. Birçok araştırmacı tarafından ele alınıp iyi sonuç verdiği söylenen FIFO kuralı da tezin bu bölümüne eklenmiştir. Ayrıca tezin konusu teslim tarihi belirleme olduğundan EDD kuralının etkisinin incelenmesi için bu bölüme eklenmiştir. Makine önü iş sıralama problemi için ele alınan tüm çözüm kuralları aşağıda sıralanmıştır.

1. İlk Gelen İlk Çıkar (FIFO)

İstasyonun girdi kuyruğuna ilk giren yük ilk önce işleme alınmalıdır.

2. Teslim Tarihi En Yakın Olan (EDD)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işlerden teslim tarihi en yakın olan iş ilk önce işleme alınmalıdır.

3. Operasyon ve Teslim Tarihi (ODD)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işler için ODD değeri hesaplanır en küçük ODD değerine sahip iş seçilir. ODD değerin hesplama mantığı Denklem 3.16'da verilmiştir. j. iş için ODD değerinin hesaplandığı bu denklemde D_j, j. işin teslim tarihini; Tn, o anki zamanı; Rp_j, j. işin toplam kalan işlem süresini (kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem dahil) ve P_j ise j. işin kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem süresini temil etmektedir. C_{ODD} Sabit bir katsayısıdır.

$$ODD_j = D_j - \mathrm{Tn} - C_{ODD} * (Rp_j - P_j) \quad (3.16)$$

Chiang ve Fu (2007) C_{ODD} katsayısı için farklı değerleri deneyip C_{ODD}=2 olduğu durumda kuralın iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında da C_{ODD} katsayısı için 2 değeri atanmıştır.

4. Sonraki Operasyon Süresi (WINQ)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işler için bir sonraki operasyonda göreceği işlem süresi birbiri ile kıyaslanıp en düşük operasyon süresine sahip olan iş seçilecektir. Son operasyonu için işlem bekleyen işlerin bir sonraki operasyon süresi 0 olarak hesaplanır.

5. Aylak Süresi (SLACK)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işler için aylak süresi (SLCK değeri) hesaplanır en küçük aylak süresine sahip olan iş seçilir. SLCK değerinin hesaplama mantığı Denklem 3.17'de verilmiştir. j. iş için SLCK değerinin hesaplandığı bu denklemde D_j, j. işin teslim tarihini; Tn, o anki zamanı ve Rp_j, j. işin toplam kalan işlem süresini (kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem dahil) temsil etmektedir.

$$SLCK_j = D_j - Tn - Rp_j \tag{3.17}$$

6. İşlem süresi, Bekleme süresi, Oprasyon süresi ve Teslim tarihi (PQOD)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işler için PQOD değeri hesaplanır en küçük PQOD değerine sahip iş seçilir. PQOD değerinin hesaplama mantığı Denklem 3.18'de verilmiştir. j. iş için PQOD değerinin hesaplandığı bu denklemde P_j, j. işin kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem süresini; Qw_j, j. işin bulunduğu kuyrukta bekleme süresini; D_j, j. işin teslim tarihini; Tn, o anki zamanı ve Rp_j, j. işin toplam kalan işlem süresini (kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem dahil) temil etmektedir. C_{PQOD} Sabit bir katsayısıdır.

$$PQOD_j = P_j + Qw_j + D_j - Tn - C_{PQOD} * (Rp_j - P_j) \tag{3.18}$$

7. İşlem süresi, Bir sonraki operasyon süresi ve Aylak süresi (PWS)

İstasyonun girdi kuyruğundaki işler için PWS değeri hesaplanır en küçük PWS değerine sahip iş seçilir. PWS değerinin hesaplama mantığı Denklem 3.19'de verilmiştir. j. iş için PWS değerinin hesaplandığı bu denklemde P_j, j. işin kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem süresini; $P2_j$, j. işin bir sonraki operasyonda göreceği işlem süresini (iş son operasyonu için işlem bekliyorsa bu

değer 0 olarak hesaplanır); D_j, j. işin teslim tarihini; Tn, o anki zamanı ve Rp_j, j. işin toplam kalan işlem süresini (kuyruğunda bulunduğu makinede göreceği işlem dahil) temsil etmektedir.

$$PWS_j = P_j + P2_j + D_j - Tn - Rp_j \quad (3.19)$$

Makine önü sıralama kurallarına göre eğer iki ya da daha fazla sayıda iş aynı öncelik değerine sahip ise, tek işi seçmek FIFO kuralı uygulanır.

3.2.8. Problemlerde kullanılan kuralın şeması

Çalışmanın araştırma konusu olan problemler için kullanılan kurallar Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan kurallar

Sno	T[1]	G[2]	D[3]	A[4]	Y[5]	M[6]
1	TWK	DTF	SD	GOQ	FIFO	FIFO
2	NOP	NDTF	SRPT	LWPT	EDD	EDD
3	TWK+NOP		CM	SD	F_ID_F	ODD
4	JIQ		EDD			WINQ
5	WIQ					SLACK
6	CON					PQOD
7	SLK					PWS
8	PPW					

[1] T: Teslim tarihi belirleme kuralı
[2] G: Görev belirleme kuralı
[3] D: Dağıtım noktası seçme
[4] A: Alım noktası seçme kuralı
[5] Y: Yük seçme kuralı
[6] M: Makine öncelik kuralı

Çalışmada 8 adet teslim tarihi belirleme kuralı, 2 adet görev belirleme kuralı, 4 adet dağıtım noktası seçme kuralı, 3 adet alım noktası seçme kuralı, 3 adet yük seçme kuralı ve 7 adet makine önü iş sıralama kuralı kullanılarak bunların

kombinasyonlarından 4032 (8*2*4*3*3*7) adet simülasyon modeli oluşturulmuştur.

3.2.9. En kısa Yol Problemi

Çalışmada baz alınan atölye düzeni hakkında Ho ve Chein (2012) tarafından bilgi verilmiştir. Ancak bu bilgiler bir model oluşturmak için yetersizdir. AGV'lerin bir istasyondan başka bir istasyona gitmesi için yollar gösterilmiştir ama rota hakkında herhangi bir bilgi mevcut değildir. AGV sistemlerinde bir aracın hedef noktası belirlendiği zaman, AGV bulunduğu noktadan hedef noktasına gitmek için en kısa rotayı hesaplamaktadır (Ezzy ve ark., 2020). Bu çalışmada da AGV'nin bir noktadan başka bir noktaya gitmesi için noktalar arası en kısa rotanın oluşturulması gerekmektedir. Bunun için ilk önce istasyonların konumlarını ve yolların yönlerine dikkate alınarak bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu optimizasyon çalışmasının amacı herhangi bir istasyondan herhangi başka bir istasyona gitmek için kullanılacak en kısa rotayı bulmaktır.

Atölye düzeninde verilen bilgilere göre iki istasyon arasında doğrudan yol olup olmadığı bilgisi elde edilmiştir. Bu bilgi Ek1'de verilmiştir.

En kısa yolu bulmak için bir metematiksel model oluşturulmuştur. Herhangi bir m. noktasından n. noktasına giden en kısa yolu bulan modelin yapısı şu şekildedir:

- **İndisler**

Noktalar: $i = \{1,2,3,\dots,15\}$

Noktalar: $j = \{1,2,3,\dots,15\}$

- **Veriler**

$$Y(i,j) = \begin{cases} 1 & i.noktasından\ j.noktasına\ giden\ doğrudan\ yol\ varsa \\ 0 & aksi\ halde \end{cases}$$

$$D(i,j) = i.noktasından\ j.noktasına\ olan\ doğrudan\ yolun\ uzunluğu$$

- **Karar değişkeni**

$$X(i,j) = \begin{cases} 1 & i.noktasından\ j.noktasına\ olan\ doğrudan\ yol\ kullanılırsa \\ 0 & aksi\ halde \end{cases}$$

- **Amaç Fonksiyonu:**

$$Min\ Z = \sum_i \sum_j \big(X(i,j) * D(i,j) * Y(i,j)\big) \tag{3.20}$$

- **Kısıtlar:**

1. m. noktadan 1 çıkış yapılması gerek:

$$\sum_j \big(X(m,j) * Y(m,j)\big) = 1 \tag{3.21}$$

2. n. noktaya 1 giriş yapılması gerek:

$$\sum_i \big(X(i,n) * Y(i,n)\big) = 1 \tag{3.22}$$

3. m. ve n. noktaları hariç diğer tüm noktalara giriş yapıldıysa çıkış da yapılması gereklidir:

$$\sum_i \big(X(i,k) * Y(i,k)\big) = \sum_j \big(X(k,j) * Y(k,j)\big)$$

$$k = \{1,2,3,\dots,15\} - \{m,n\} \tag{3.23}$$

Oluşturulan matematiksel modeli GAMS paket programında yazılıp {(m, n) | m≠n; m:1, 2, 3, … , 15; n:1, 2, 3 ,…, 15} kümesinin her elemanı için çalıştırılmıştır. Sonuç olarak her iki nokta arasında en kısa yol bulunmuştur. Elde edilen bu bilgi Ek 2'de verilmiştir.

3.2.10. Simülasyon Modeli

Kuralların performansını ölçmek için simülasyon çalışması yapılmıştır. Çalışmanın verileri ve düzeni Ho ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmadan alındığından simülasyonun parametreleri için onların parametleri referans olarak alınmıştır. Araştırmacılar bu veri seti için 10000 dakikalık simülasyon uzunluğu için 2000 dakikalık ısınma periyodu ve 20 replikasyon saysısının yeterli olduğunu söylemektedirler. Simülasyon çalışması Arena paket programını kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.11. Varyans Analizi

Çalışmanın amacı doğrultusunda problemlerde kullanılan kurallarının arasında herhangi bir farklılığın söz konusu olup olmadığı hakkında fikir saihbi olabilmek için varyans analizleri yapılabilmektedir. Bu anlizler verilerin yapısında göre farklı yöntemler ve testler ile gerçekleşmektedir. Varyans analizinde kullanılan yöntemlerin farklılık gösterdiği en önemli husu verilerin parametrik olup olmadığı faktörüdür. Bir diğer husus ise karşılaştırılan değişkenlerin veri kategorisidir (Yılmaz ve Yılmaz, 2005).

3.2.12. Normallik Testi

Verilerin parametrik olup olmadığı hakkında bilgi saihbi olmak için Normallik testine başvurulmuştur. Normallik testi SPSS programın yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Normallik testinde kurulmuş olan hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0: Veriler Normal dağılmıştır.

H_1: Veriler Normal dağılmamıştır.

3.2.13. Kruskal Wallis Testi

Üç veya daha fazla kategoriden oluşan bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken cinsinden kategorileri arasında fark olup olmadığını test etmek için

genellikle tek yönlü ANOVA testi yapılmaktadır. Ancak ANOVA testinin yapılabilmesi için verilerin normal dağılıma uyması şarttır. Verilerin normal dağılıma uymadığı takdirde ANOVA testi yerine Kruskal Wallis testi uygulanabilmektedir. Kruksal Wallis testi bir değişkenin kategorileri arasında medyan açısından farklılığını incelemektedir ve parametrik olmayan verilerin analizinde kullanılmaktadır (Yılmaz ve Yılmaz, 2005).

Her bir Kruskal Wallias testi için kurulmuş hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0: Söz konusu problemde kullanılan kurallar medyan açısından aynı performansa sahiptirler.

H_1: Kuralların en az birisi diğer kurallardan farklı bir medyana sahiptir.

3.2.14. Mann-Whitney U Testi

Parametrik veri setinde iki bağımsız grubu birbiri ile karşılaştırmak için t-testi kullanılmaktadır, fakat parametrik olmayan veri seti için bu testin kullanılması doğru bir seçim olmayacaktır. Mann-Whitney testi parametrik olmayan iki bağımsız grubu biri biri ile kıyaslamak için kullanılan bir testtir (Yılmaz ve Yılmaz, 2005).

Kruskal Wallis testin sonucunda bir problemde kullanılan kuralların arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı konusunda bilgi sahibi olunabilir fakat söz konusu farkın hangi kurallar için geçerli olup hangi kurallar arasında olmadığı konusunda herhangi bir bilgi edinme şansımız yoktur. Dolayısıyla bu farkın daha detaylı incelenmesi için kuralları ikili grup şeklinde birbiri ile kıyaslanması gerekmektedir. Bu analiz çoklu karşılaştırma testi (Post-Hoc) olarak adlandırılmaktadır. Post-Hoc testlerin çoğu parametrik veriler için geçerlidir ve parametrik olmayan veriler için sağlıklı sonuç vermemektedirler. Dolayısıyla bu farkları öğrenmek için Mann-Withney U testinden faydalanılabilir. Herhangi bir problemin herhangi bir performans ölçütü açısından kurallar arasında bir farklılık

söz konusu ise, ilgili performans ölçütü için kurallar ikili grup şeklinde ele alınmış olup Mann-Withney U testi uygulanmaktadır.

İki kuralın performansını karşılaştıran bir Mann-Whitney testi için kurulmuş olan hipotez aşağıdaki gibidir:

H_0: Her iki kural aynı performansa sahiptir.

H_1: Kurallar farklı performanslara sahiptirler.

3.2.15. Faktöriyel Varyans Analizi

Varyans analizinde problemler birbirinden ayrı bir şekilde ele alınmıştır. Faktöriyel varyans analizi kapsamında bağımlı değişkenler (performans ölçütleri) birden fazla bağımsız değişken (problemler) açısından incelenmiştir. Yapılan analiz SPSS programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin araştırma konusu olan 6 problem için tam faktöriyel varyans analizi ve etkileşim analizi için 2^6-(6+1) adet analizin yapılması gerekmektedir fakat veri seti büyük olduğundan dolayı bu analizlerin hepsinin yapılması güçtür. Dolayısıyla 2 seviyeli faktöriyel varyans analizi ve 3 seviyeli faktöriyel varyans analizi yapılmıştır.

3.2.16. Univariate Testi

Faktöriyel varyans analizi birden fazla bağımlı değişken için yapılıyor ise Multivariate testinden faydalanılabilir. Fakat veri sayısı oldukça fazla olduğundan dolayı tüm bağımlı değişkenleri birlikte analiz etmek güçtür. Dolayısıyla her bağımlı değişken ayrı bir şekilde ele alınarak Univariate testi uygulanabilir.

Her peformans ölçütü açısından birden fazla problemin etkileşimi öğrenmek amacıyla yapılan Univariate testi için kurulmuş olan hipotez aşağıdaki gibidir:

H_0: Problemler arasında herhangi bir etkileşim yoktur

H_1: Problemler arasında etkileşim mevcuttur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın amacı doğrultusunda teslim tarihi belirleme problemi, AGV görev belirleme problemi, AGV dağıtım noktası seçme problemi, AGV alım noktası seçme problemi, AGV yük seçme problemi ve makine önü iş sıralama problemleri için kullanılan kuralların performanslarını kıyaslamak için istatistik analizler yapılmıştır.

Simülasyon çalışması kapsamında 4032 modelin 20 replikasyon sayısı ile çalıştırılmasından 80640 veri satırı elde edilmiştir. Her bir veri satırı bir modelin bir replikasyonuna bağlı olup ait olduğu modelde kullanılan teslim tarihi belirleme kuralı, AGV görev belirleem kuralı, AGV dağıtım noktası seçme kuralı, AGV alım noktası seçme kuralı, AGV yük seçme kuralı, makine önü iş sıralama kuralı ve o modelin o repliksayonuna ait ortalama çıktı sayısı, ortalama akış süresi, ortalama gecikme süresi, ortalama erken çıkma süresi ve ortalama sapma süresinden oluşmaktadır. Bu veri matrisinde ilk 6 sütunu (problemlerde kullanılan kurallar) bağımsız değişken ve kalan diğer 5 sütunu (performans ölçütleri) ise bağımlı değişken olarak nitelendirilmiştir.

4.1. Teslim tarihi belirleme kurallarının parametrelerinin hesaplanması

Teslim tarihi belirleme kurallarının parametrelerin belirlenmesi için kullanılan üç farklı yöntemden her kural için üç farklı tahmin fonksiyonu elde edilmiştir. Elde edilen fonsiyonlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sabit terimli regresyon modeli, sabit terimsiz regresyon modeli ve matematiksel modeline ait tahminleme fonksiyonları

Yöntem	Kural	Tahmin fonksiyonu
Sabit Terimli Regresyon Modeli	TWK	$F_j = 91{,}385 + 10{,}420 * \sum P_j$
	NOP	$F_j = 74{,}140 + 17{,}721 * M_j$
	TWK+NOP	$F_j = 41{,}443 + 7{,}099 * \sum P_j + 10{,}554 * M_j$
	JIQ	$F_j = 120{,}973 + 7{,}728 * \sum P_j - 8{,}582 * \sum Q_j$
	WIQ	$F_j = 117{,}784 + 7{,}829 * \sum P_j - 4{,}482 * \sum Wq_j$
	CON	$F_j = 234{,}702$
	SLK	$F_j = \sum P_j + 220{,}947$
	PPW	$F_j = \sum P_j + 69{,}534 + 16{,}712 * M_j$
Sabit Terimsiz Regresyon Modeli	TWK	$F_j = 17{,}039 * \sum P_j$
	NOP	$F_j = 25{,}833 * M_j$
	TWK+NOP	$F_j = 8{,}047 * \sum P_j + 13{,}678 * M_j$
	JIQ	$F_j = 16{,}504 * \sum P_j - 8{,}651 * \sum Q_j$
	WIQ	$F_j = 16{,}381 * \sum P_j - 4{,}556 * \sum Wq_j$
	CON	$F_j = 234{,}706$
	SLK	$F_j = \sum P_j + 220{,}947$
	PPW	$F_j = \sum P_j + 24{,}366 * M_j$
Matematiksel Model	TWK	$F_j = 12{,}132 * \sum P_j$
	NOP	$F_j = 18{,}398 * M_j$
	TWK+NOP	$F_j = 3{,}927 * \sum P_j + 12{,}455 * M_j$
	JIQ	$F_j = 11{,}639 * \sum P_j + 2{,}758 * \sum Q_j$
	WIQ	$F_j = 11{,}663 * \sum P_j + 1{,}562 * \sum Wq_j$
	CON	$F_j = 166{,}736$
	SLK	$F_j = \sum P_j + 153{,}024$
	PPW	$F_j = \sum P_j + 16{,}881 * M_j$

Her 3 modelle elde edilen tahminleme fonksiyonu ile mevcut veriler için tekrardan tahminleme yapılmış, her model ve her kural için MASE hata değeri hesaplanmıştır. Bu MASE değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tahminleme yöntemlere ait MASE değerleri

MASE değerleri		Tahminleme Yöntemi		
		Sabit Terimli Regresyon	Sabit Terimsiz Regresyon	Optimizasyon Yöntemi
Kurallar	TWK	4,04012	4,03590	3,24406
	NOP	4,04012	4,03729	3,23761
	TWK+NOP	4,03847	4,03671	3,23578
	JIQ	3,37960	3,37789	2,81271
	WIQ	3,37391	3,37232	2,81324
	CON	4,04647	4,04656	3,24462
	SLK	4,04531	4,04531	3,24280
	PPW	4.03967	4.03692	3.23680

Tahminleme metotlarının MASE değerine bakıldığında optimizayon yöntemi (matematiksel model) en küçük değere sahiptir. Dolayısıyla bu yöntem ile bulunan parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir. Simülasyon modelleri bu parametrelere göre oluşturulmuştur.

4.2. Normallik Testin Sonuçları

Normallik testi α=0,05 anlamlık düzeyinde uygulanmış olup elde edilen sonuç Çizelge 4.3'te verilmiştir. Yapılan test sonucunda tüm bağımlı değişkenler için p-değerleri<0,05 olduğundan H_0 reddedilir ve verilerin normal dağılıma uyduğu söylenemez.

Çizelge 4.3. Normallik testine ait istatistiksel sonuçlar

Kolmogorov-Smirnov testi			
Performans Ölçütü	N	Kol.Smi. Z	P-değeri
Ortalama çıktı Sayısı	80640	26,452	0,000
Ortalama Akış Süresi	80640	78,447	0,000
Ortalama Gecikme Süresi	80640	85,106	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	80640	50,292	0,000
Ortalama Sapma Süresi	80640	91,930	0,000

4.3. Varyans Analizi Sonuçları

Varyans analizi testi kapsamında her problem ayrı olarak ele alınmış olup söz konusu problemlerde kullanılan kurallar arasında anlamlı bir farkın var olup olmadığı için isatistik testler yapılmıştır. Görev belirleme problemi için iki kural mevcut olduğundan dolayı Mann-Whitney U testi uygun görülmüştür. Diğer beş problem için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır.

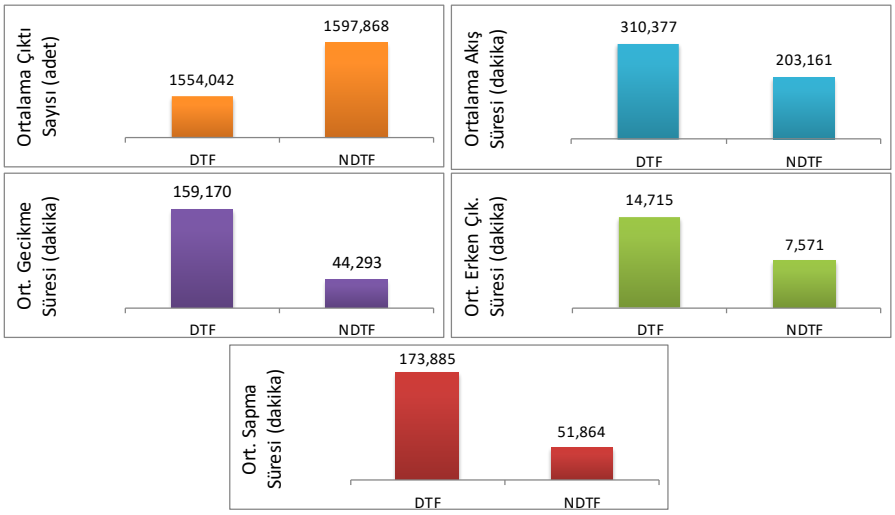
4.3.1. MAGV Görev Belirleme Problemi

AGV görev belirleme problemi için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır, testin sonucu Çizelge 4.4'te verilmiştir. Sonuç tablosuna bakıldığında her performans ölçütü için p-değeri<α (α = 0,05) olduğundan dolayı H_0 reddedilir ve AGV görev belirleme problemi için kullanılan kuralların arasında anlamlı bir farkın var olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4. MAGV görev belirleme problemi için Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar

Performans Ölçütü	Mann-Whitney U	Z	P-değeri
Ortalama çıktı Sayısı	548149190,5	-80,087	0,000
Ortalama Akış Süresi	769132575,5	-13,227	0,000
Ortalama Gecikme Süresi	774937924,0	-11,471	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	754493309,0	-17,676	0,000
Ortalama Sapma Süresi	642359222,0	-51,582	0,000

Mann-Whitney U testine göre AGV görev belirleme kuralların arasında fark olduğu anlaşılmaktadır. Bu kurallardan hangisinin daha iyi olduğu hakkında bilgi saihibi olabilmek için kuralların performans grafiğine bakılabilir. Kuralların performans grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. MAGV görev belirleme kuralların performans grafiği

MAGV görev belirleme probleminde kullanılan performans ölçütleri incelendiğinde çıktı sayısı açısından NDTF kuralı DTF kuralından %2,74 oranında daha iyi bir performans göstermiştir. Akış süresi açısından NDTF kuralı DTF kuralına %34,54 oranında üstünlük sağlamıştır. Akış süresinde gözlenen bu üstünlüğün daha detaylı incelenmesi için her kurala ait gecikme, erken çıkma ve sapma süreleri akış süresine oranlandığında, erken çıkma süresi açısından NDTF kuralı DTF kuralına %57,49 oranında bir üstünlük sağlamıştır. NDTF kuralı bu üstünlüğü gecikme süresinde %21,40, sapma süresinde ise %54,43 olarak sürdürmüştür. Bütün bu oranlar göz önüne alındığında AGV görev belirleme probleminde NDTF kuralının DTF kuralına göre daha iyi bir performansa sahip olduğu söylenebilir.

4.3.2. MAGV Dağıtım Noktası Seçme Problemi

MAGV dağıtım noktası seçme problemi için Kruskal Wallias testi uygulanmıştır, testin sonucu Çizelge 4.5'te verilmiştir. Sonuca göre her performans ölçütü için p-değeri<0,05 olduğundan dolayı H_0 reddedilir ve AGV dağıtım problemi için kullanılan kuralların (en az ikisi) arasında anlamlı bir farkın var olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.5.M AGV dağıtım noktası seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar

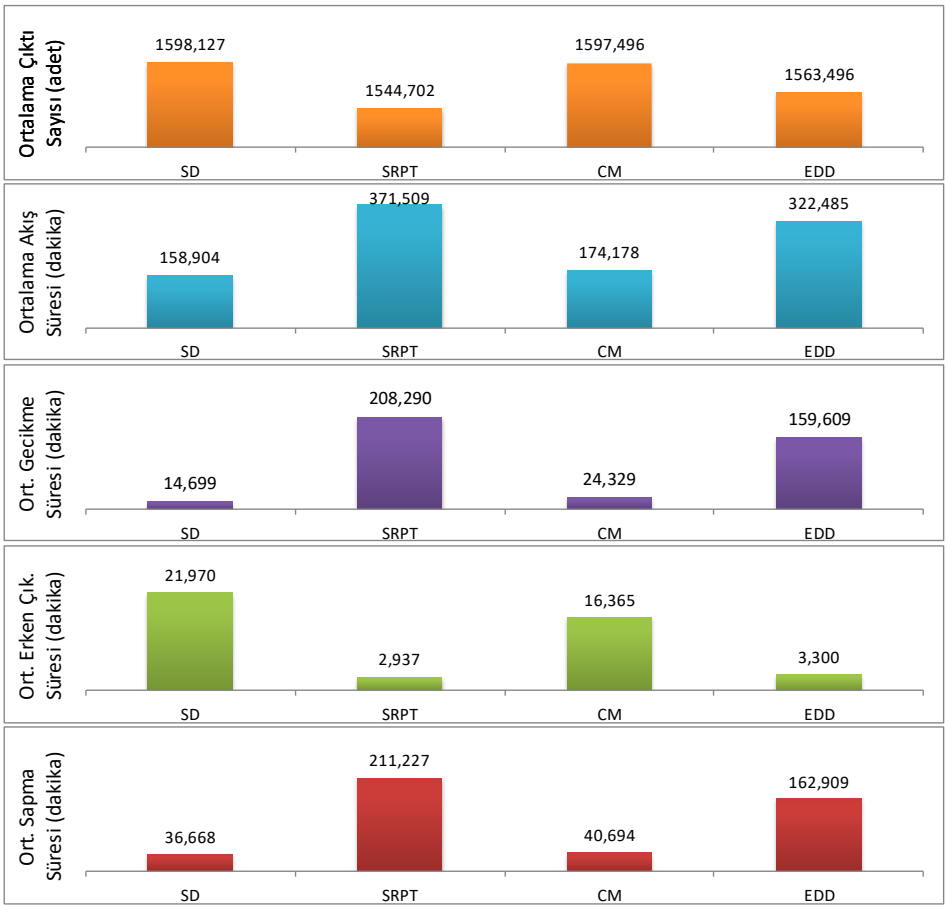
Performans Ölçütü	Ki Kare	Srb. Derecesi	P-değeri
Ortalama Çıktı Sayısı	40338,197	3	0,000
Ortalama Akış Süresi	7340,211	3	0,000
Ortalama Gecikme Süresi	39205,947	3	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	42241,486	3	0,000
Ortalama Sapma Süresi	25872,016	3	0,000

MAGV dağıtım noktası seçme problemi için tüm performans ölçütleri açısından kuralların ikili karşılaştırılması için Mann-Withney U testleri uygulanmıştır, elde edilen sonuç Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu sonuca göre SD ve CM arasında ortalama çıktı sayısı açısından anlamlı bir fark görünmemektedir. Diğer performans ölçütler açısından tüm kurallar arasında anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.6.M AGV dağıtım noktası seçme kuralların Mann-Whitney U testine ait istatistikler

*p-değeri		SD	SRPT	CM	EDD
Toplam Çıktı Sayısı	SD		0,000	0,199	0,000
	SRPT	0,000		0,000	0,000
	CM	0,199	0,000		0,000
	EDD	0,000	0,000	0,000	
Ortalama Akış Süresi	SD		0,000	0,000	0,000
	SRPT	0,000		0,000	0,000
	CM	0,000	0,000		0,000
	EDD	0,000	0,000	0,000	
Ortalama Gecikme Süresi	SD		0,000	0,000	0,000
	SRPT	0,000		0,000	0,000
	CM	0,000	0,000		0,000
	EDD	0,000	0,000	0,000	
Ortalama Erken Çıkma Süresi	SD		0,000	0,000	0,000
	SRPT	0,000		0,000	0,000
	CM	0,000	0,000		0,000
	EDD	0,000	0,000	0,000	
Ortalama Sapma Süresi	SD		0,000	0,000	0,000
	SRPT	0,000		0,000	0,000
	CM	0,000	0,000		0,000
	EDD	0,000	0,000	0,000	

MAGV dağıtım noktası seçme probleminde kullanılan kurallardan hangisinin daha iyi bir performans gösterdiğini anlamak için kuralların performans grafiğine bakarak fikir sahibi olunabilir. MAGV dağıtım noktası seçme kurallarının performans grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. MAGV dağıtım noktası seçme kurallarının performans grafiği

Şekil 4.2 incelendiğinde çıktı sayısı için SD kuralının CM kuralına %0,04 gibi çok az bir farkla üstünlük sağladığı görülmektedir. Diğer kurallara bakıldığında ise SD kuralı EDD kuralına %2,17 oranında, SPRT kuralına ise %3,34 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama akış süreleri açısından kurallar karşılaştırıldığında SRPT kuralı diğer kurallara göre daha kötü performans göstermiştir. Buna göre SD kuralı SRPT kuralına %57,23 oranında bir üstünlük sağlarken, CM kuralı SRPT kuralına %53,12 ve son olarak EDD kuralı SRPT kuralına %13,20 oranında üstünlük sağlamıştır. Diğer performans ölçütleri olan ortalama erken çıkma, gecikme ve sapma süreleri ise akış sürelerine oranlanarak

karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresi için SRPT kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. SRPT kuralına nazaren sırasıyla SD kuralı %83,50, CM kuralı %75,09 ve EDD kuralı %11,72 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama erken çıkma süresi için SD kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. SD kuralına nazaren sırasıyla SRPT kuralı %94,28, EDD kuralı %92,60 ve CM kuralı %32,04 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama sapma süresi için SRPT kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. SRPT kuralına nazaren sırasıyla SD kuralı %59,41, CM kuralı %58,91 ve EDD kuralı %11,15 oranında daha iyi performans göstermiştir. MAGV dağıtım noktası seçme probleminde kullanılan kuralların performans ölçütlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralaması Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre SD kuralı AGV dağıtım noktası seçme problemi için diğer kurallara üstünlük sağlamıştır

Çizelge 4.7. MAGV dağıtım noktası seçme kuralların performans sıralaması

Sıra No	Ortalama Çıktı Sayısı	Ortalama Akış Süresi	Ort. Gecikme Süresi	Ort. Erken Çık. Süresi	Ort. Sapma Süresi
1	SD	SD	SD	SRPT	SD
2	CM	CM	CM	EDD	CM
3	EDD	EDD	EDD	CM	EDD
4	SRPT	SRPT	SRPT	SD	SRPT

4.3.3. MAGV Alım Noktası Seçme Problemi

MAGV alım noktası seçme problemi için Kruskal Wallias testi yapılmıştır, testin sonucu Çizelge 4.8'de verilmiştir. Tabloda da göründüğü gibi her performans ölçütü için p-değeri<0,05 olduğundan dolayı H_0 reddedilir ve MAGV alım problemi için kullanılan kuralların (en az ikisi) arasında anlamlı bir farkın olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.8. MAGV alım noktası seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar

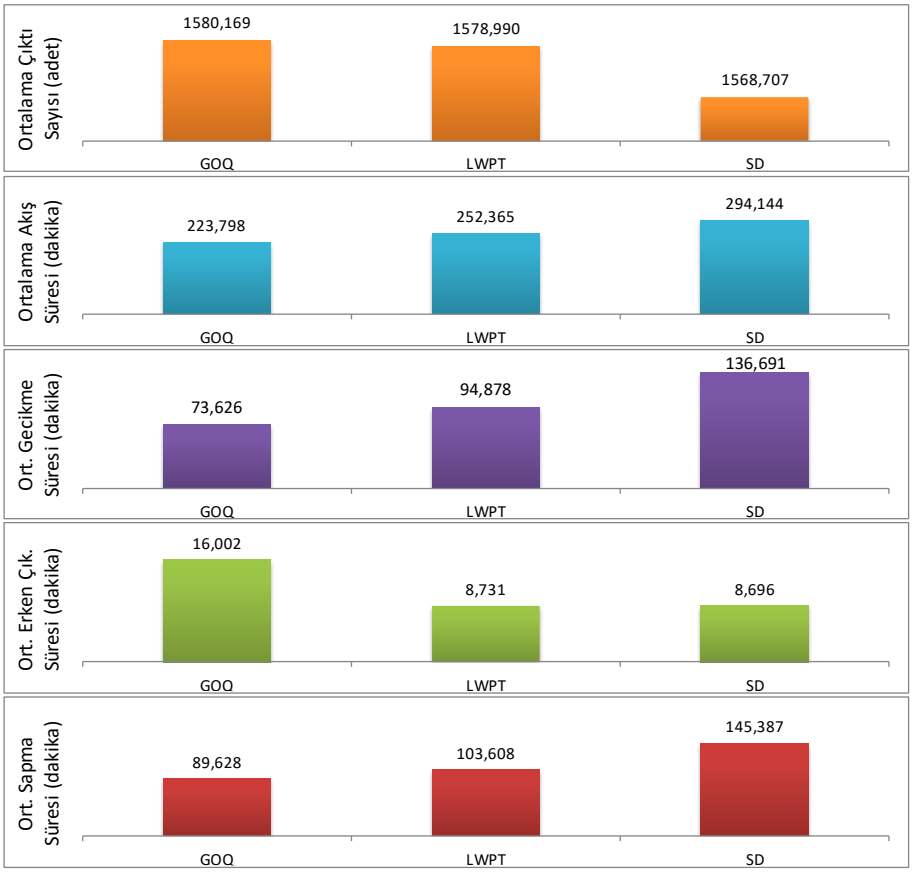
Performans Ölçütü	Ki Kare	Srb. Derecesi	P-değeri
Ortalama Çıktı Sayısı	128,3471	2	0,000
Ortalama Akış Süresi	7086,974	2	0,000
Ortalama Gecikme Süresi	7648,712	2	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	6103,738	2	0,000
Ortalama Sapma Süresi	6344,795	2	0,000

MAGV alım noktası seçme kuralları için tüm performans ölçütleri açısından ikili karşılaştırılması Mann-Whitney U testi uygulayarak gerçekleştirilmiştir, elde edilen sonuç Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu sonuca göre GOQ ve LWPT arasında ortalama çıktı sayısı açısından anlamlı bir fark görülmemektedir. Diğer performans ölçütlere göre kuralların arasında anlamlı bir fark vardır.

Çizelge 4.9. MAGV alım noktası kuralları için Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar

*p-değeri		GOQ	LWPT	SD
Ortalama Çıktı Sayısı	GOQ		0,143	0,000
	LWPT	0,143		0,000
	SD	0,000	0,000	
Ortalama Akış Süresi	GOQ		0,000	0,000
	LWPT	0,000		0,000
	SD	0,000	0,000	
Ortalama Gecikme Süresi	GOQ		0,000	0,000
	LWPT	0,000		0,000
	SD	0,000	0,000	
Ortalama Erken Çıkma Süresi	GOQ		0,000	0,000
	LWPT	0,000		0,000
	SD	0,000	0,000	
Ortalama Sapma Süresi	GOQ		0,000	0,000
	LWPT	0,000		0,000
	SD	0,000	0,000	

MAGV alım noktası seçme probleminde kullanılan kurallardan hangisinin daha iyi performans gösterdiğini anlamak için kuralların performans grafiğine bakarak fikir sahibi olunabilir. MAGV alım noktası seçme kurallarının performans grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. MAGV alım noktası seçme kurallarının performans grafiği

Şekil 4.3 incelendiğinde çıktı sayısı için GOQ kuralının LWPT kuralına %0,07 gibi çok az bir farkla üstünlük sağladığı görülmektedir. Diğer kurallara bakıldığında ise GOQ kuralı SD kuralına %2,17 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama akış süreleri açısından kurallar karşılaştırıldığında SD kuralı diğer kurallara göre daha kötü performans göstermiştir. Buna göre GOQ kuralı SD

kuralına %23,92 oranında bir üstünlük sağlarken LWPT kuralı SD kuralına %14,20 oranında üstünlük sağlamıştır. Diğer performans ölçütleri olan ortalama erken çıkma, gecikme ve sapma süreleri ise akış sürelerine oranlanarak karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresi için SD kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. SD kuralına nazaren sırasıyla GOQ kuralı %29,21 ve LWPT kuralı %19,10 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama erken çıkma süresi için GOQ kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. GOQ kuralına nazaren sırasıyla SD kuralı %58,65 ve LWPT kuralı %51,62 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama sapma süresi için SD kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. SD kuralına nazaren sırasıyla GOQ kuralı %18,97 ve LWPT kuralı %16,94 oranında daha iyi performans göstermiştir. MAGV alım noktası seçme probleminde kullanılan kuralların performans ölçütlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralaması Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre GOQ kuralı, MAGV alım noktası seçme problemi için diğer kurallara üstünlük sağlamıştır

Çizelge 4.10. MAGV alım noktası seçme kuralları için performans sıralaması

Sıra No	Ortalama Çıktı Sayısı	Ortalama Akış Süresi	Ort. Gecikme Süresi	Ort. Erken Çık. Süresi	Ort. Sapma Süresi
1	GOQ	GOQ	GOQ	SD	GOQ
2	LWPT	LWPT	LWPT	LWPT	LWPT
3	SD	SD	SD	GOQ	SD

4.3.4. MAGV Yük Seçme Kuralları

AGV yük seçme problemi için Kruskal Wallias testi uygulanmıştır, testin sonucu Çizelge 4.11'de verilmiştir. Testten elde edilen sonuca göre AGV yük seçme problemi için kullanılan kuralların (en az ikisi) arasında anlamlı bir fark mevcuttur.

Çizelge 4.11. MAGV yük seçme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar

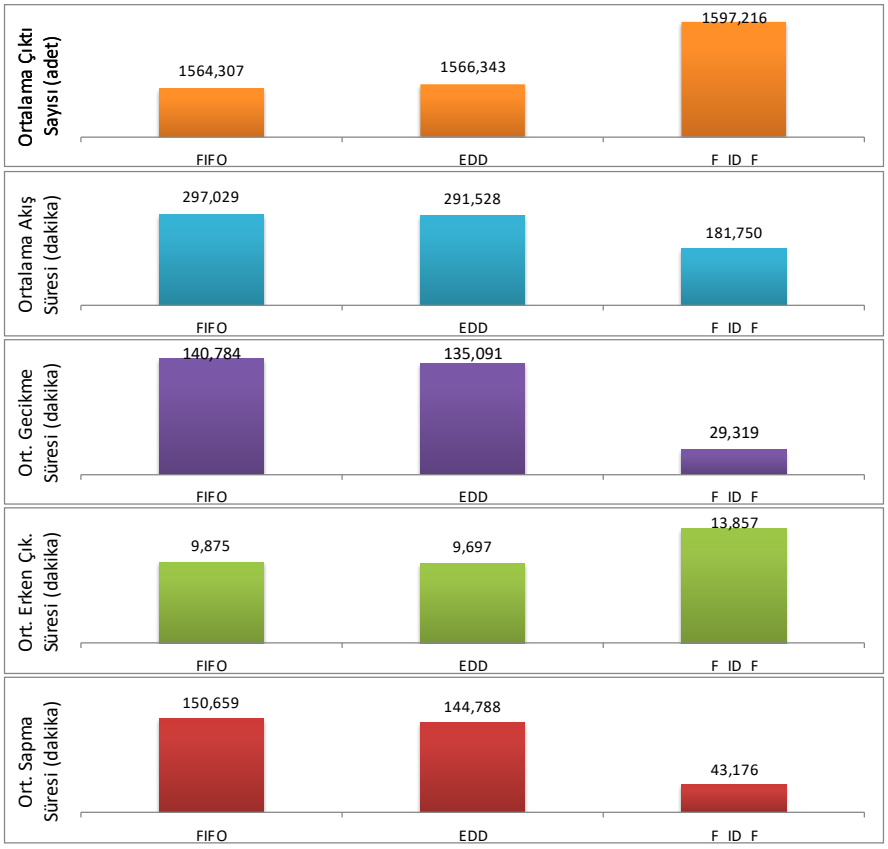
Performans Ölçütü	Ki Kare	Srb. Derecesi	P-değeri
Ortalama Çıktı Sayısı	3254,283	2	0,000
Ortalama Akış Süresi	6601,601	2	0,000
Ortalama Gecikme Süresi	6781,351	2	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	5102,714	2	0,000
Ortalama Sapma Süresi	9528,423	2	0,000

MAGV yük seçme kuralları için tüm performans ölçütleri açısından ikili karşılaştırma için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır, elde edilen sonuç Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu sonuca göre FIFO ve EDD arasında ortalama akış süresi ve ortalama gecikme süresi açısından anlamlı bir fark olduğu söylenemez. Diğer performans ölçütlere göre tüm kuralların arasında anlamlı bir farkın var olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.12.M AGV yük seçme kuralları için Mann-Whiney U testine ait istatistiksel sonuçlar

*p-değeri		FIFO	EDD	F_ID_F
Ortalama Çıktı Sayısı	FIFO		0,040	0,000
	EDD	0,040		0,000
	F_ID_F	0,000	0,000	
Ortalama Akış Süresi	FIFO		0,218	0,000
	EDD	0,218		0,000
	F_ID_F	0,000	0,000	
Ortalama Gecikme Süresi	FIFO		0,041	0,000
	EDD	0,041		0,000
	F_ID_F	0,000	0,000	
Ortalama Erken Çıkma Süresi	FIFO		0,137	0,000
	EDD	0,137		0,000
	F_ID_F	0,000	0,000	
Ortalama Sapma Süresi	FIFO		0,000	0,000
	EDD	0,000		0,000
	F_ID_F	0,000	0,000	

MAGV yük seçme probleminde kullanılan kurallardan hangisinin daha iyi performans gösterdiğini anlamak için kuralların performans grafiğine bakarak fikir sahibi olunabilir. AGV yük seçme kuralların performans grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. MAGV yük seçme kurallarının performans grafiği

Şekil 4.4 incelendiğinde çıktı sayısı için F_ID_F kuralının EDD kuralına %1,93 ve FIFO kuralına %2,06 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama akış süreleri açısından kurallar karşılaştırıldığında FIFO kuralı diğer kurallara göre daha kötü performans göstermiştir. Buna göre F_ID_F kuralı FIFO kuralına %38,81 oranında bir üstünlük sağlarken, EDD kuralı FIFO kuralına %1,85 oranında

üstünlük sağlamıştır. Diğer performans ölçütleri olan ortalama erken çıkma, gecikme ve sapma süreleri ise akış sürelerine oranlanarak karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresi için FIFO kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. FIFO kuralına nazaren sırasıyla F_ID_F kuralı %65,97 ve EDD kuralı %2,23 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama erken çıkma süresi için F_ID_F kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. F_ID_F kuralına nazaren sırasıyla FIFO kuralı %56,40 ve EDD kuralı %56,38 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama sapma süresi için FIFO kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. FIFO kuralına nazaren sırasıyla F_ID_F kuralı %53,16 ve EDD kuralı %2,08 oranında daha iyi performans göstermiştir. AGV yük seçme probleminde kullanılan kurallarının performans ölçütlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralaması Çizelge 4.13'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre F_ID_F kuralı MAGV yük seçme problemi için diğer kurallara üstünlük sağlamıştır.

Çizelge 4.13. MAGV yük seçme kuralları için perfromans sıralaması

Sıra No	Ortalama Çıktı Sayısı	Ortalama Akış Süresi	Ort. Gecikme Süresi	Ort. Erken Çık. Süresi	Ort. Sapma Süresi
1	F_ID_F	F_ID_F	F_ID_F	EDD	F_ID_F
2	EDD	EDD	EDD	FIFO	EDD
3	FIFO	FIFO	FIFO	F_ID_F	FIFO

4.3.5. Teslim Tarihi Belirleme Problemi

Teslim tarihi belirleme problemi için Kruskal Wallias testi uygulanmıştır, testin sonucu Çizelge 4.14'te verilmiştir. Test sonucunda ortalama çıktı sayısı ve ortalama akış süresi açısından teslim tarihi belirleme kuralları arasında anlamlı düzeyde bir fark görülmemiştir. Ortalama gecikme süresi, ortalama erken çıkma

süresi ve ortalama sapma süresi açısından teslim tarihi belirleme kuralların (en az ikisi) arasında anlamlı düzeyde fark görülmektedir.

Çizelge 4.14. Teslim tarihi belirleme problemi için Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar

Performans Ölçütü	Ki Kare	Srb. Derecesi	P-değeri
Ortalama Çıktı Sayısı	1,224	7	0,990
Ortalama Akış Süresi	4,363	7	0,737
Ortalama Gecikme Süresi	29,923	7	0,000
Ortalama Erken Çıkma Süresi	92,276	7	0,000
Ortalama Sapma Süresi	25,126	7	0,001

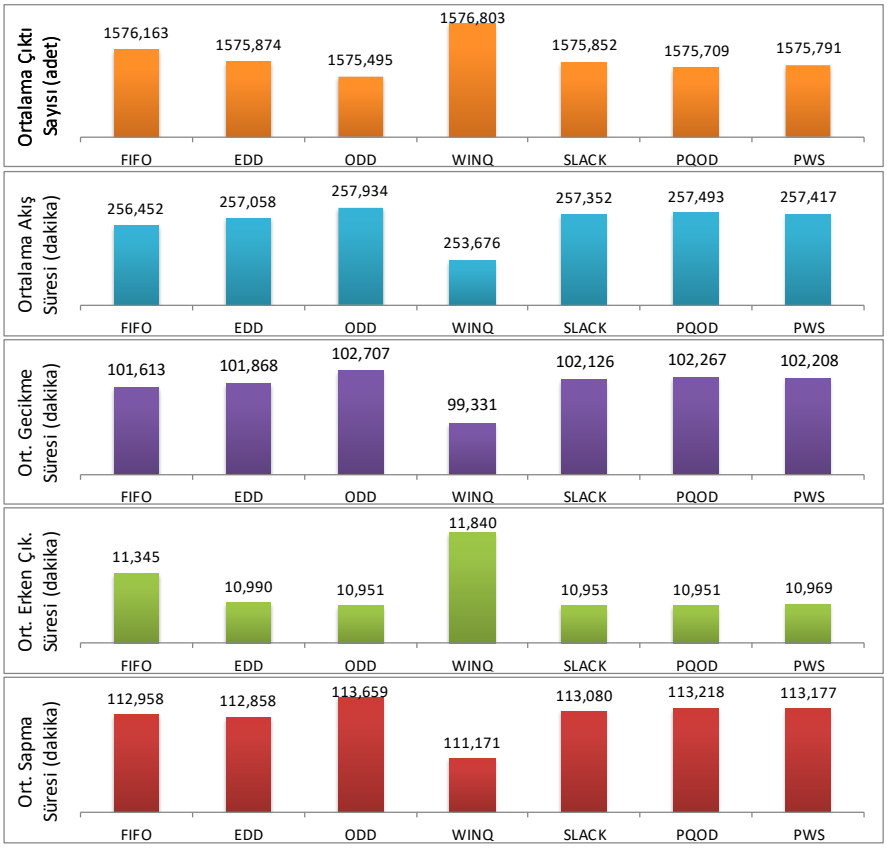
Kruskal Wallis testin sonucuna göre ikili karşılaştırma testi sadece ortalama gecikme süresi, ortalama erken çıkma süresi ve ortalama sapma süresine göre yapılmıştır. Teslim tarihi belirleme kuralları için Mann-Whitney U testin sonucu Çizelge 4.15'te de verilmiştir. Bu testin sonucuna göre ortalama gecikme süresi açısından JIQ ve WIQ kuralların kendi aralarında anlamlı bir farklılık söz konusu değilken TWK kuralı hariç diğer tüm kurallardan farklı performansa sahiptirler. Ortalama erken çıkma süresi için JIQ ve WIQ diğer tüm kurallardan farklı performansa sahiptirler. Ortalama sapma süresine göre JIQ kuralı NOP ve WIQ kuralları hariç diğer tüm kurallardan farklı performansa sahiptir, WIQ kuralı NOP, JIQ ve PPW kuralı hariç diğer kurallardan farklı performansa sahiptir.

Çizelge 4.15. Teslim tarihi belirleme kuralları içi Mann-Whitney testine ait istatistiksel sonuçlar

*p-değeri		TWK	NOP	TN*	JIQ	WIQ	CON	SLK	PPW
Ortalama Gecikme Süresi	TWK		0,064	0,206	0,088	0,072	0,196	0,188	0,134
	NOP	0,064		0,554	0,000	0,000	0,578	0,592	0,724
	TN*	0,206	0,554		0,003	0,002	0,972	0,955	0,814
	JIQ	0,088	0,000	0,003		0,935	0,003	0,003	0,001
	WIQ	0,072	0,000	0,002	0,935		0,002	0,002	0,001
	CON	0,196	0,578	0,972	0,003	0,002		0,985	0,845
	SLK	0,188	0,592	0,955	0,003	0,002	0,985		0,862
	PPW	0,134	0,724	0,814	0,001	0,001	0,845	0,862	
Ortalama Erken Çıkma Süresi	TWK		0,227	0,591	0,000	0,000	0,093	0,162	0,415
	NOP	0,227		0,504	0,000	0,000	0,636	0,846	0,969
	TN*	0,591	0,504		0,000	0,000	0,254	0,389	0,783
	JIQ	0,000	0,000	0,000		0,991	0,000	0,000	0,000
	WIQ	0,000	0,000	0,000	0,991		0,000	0,000	0,000
	CON	0,093	0,636	0,254	0,000	0,000		0,785	0,385
	SLK	0,162	0,846	0,389	0,000	0,000	0,785		0,558
	PPW	0,415	0,969	0,783	0,000	0,000	0,385	0,558	
Ortalama Sapma Süresi	TWK		0,023	0,123	0,000	0,000	0,167	0,131	0,061
	NOP	0,023		0,466	0,051	0,127	0,374	0,446	0,695
	TN*	0,123	0,466		0,009	0,030	0,876	0,974	0,733
	JIQ	0,000	0,051	0,009		0,657	0,005	0,007	0,023
	WIQ	0,000	0,127	0,030	0,657		0,019	0,025	0,064
	CON	0,167	0,374	0,876	0,005	0,019		0,904	0,623
	SLK	0,131	0,446	0,974	0,007	0,025	0,904		0,713
	PPW	0,061	0,695	0,733	0,023	0,064	0,623	0,713	

TN*: TWK+NOP

Teslim tarihi belirleme probleminde kullanılan kurallardan hangisinin daha iyi performans gösterdiğini anlamak için kuralların performans grafiğine bakarak fikir sahibi olunabilir. Teslim tarihi belirleme kurallarının performans grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Teslim tarihi belirleme kurallarının performans grafiği

Şekil 4.5 incelendiğinde çıktı sayısı için CON kuralının diğer kurallara göre az bir farkla üstünlük sağladığı görülmektedir. Buna göre CON kuralı NOP kuralına %0,02 oranında, SLK kuralına %0,02 oranında, PPW kuralına %0,03 oranında, TWK+NOP kuralına %0,05 oranında, WIQ kuralına %0,08 oranında, JIQ kuralına %0,08 oranında ve TWK kuralına %0,10 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama akış süreleri açısından kurallar karşılaştırıldığında TWK kuralı diğer kurallara göre daha kötü performans göstermiştir. Teslim tarihi belirleme problemi için incelenen kurallar TWK kuralına göre karşılaştırıldığında sırasıyla CON kuralı %1,81 oranında, NOP kuralı %1,60 oranında, SLK kuralı %1,57 oranında, PPW kuralı %1,36 oranında, TWK+NOP kuralı %0,97 oranında,

WIQ kuralı %0,04 oranında ve JIQ kuralı %0,12 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Diğer performans ölçütleri olan ortalama erken çıkma, gecikme ve sapma süreleri ise akış sürelerine oranlanarak karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresi için WIQ kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. WIQ kuralına nazaren sırasıyla CON kuralı %3,85 oranında, NOP kuralı %3,62 oranında, SLK kuralı %3,53 oranında, PPW kuralı %3,28 oranında, TWK+NOP kuralı %2,80 oranında, TWK kuralı %1,29 oranında ve JIQ kuralı %0,11 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama erken çıkma süresi için CON kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. CON kuralına nazaren sırasıyla JIQ kuralı %11,58 oranında, WIQ kuralı %11,44 oranında, TWK kuralı %2,94 oranında, TWK+NOP kuralı %1,47 oranında, PPW kuralı %0,92 oranında, SLK kuralı %0,38 oranında ve NOP kuralı %0,34 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama sapma süresi için WIQ kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. WIQ kuralına nazaren sırasıyla CON kuralı %2,35 oranında, NOP kuralı %2,17 oranında, SLK kuralı %2,10 oranında, PPW kuralı %1,92 oranında, TWK+NOP kuralı %1,54 oranında, TWK kuralı %0,32 oranında ve JIQ kuralı %0,11 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Teslim tarihi belirleme probleminde kullanılan kuralların performans ölçütlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralaması Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre CON kuralı Teslim tarihi belirleme problemi için diğer kurallara üstünlük sağlamıştır

Çizelge 4.16. Teslim tarihi belirleme kuralların performans sıralaması

Sıra No	Ortalama Çıktı Sayısı	Ortalama Akış Süresi	Ort. Geç Çık. Süresi	Ort. Erken Çık. Süresi	Ort. Sapma Süresi
1	CON	CON	CON	JIQ	CON
2	NOP	NOP	NOP	WIQ	NOP
3	SLK	SLK	SLK	TWK	SLK
4	PPW	PPW	PPW	TWK+NOP	PPW
5	TWK+NOP	TWK+NOP	TWK+NOP	PPW	TWK+NOP
6	WIQ	JIQ	TWK	SLK	TWK
7	JIQ	WIQ	JIQ	NOP	JIQ
8	TWK	TWK	WIQ	CON	WIQ

4.3.6. Makine Önü İş Sıralama Problemi

Makine önü iş sıralama problemi için Kruskal Wallias testi uygulanmıştır, testin sonucu Çizelge 4.17'de verilmiştir. Bu sonuca göre ortalama çıktı sayısı, ortalama akış süresi ve ortalama gecikme süresi açısından kuralların arasında anlamlı bir fark görülmemektedir fakat ortalama erken çıkma süresi ve ortalama sapma süresi açısından az iki kuralın performansı arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.17. Makine önü iş sıralama problemin Kruskal Wallis testine ait istatistiksel sonuçlar

Performans Ölçütü	Ki Kare	Srb. Derecesi	P-değeri
Ortalama Çıktı Sayısı	1,738	6	0,942
Ortalama Akış Süresi	7,072	6	0,314
Ortalama Gecikme Süresi	1,132	6	0,980
Ortalama Erken Çıkma Süresi	77,344	6	0,000
Ortalama Sapma Süresi	74,944	6	0,000

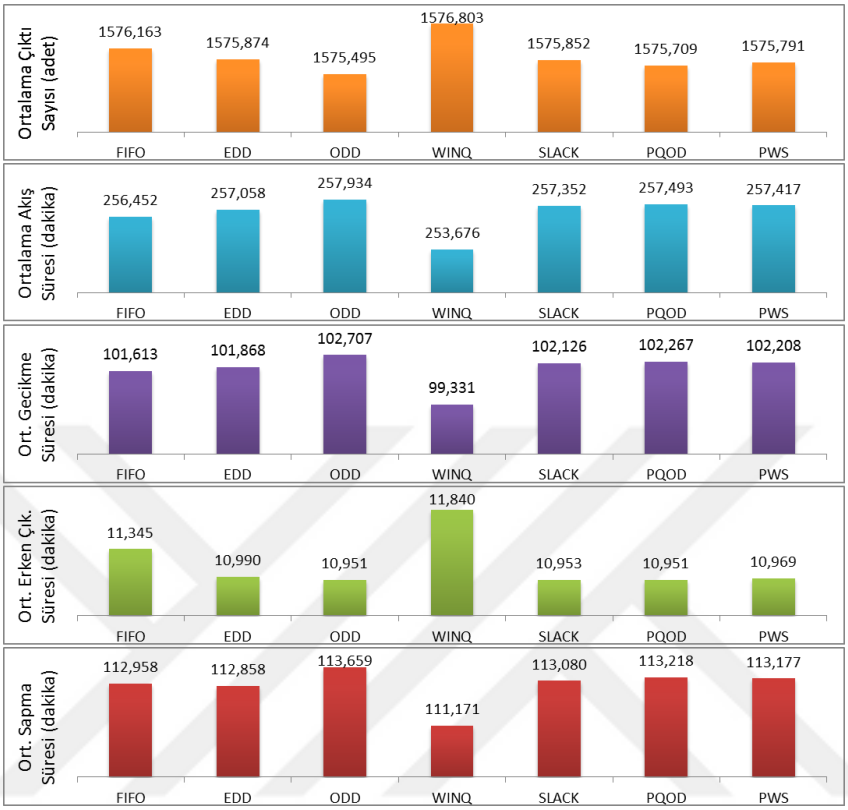
Kruskal Wallis testin sonucuna göre makine önü iş sıralama probleminde sadece ortalama erken çıkma süresi ve ortalama sapma süresi açısından en az iki kural arasında anlamlı bir fark görülmektedir. Dolayısıyla ikili karşılaştırma testi sadece bu iki performans için gerçekleştirilmiştir. Makine önü iş sıralama problemi

için yapılan Mann-Whitney U testin sonucu Çizelge 4.18'de verilmiştir. Bu teste göre ortalama erken çıkma süresi açısından FFIO kurallı diğer tüm kurallardan farklı performansa sahiptir, aynı şekilde WINQ kuralı da tüm kurallardan farklı performansa sahiptir. Oralama sapma süresine göre WINQ tüm kurallar göre farklı performansa sahip iken, FIFO kuralı EDD ve WINQ hariç diğer tüm kurallarla aynı performansa sahiptir.

Çizelge 4.18. Makine öncelik kuralların Mann-Whitney U testine ait istatistiksel sonuçlar

*p-değeri		FIFO	EDD	ODD	WINQ	SLACK	PQOD	PWS
Ortalama Erken Çıkma Süresi	FIFO		0,012	0,005	0,000	0,005	0,006	0,005
	EDD	0,012		0,735	0,000	0,759	0,778	0,771
	ODD	0,005	0,735		0,000	0,975	0,955	0,961
	WINQ	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
	SLACK	0,005	0,759	0,975	0,000		0,980	0,987
	PQOD	0,006	0,778	0,955	0,000	0,980		0,994
	PWS	0,005	0,771	0,961	0,000	0,987	0,994	
Ortalama Sapma Süresi	FIFO		0,034	0,068	0,000	0,064	0,060	0,112
	EDD	0,034		0,775	0,000	0,804	0,839	0,618
	ODD	0,068	0,775		0,000	0,973	0,934	0,833
	WINQ	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
	SLACK	0,064	0,804	0,973	0,000		0,966	0,806
	PQOD	0,060	0,839	0,934	0,000	0,966		0,775
	PWS	0,112	0,618	0,833	0,000	0,806	0,775	

Makine önü iş sıralama probleminde kullanılan kurallardan hangisinin daha iyi bir performans gösterdiğini anlamak için kuralların performans grafiğine bakarak fikir sahibi olunabilir. Makine öncelik kuralların performans grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Makine öncelik kurallarının performans grafiği

Şekil 4.6 incelendiğinde çıktı sayısı için WINQ kuralının diğer kurallara göre az bir farkla üstünlük sağladığı görülmektedir. Buna göre WINQ kuralı FIFO kuralına %0,04 oranında, EDD kuralına %0,06 oranında, SLACK kuralına %0,06 oranında, PWS kuralına %0,06 oranında, PQOD kuralına %0,07 oranında ve ODD kuralına %0,08 oranında bir üstünlük sağlamıştır. Ortalama akış süreleri açısından kurallar karşılaştırıldığında ODD kuralı diğer kurallara göre daha kötü performans göstermiştir. Makine önü iş sıralama problemi için incelenen kurallar ODD kuralına göre karşılaştırıldığında sırasıyla WINQ kuralı %1,65 oranında, FIFO kuralı %0,57 oranında, EDD kuralı %0,34 oranında, SLACK kuralı %0,23 oranında, PWS kuralı %0,20 oranında ve PQOD kuralı %0,17 oranında üstünlük sağlamıştır. Diğer performans ölçütleri olan ortalama erken çıkma, gecikme ve

sapma süreleri ise akış sürelerine oranlanarak karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresi için ODD kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. ODD kuralına nazaren sırasıyla WINQ kuralı %1,66 oranında, FIFO kuralı %0,49 oranında, EDD kuralı %0,48 oranında, SLACK kuralı %0,34 oranında, PWS kuralı %0,29 oranında ve PQOD kuralı %0,26 oranında üstünlük sağlamıştır. Ortalama erken çıkma süresi için WINQ kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. WINQ kuralına nazaren sırasıyla OOD kuralı %9,03 oranında, PQOD kuralı %8,87 oranında, SLACK kuralı %8,81 oranında, PWS kuralı 8,70 oranında, EDD kuralı %8,40 oranında ve FIFO kuralı %5,21 oranında daha iyi performans göstermiştir. Ortalama sapma süresi için ODD kuralı en kötü performansa sahip kural olarak belirlenmiştir. ODD kuralına nazaren sırasıyla WINQ kuralı %0,55 oranında, EDD kuralı %0,37 oranında, SLACK kuralı %0,28 oranında, PWS kuralı %0,22 oranında, PQOD kuralı %0,22 oranında ve FIFO kuralı %0,04 oranında üstünlük sağlamıştır. Makine önü iş sıralama probleminde kullanılan kuralların performans ölçütlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralaması Çizelge 4.19'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre WINQ kuralı makine önü iş sıralama problemi için diğer kurallara üstünlük sağlamıştır

Çizelge 4.19. Makine öncelik kuralları için performans sıralaması

Sıra No	Ortalama Çıktı Sayısı	Ortalama Akış Süresi	Ort. Gecikme Süresi	Ort. Erken Çık. Süresi	Ort. Sapma Süresi
1	WINQ	WINQ	WINQ	ODD	WINQ
2	FIFO	FIFO	FIFO	PQOD	EDD
3	EDD	EDD	EDD	SLACK	SLACK
4	SLACK	SLACK	SLACK	PWS	PWS
5	PWS	PWS	PWS	EDD	POQD
6	PQOD	PQOD	PQOD	FIFO	FIFO
7	ODD	ODD	ODD	WINQ	ODD

4.4. Faktöryel Varyans Analizi Sonuçları

Faktöriyel varyans analizi kapsamında problemler ikili ve üçlü gruplar şeklide ele alınmış olup Univariate testleri uygulanmıştır.

4.4.1. İki Seviyeli Faktöriyel Varyans Analizi

Bu analiz kapsamında teslim tarihi belirleme, AGV görev belirleme, AGV dağıtım noktası seçme, AGV alım noktası seçme, AGV yük seçme ve yük seçme problemleri ikili gruplar halinde ele alınmıştır. Grupların arasında performans açısından bir etkileşim olup olmadığı konusunda bilgi sahibi olmak için her peformans ölçütü için Univariate testi uygulanmıştır. Univariate testlerin sonucu Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çizelge 4.20'de p-değeri 0,05 ten büyük olan her kural ikilisi için anlamlı bir etkileşim söz konusu değildir. İki problem arasında etkileşimin olması, her iki problemin birlikteliğinin sistem performansı üzerinde anlamlı düzeyde etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. AGV yönlendirme problemlerin birbirleri ile etkileşimde olması bu sistemin performansını daha çok bu problemlere bağlı olduğunun göstergesidir.

Çizelge 4.20. İki seviyeli fatköriyel varyans analizine ait istatistiksel sonuçlar

* P-değeri	Çıktı Sayısı	Akış Süresi	Gecikme Süresi	Erken Çık. Süresi	Sapma Süresi
TP * GP	0,184	0,000	0,000	0,000	0,000
TP * DP	0,086	0,000	0,000	0,000	0,000
TP * AP	1,000	0,940	0,960	0,000	0,946
TP * YP	0,373	0,000	0,000	0,001	0,000
TP * MP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
GP * DP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * AP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * MP	0,451	0,037	0,012	0,000	0,003
DP * AP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DP * MP	0,999	0,053	0,038	0,440	0,026
AP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AP * MP	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000
YP * MP	0,998	0,909	0,909	0,000	0,839

TP: Teslim tarihi belirleme problemi
GP: Görev belirleme problemi
DP: Dağıtım noktsı seçme problemi
AP: Alım noktası seçme problemi
YP: Yük seçme problemi
MP: Makine önü iş sıralama problemi

4.4.2. Üç Seviyeli Faktöriyel Varyans Analizi

Bu analiz kapsamında teslim tarihi belirleme, MAGV görev belirleme, MAGV dağıtım noktası seçme, MAGV alım noktası seçme ve MAGV yük seçme problemleri üçlü gruplar şeklinde ele alınmıştır. Grupların arasında performans açısından bir etkileşim olup olmadığı konusunda bilgi sahibi olabilmek için her peformans ölçütü için Univariate testi uygulanmıştır. Univariate testlerin sonucu Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelge 4.21'de p-değeri 0,05 ten büyük olan her kural üçlüsü için anlamlı bir etkileşim söz konusu değildir. Etkileşimde olan kurallarların birlikteliği sitemin üzerinde etkilemektedir. Aralarında etkileşim söz konusu

olmayan bir kuralların birlikteliği sistemin üzerinde herhangi bir etkisi olduğu söylenemez. MAGV yönlendirme problemlerin kendi aralarında daha çok etkileşim mevcuttur. Bu da MAGV yönlendirme problemlerin sistem üzerindeki etksinin fazla olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.21. Üç seviyeli fatköriyel varyans analizine ait istatistiksel sonuçlar

* P-değeri	Çıktı Sayısı	Akış Süresi	Gecikme Süresi	Erken Çık. Süresi	Sapma Süresi
TP * GP * DP	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000
TP * GP * AP	1,000	0,758	0,861	0,000	0,943
TP * GP * YP	0,290	0,000	0,000	0,175	0,000
TP * GP * MP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
TP * DP * AP	1,000	0,792	0,781	0,871	0,740
TP * DP * YP	0,085	0,000	0,000	0,130	0,000
TP * DP * MP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
TP * AP * YP	1,000	0,843	0,858	1,000	0,867
TP * AP * MP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
TP * YP * MP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
GP * DP * AP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * DP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * DP * MP	0,999	0,047	0,043	0,997	0,041
GP * AP * MP	1,000	0,971	0,957	0,000	0,916
GP * AP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GP * YP * MP	0,993	0,869	0,836	0,000	0,775
DP * AP * YP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DP * AP * MP	1,000	1,000	1,000	0,633	1,000
DP * YP * MP	1,000	0,999	0,998	0,162	0,994
AP * YP * MP	1,000	0,950	0,958	0,020	0,964

TP: Teslim tarihi belirleme problemi
GP: Görev belirleme problemi
DP: Dağıtım noktsı seçme problemi
AP: Alım noktası seçme problemi
YP: Yük seçme problemi
MP: Makine önü iş sıralama problemi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teslim tarihi belirleme problemi üretim sistemlerinin en önemli unsurlarından biri olup, nitelik ve nicelik açısından üretim hızını olumlu veya olumsuz yönde etkilemektedir. Bu problemin çözümü için araştırmacılar tarafından belirli pratik kurallar önerilmektedir. Bu çalışmada bu kurallar ele alınmış olup üretim sisteminin diğer parametreleri ile entegre bir şekilde incelenmiştir.

Malzeme taşıma sistemleri üretim verimliliği üzerinde oldukça etkili sistemlerdir. Bu nedenle klasik yaklaşımların kullanılmasıyla taşıma sistemlerinin yönetimi üretim verimliliğini düşürebilmektedir. Çizelgeleme, dinamik bir süreçtir ve sistemde oluşabilecek değişikliklere uyum sağlamak iyi bir çizelge elde edebilmek için önemlidir. Modern üretim sistemleri içerisinde yer alan esnek üretim sistemi elemanları olan makine ve malzeme taşıma araçlarının çizelgelenmesi önemli ve karmaşık bir problemdir. Bu araçlardan birisi AGV'dır. AGV'ler malzeme taşıma sistemlerinde alabildikleri yük açısından tek veya çoklu yük alabilen araçlar olarak kategorize edilmektedir. Çok yük alabilen AGV sistemleri göz önüne alındığında görev belirleme, dağıtım noktası seçme, alım noktası seçme ve yük seçme problemleri ile karşılaşılmaktadır. AGV sistemlerinin bu 4 temel problemi için de araştırmacılarca kurallar önerilmektedir. Bu tezde ele alınan örnek üretim sisteminin bir parametresi de bu 4 probleme önerilen çözüm kurallarıdır.

Üretim sistemleri için önemli olan diğer unsur da üretim çizelgelemesi ve makine önü iş sıralama problemidir. Bu problem de üretim verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Literatürde konu ile ilgili bazı çözümler önerilmiştir. Bu çalışmada teslim tarihi ve AGV sistemleri yanı sıra makine önü iş sıralama problemi için önerilen kurallar da ele alınmış olup, toplamda 6 problem entegre bir şekilde incelenmiştir.

5.1. Sonuçlar

Çalışmanın araştırma konusu olan 6 problem için literatürde bulunan kurallar entegre bir biçimde incelenmesi için veri seti hazırlama ve diğer ön hazırlık adımlarından sonra bir simülasyon uygulaması gerçekleştirilmiştir. Simülasyon uygulaması sonucunda elde edilen veriler istatistiksel veri analizi yöntemleri yardımı ile anlamlı bilgi haline getirilmiştir.

Yapılan analizlere göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Problemlerde kullanılan kurallar performans ölçütlerine göre farklı sıralamalara aittir. Çoğunlukla gecikme süresi ile erken çıkma süresi arasında ters orantıda bir ilişki söz konusudur.
- Çıktı sayısı ve akış süresi teslim tarihi belirleme kurallarından daha çok MAGV sistemin 4 ana problemine bağlılık göstermektedir.
- Teslim tarihi belirleme kuralların arasında farkın az olması kurallarda kullanılan katsayılar ve sabit sayıların optimizasyon yöntemi ile belirlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Doğru parametreler belirlendikten sonra herhangi bir teslim tarihi atama kuralı iyi performans sergilemektedir.
- Teslim tarihi atama kuralların arasında çoğunlukla CON, NOP, SLK ve PPW kuralları iyi performansa sahiptirler. AGV sistemleri ele alan Ho ve Chein (2006) ve Ho ve ark. (2012) çalışmalarında da teslim tarihi atama kuralı olarak CON kuralını kullanmışlardır.
- AGV görev belirleme kurallarında beklenildiği gibi NDTF kuralı daha iyi sonuç vermiştir.
- MAGV dağıtım noktası seçme problemi için SD kuralı en iyi sonucu vermiştir.
- MAGV alım noktası seçme probleminde GOQ kuralı en iyi sonucu vermiştir.

- MAGV yük seçme problemi için F_IF_F kuralı en iyi sonucu vermiştir.
- Makine önü iş sıralama problemi için WINQ kuralı en iyi sonucu vermiştir.
- Teslim tarihi belirleme problemi ile makine öncellik kuralı arasında beklenilen düzeyde etkileşim bulunmamıştır. MAGV sisteminin temel problemlerin arasındaki etkileşimin sistem performansı üzerinde daha etkili olduğu söylenebilir.

5.2. Öneriler

Bu tez çalışması sürecinde karşılaşılan sorunlardan yola çıkılarak bir sonraki çalışmalar için aşağıda bazı öneriler sıralanmıştır.

- Veri seti deneysel bir veri seti olduğundan teorikte ön görülen performans pratikte farklılık gösterebilir. Telsim tarihi belirleme kurallarında ihtiyaç duyulan k sabitleri için gerçek veri setinden veriler alarak daha uygun k sabitleri hesaplanırsa bu farkın yelpazesi düşürülebilir.
- Bu çalışmada teslim tarihi atama kurallarının parametrelerin belirlenmesinde kullanılan matematiksel model sapma süresini en aza indirecek bir şekilde tasarlanmıştır. Bu modelde gecikme süresi ve erken çıkma süresine eşit ağırlık tanımlanmıştır. Fakat pratikte birim işin geç çıkma (elde bulundurmama) maliyeti ile birim işin erken çıkma (elde bulundurma) maliyeti aynı değildir. Dolayısıyla bu matematiksel model toplam maliyeti en aza indirecek şekilde tasarlanır ise farklı sonuçların elde edileceği düşünülmektedir.
- Teslim tarihi problemi hariç diğer 5 problem için literatürde bulunan birçok kuraldan sadece araştırmacılar tarafından iyi performans gösterdiği söylenen kurallar bu çalışmaya dahil edilmiştir.

Problemlerin entegre seviyesini artırarak daha fazla kuralların kombinasyonları incelenebilir ancak bu durumda çok yüksek sayıda modelin geliştirlmesi gerekir. Bu durumda da simülasyon uygulaması için geleneksel yöntemler yerine yapay zeka teknikleri ve katman sistemlerinden faylanılabilir.

- Bu tez çalışmasında model sayısı fazla olduğundan dolayı sadece bir tek üretim düzeni üzerinde uygulama yapılmıştır. Farklı üretim düzenlerde deneyler yapılabilir.
- Ele alınan üretim sisteminden makine/AGV bozulma ve bakım süreci varsayımların dışında tutulmuştur. Bu problemleri de sisteme entegre ederek farklı bir boyuttan inceleme yapılabilir.

KAYNAKLAR

Abdelmaguid, T. F., ve Nassef, A. O., 2010. A constructive heuristic for the integrated scheduling of machines and multiple-load material handling equipment in job shops. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 46(9-12), 1239-1251.

Adam, N. R., Bertrand, J. W. M., Morehead, D. C., ve Surkis, J., 1993. Due date assignment procedures with dynamically updated coefficients for multi-level assembly job shops. European journal of operational research, 68(2), 212-227.

Aktürk, C., ve Gülseçen, S., 2018. Sipariş Teslim Tarihi Problemi İçin Çok Kriterli ve Çok Yöntemli Karar Destek Sistemi Önerisi. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi, 29(84), 65-78.

Alpay, Ş., ve Yüzügüllü, N., 2009. Dynamic job shop scheduling for missed due date performance. International Journal of Production Research, 47(15), 4047-4062.

Angra, S., Chanda, A., ve Chawla, V., 2018. Comparison and evaluation of job selection dispatching rules for integrated scheduling of multi-load automatic guided vehicles serving in variable sized flexible manufacturing system layouts: A simulation study. Management Science Letters, 8(4), 187-200.

Assarzadegan, P., ve Rasti-Barzoki, M., 2016. Minimizing sum of the due date assignment costs, maximum tardiness and distribution costs in a supply chain scheduling problem. Applied Soft Computing, 47, 343-356.

Assarzadegan, P., ve Rasti-Barzoki, M., 2016. Minimizing sum of the due date assignment costs, maximum tardiness and distribution costs in a supply chain scheduling problem. Applied Soft Computing, 47, 343-356.

Aydemir, E., 2009. Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Öncelik Kuralı Tabanlı Genetik Algoritma

Yaklaıımıyla Simülasyon Destekli Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enistitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Aydın, A., 2006. Due Date Quotation In Make-To-Order Systems With Lead Time Sensitive Customers. M. Sc. Thesis, Engineering And Natural Sciences, Sabancı University.

Ayhan, M. B., 2004. Analyzing and evaluating priority rules for job shop scheduling problems. M. Sc. Thesis, Industrial Engineering, Institute For Graduate Studies In Pure and Applied Sciences, Marmara University.

Azimi, P., Ghanbari, M. R., ve Yarmohammadi, S., 2012. Optimization a Multi-Objective and Multiple-Load AGV System using Optimization via Simulation Approach. International Bulletin of Business Administration, 97-108.

Azimi, P., Haleh, H., ve Alidoost, M., 2010. The selection of the best control rule for a multiple-load AGV system using simulation and fuzzy MADM in a flexible manufacturing system. Modelling and Simulation in Engineering, 2010.

Azimi, P., ve Alidoost, M., 2011. A Heuristic Approach For Optimizing A Multiple-Load Automated Guided Vehicle System In An Integrated Flexible Manufacturing System. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, 2, 2011.

Azimi, P., ve Gardeshi, M., 2011. Optimization the automated guided vehicles rules for a multiple-load AGV system using simulation and SAW VICOR and TOPSIS methods in a FMS environment. In 23rd European Modeling and Simulation Symposium EMSS (pp. 17-24).

Babiceanu, R. F., 2005. Holonic-based control system for automated material handling systems. PhD. Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, State University

Baker, K. R., 1984. Sequencing rules and due-date assignments in a job shop. Management science, 30(9), 1093-1104.

Baker, K. R., ve Bertrand, J. W. M., 1981. An investigation of due-date assignment rules with constrained tightness. Journal of Operations Management, 1(3), 109-120.

Baker, K. R., ve Trietsch, D., 2009. Safe scheduling: Setting due dates in single-machine problems. European Journal of Operational Research, 196(1), 69-77.

Baker, K. R., ve Trietsch, D., 2015. Trading off due-date tightness and job tardiness in a basic scheduling model. Journal of Scheduling, 18(3), 305-309.

Baruwa, O. T., ve Piera, M. A., 2016. A coloured Petri net-based hybrid heuristic search approach to simultaneous scheduling of machines and automated guided vehicles. International Journal of Production Research, 54(16), 4773-4792.

Baykasoğlu, A., Göçken, M., ve Unutmaz, Z. D., 2008. New approaches to due date assignment in job shops. European Journal of Operational Research, 187(1), 31-45.

Baykasoğlu, A., ve Göçken, M., 2009. Gene expression programming based due date assignment in a simulated job shop. Expert Systems with Applications, 36(10), 12143-12150.

Bector, C. R., Gupta, Y. P., ve Gupta, M. C., 1988. Determination of an optimal common due date and optimal sequence in a single machine job shop. The International Journal of Production Research, 26(4), 613-628.

Bilge, U., ve Tanchoco, J. M., 1997. AGV systems with multi-load carriers: basic issues and potential benefits. Journal of Manufacturing Systems, 16(3), 159.

Bilge, Ü., Esenduran, G., Varol, N., Öztürk, Z., Aydın, B., ve Alp, A., 2006. Multi-attribute responsive dispatching strategies for automated guided vehicles. International Journal of Production Economics, 100(1), 65–75. doi:10.1016/j.ijpe.2004.10.004

Chaharsooghi, S. K., Honarvar, M., ve Modarres, M., 2011. A multi-stage stochastic programming model for dynamic pricing and lead time decisions in multi-class make-to-order firm. Scientia Iranica, 18(3), 711-721.

Chang, P. C., Chen, S. H., ve Mani, V., 2009. A note on due-date assignment and single machine scheduling with a learning/aging effect. International Journal of Production Economics, 117(1), 142-149.

Charnsirisakskul, K., Griffin, P. M., ve Keskinocak, P., 2004. Order selection and scheduling with leadtime flexibility. IIE transactions, 36(7), 697-707.

Chawla, V. K., Chanda, A. K., Angra, S., ve Rani, S., 2019. Effect of nature-inspired algorithms and hybrid dispatching rules on the performance of automatic guided vehicles in the flexible manufacturing system. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 41(10), 391.

Cheng, T. C. E., 1991. An economic order quantity model with demand-dependent unit production cost and imperfect production processes. IIE transactions, 23(1), 23-28

Cheng, T. C. E., ve Gupta, M. C., 1989. Survey of scheduling research involving due date determination decisions. European journal of operational research, 38(2), 156-166.

Cheng, T. C. E., ve Jiang, J., 1998. Job shop scheduling for missed due-date performance. Computers ve industrial engineering, 34(2), 297-307.

Chiang, T. C., ve Fu, L. C., 2007. Using dispatching rules for job shop scheduling with due date-based objectives. International journal of production research, 45(14), 3245-3262.

Conway, R. W., Maxwell, W. L., ve Miller, L. W., 1967, Theory of scheduling. Courier Corporation.

De Ryck, M., Versteyhe, M., ve Debrouwere, F., 2020. Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. Journal of Manufacturing Systems, 54, 152-173

Delikan, H., 2010, Esnek Üretim Sistemleri ve Üretim İşletmelerinde Uygulanması ile İlgili Alan Araştırması. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İşletme Anabilim Dalı, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Atılım Üniversitesi

Demir, H. I., CaNar, T., Cil, I., Dugenci, M., ve Erden, C., 2016a. Integrating Process Planning, WMS Dispatching, and WPPW Weighted Due Date Assignment Using a Genetic Algorithm. International Journal of Computer and Information Engineering, 10(7), 1324-1332.

Demir, H. I., Cil, I., Uygun, O., Simsir, F., ve Kokcam, A. H., 2016b. Process planning and weighted scheduling with WNOPPT weighted due-date assignment using hybrid search for weighted customers. MATTER: International Journal of Science and Technology, 2(1).

Demir, H. I., Demiriz, A., Dugenci, M., Uygun, O., ve Erden, C., 2016c. Integrating Process Planning, WATC Weighted Scheduling, and WPPW Weighted Due-Date Assignment Using Genetic Algorithm for Weighted Jobs.

Demir, H. I., Erden, C., Ipek, M., ve Uygun, O., 2017. Solving Weighted Number of Operation Plus Processing Time Due-Date Assignment, Weighted Scheduling and Process Planning Integration Problem Using Genetic and Simulated Annealing Search Methods. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, 11(1), 73-81.

Demir, H. I., Erden, C., Kökçam, A. H., ve Uygun, O., 2019. Concurrent solution of WATC scheduling with WPPW due date assignment for environmentally weighted customers, jobs and services using SA and its hybrid. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 6(2), 192-200.

Demir, H. I., Goksu, A., Canpolat, O., Erden, C., ve Nur, M., 2017b. Solving Process Planning and Scheduling with Number of Operation Plus Processing Time Due-Date Assignment Concurrently Using a Genetic Search. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 11(7), 1312-1318.

Demir, H. I., Kokcam, A. H., Simsir, F., ve Uygun, O., 2017c. Solving process planning, weighted earliest due date scheduling and weighted due date assignment using simulated annealing and evolutionary strategies. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 11(9), 1512-1519.

Demir, H. I., Uygun, O., Cil, I., Ipek, M., ve Sari, M., 2015. Process planning and scheduling with SLK due-date assignment where earliness, tardiness and due-dates are punished. Journal of Industrial and Intelligent Information Vol, 3(3).

Demir, H. I., ve Canpolat, O., 2017. Integrated process planning, WSPT scheduling and WSLK due-date assignment using genetic algorithms and evolutionary strategies. An International Journal of Optimization and Control: Theories ve Applications (IJOCTA), 8(1), 73-83.

Demir, H. I.,Erden, C., Ipek, M., ve Kokcam, A. H., 2018a. Solving Process Planning, Weighted Apparent Tardiness Cost Dispatching, And Weighted Processing Plus Weight Due-Date Assignment Simultaneously Using A Hybrid Search. Technological Applied Sciences, 13(4), 285-300.

Demir, H. İ., Cakar, T., Ipek, M., Erkayman, B., ve Canpolat, K., 2016. Process planning and scheduling with PPW due-date assignment using hybrid search. MATTER: International Journal of Science and Technology, 2(1).

Demir, H. İ., Cakar, T., Ipek, M., Erkayman, B., ve Canpolat, K., 2016d. Process planning and scheduling with PPW due-date assignment using hybrid search. MATTER: International Journal of Science and Technology, 2(1).

Demir, H. İ., Canpolat, O., Erden, C., ve Şimşir, F., 2016e. Process Planning and Scheduling with WNOPPT Weighted Due-Date Assignment where Earliness, Tardiness and Due-Dates are Penalized. Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 1(1), 16-25.

Demir, H. İ., Erden, C., Göksu, A., ve Uygun, Ö., 2018b. Solving process planning, ATC scheduling and due-date assignment problems concurrently using genetic algorithm for weighted customers. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 87-96.

Demirci, R., Semiz, S., ve GÖLCÜ, M., 2008. İşletmelerde İleri Teknoloji Kullanımı ve Rekabet: Otomotiv Sektöründe Bir Alan Araştırması. Politeknik Dergisi, 11(2), 139-145.

Demirtaş, M., 2019. Çoklu-Yük Otomatik Rehberli Araçlar İçin Dinamik Yönlendirme Kurallarının Geliştirilmesi ve Analizi. Doktora Tezi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.

Duenyas, I., 1995. Single facility due date setting with multiple customer classes. Management Science, 41(4), 608-619.

Duenyas, I., ve Hopp, W. J., 1995. Quoting customer lead times. Management Science, 41(1), 43-57.

Düzgit, Z., 2015.Online Due Date Assignment In Dynamic And Stochastic Schedualing Environments With Family Setups Under Tardiness And Quoted Lead Time Consideratiıns. PhD Thesis, Industrial Engineering, Boğaziçi University.

Ebadian, M., Rabbani, M., Jolai, F., Torabi, S. A., ve Tavakkoli-Moghaddam, R., 2008. A new decision-making structure for the order entry stage in make-

to-order environments. International Journal of Production Economics, 111(2), 351-367

Egbelu, P. J. ve Tanchoco, J. M. A., 1984. Characterization of automatic guided vehicle dispatching rules. The International Journal of Production Research, 22(3), 359-374.

Eilon, S., ve Chowdhury, I. G., 1976. Due dates in job shop scheduling. The International Journal of Production Research, 14(2), 223-237.

Erden, C., Demir, H. I., ve Kökçam, A. H., 2019. Solving Integrated Process Planning, Dynamic Scheduling, and Due Date Assignment Using Metaheuristic Algorithms. Mathematical Problems in Engineering, 2019.

Eren, M., 2019. ERP Uygulamasında Teslim Tarihi Belirleme İşleminin Uzman Sistemle Çözülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi.

Ezzy, A. S., Khan, F. Z., Akram, M., Agha, J., ve Saeed, A., 2020. Automated logistic systems: needs and implementation. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Edición Especial, Abril 2020, 27-45

Fauadi, M. H. F. B. M., Li, W. L., ve Murata, T., 2011. Combinatorial auction method for decentralized task assignment of multiple-loading capacity AGV based on intelligent agent architecture. In 2011 Second International Conference on Innovations in Bio-inspired Computing and Applications (pp. 207-211). IEEE.

Gacek, S., 2018. Due Date Assignment Using Neural Networks For Standard Products In Small Batch And Multi Assortment Make-To-Order Company.

Germs, R., ve Van Foreest, N. D., 2013. Order acceptance and scheduling policies for a make-to-order environment with family-dependent lead and batch setup times. International Journal of Production Research, 51(3), 940-951.

Gnanavelbabu, A., Jerald, J., Noorul Haq, A., ve Asokan, P., 2009. Multi objective scheduling of jobs, AGVs and AS/RS in FMS using artificial immune

system. In Proceedings of National conference on Emerging trends in Engineering and Sciences (pp. 229-239).

Gordon, V. S., ve Strusevich, V. A., 2009. Single machine scheduling and due date assignment with positionally dependent processing times. European Journal of Operational Research, 198(1), 57-62.

Gordon, V. S., ve Tarasevich, A. A., 2009. A note: Common due date assignment for a single machine scheduling with the rate-modifying activity. Computers ve Operations Research, 36(2), 325-328.

Gordon, V., Proth, J. M., ve Chu, C., 1998. A state-of-the-art Survey of Due Date Assignment and Scheduling Research: slk, twk and other Due Date Assignment Models.

Gosavi, A., ve Grasman, S. E., 2009. Simulation-based optimization for determining AGV capacity in a manufacturing system. In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 574). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

Göçken, M., 2007. A Simulated Based Approach to Develop New Approaches for "Due Date Assignment" and "Job Release" in Multi-Stage Job Shops., PhD. Thesis, Industrial Engineering, Gaziantep University.

Gökşen, Y., 2003. Geleneksel üretimden esnek üretime: karşılaştırmalı bir inceleme. Sosyal Bilimler Enistitüsü Dergisi, Dokuz Eylül Üniversitesi

Gönen, S., ve Çelik, M., 2004. Esnek Üretim Sistemleri Uygulayan İşletmelerde Üretim Maliyetlerinin Değerlendirilmesi. Ege Akademik Bakış Dergisi, 4(1), 133-143.

Grunow, M., Günther, H. O., ve Lehmann, M., 2005. Dispatching multi-load AGVs in highly automated seaport container terminals. In Container Terminals and Automated Transport Systems (pp. 231-255). Springer, Berlin, Heidelberg.

Gürgen, Z., Otacıoğlu, H. C., ve Kurt, H. O., 2019. AGV Sayısına ve Hatlardaki Stok Miktarlarına Karar Veren Bir Hat Besleme Sistemi Kurulması. Endüstri Mühendisliği, 30(2), 75-92.

Heger, J., ve Voß, T., 2019. Dynamic priority based dispatching of AGVs in flexible job shops. Procedia CIRP, 79, 445-449.

Ho, Y. C., Liu, H. C., ve Yih, Y., 2012. A multiple-attribute method for concurrently solving the pickup-dispatching problem and the load-selection problem of multiple-load AGVs. Journal of manufacturing systems, 31(3), 288-300.

Ho, Y. C., ve Chien, S. H., 2006. A simulation study on the performance of task-determination rules and delivery-dispatching rules for multiple-load AGVs. International journal of production research, 44(20), 4193-4222.

Ho, Y. C., ve Liu, H. C., 2006. A simulation study on the performance of pickup-dispatching rules for multiple-load AGVs. Computers ve industrial engineering, 51(3), 445-463.

Ho, Y. C., ve Liu, H. C., 2009. The performance of load-selection rules and pickup-dispatching rules for multiple-load AGVs. Journal of Manufacturing Systems, 28(1), 1-10.

Hsu, S. Y., ve Sha, D. Y., 2004. Due date assignment using artificial neural networks under different shop floor control strategies. International Journal of Production Research, 42(9), 1727-1745.

Hung, P. C., ve Liu, F. H., 2001. Estimation of the fleet size for a multi-load automated guided vehicle system. Proceedings of the National Science Council, Part A: Physical Science and Engineering, 25(4), 244-253.

Ilić, A., 2015. On the variable common due date, minimal tardy jobs bicriteria two-machine flow shop problem with ordered machines. Theoretical Computer Science, 582, 70-73

İpek, M., 2007. Dinamik Atölye Çizelgelemede Yapay Sinir Ağı ile Teslim Tarihi Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enistitüsü, Sakarya Üniversitesi.

Jagan, D., Senthilvel, A. N., Prabhakar, R., ve Maheswari, S. U., 2015. Analysis for Maximal Optimized Penalty for the Scheduling of Jobs with Specific Due Date on a Single Machine with Idle Time. Procedia Computer Science, 47, 247-254

Joseph, O. A., ve Sridharan, R., 2011. Analysis of dynamic due-date assignment models in a flexible manufacturing system. Journal of Manufacturing Systems, 30(1), 28-40.

Kalantari, M., Rabbani, M., ve Ebadian, M., 2011. A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid MTS/MTO production systems. Applied Mathematical Modelling, 35(3), 1363-1377.

Kalebek, B., 2006. Esnek Üretim Sistemleri ve Simülasyon Yoluyla İş Çizelgelemesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enistitüsü, Gazi Üniversitesi

Keskinocak, P., Ravi, R., ve Tayur, S., 2001. Scheduling and reliable lead-time quotation for orders with availability intervals and lead-time sensitive revenues. Management science, 47(2), 264-279.

Kim, D. B., ve Hwang, H., 2001. A dispatching algorithm for multiple-load AGVs using a fuzzy decision-making method in a job shop environment. Engineering Optimization, 33(5), 523-547.

Kim, K. S., Do Chung, B., ve Jae, M., 2003. A design for a tandem AGVS with multi-load AGVs. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 22(9-10), 744-752.

Kim, K. S., ve Do Chung, B., 2007. Design for a tandem AGV system with two-load AGVs. Computers ve Industrial Engineering, 53(2), 247-251.

Kłosowski, G., 2010. Design for a hybrid single multi-load AGV1 simulation system with artifficial intelligence controller. Applied Computer Science, 6.

Kumar, U., ve Jayant, A., 2015. Simulation Modeling Of Automated Guided Vehicles (Agvs) In Job-Shop Manufacturing Environment. Journal of Aeronautical and Automotive Engineering (JAAE), 2(2), 67-69.

Kuroda, M., 2016. Integration of product design and manufacturing through real-time due-date estimation and scheduling systems. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 10(3), JAMDSM0042

Lee, J., Tangjarukij, M., ve Zhu, Z., 1996. Load selection of automated guided vehicles in flexible manufacturing systems. International Journal of Production Research, 34(12), 3383-3400.

Lee, J., ve Srisawat, T., 2006. Effect of manufacturing system constructs on pick-up and drop-off strategies of multiple-load AGVs. International journal of production research, 44(4), 653-673.

Levitin, G., ve Abezgaouz, R., 2003. Optimal routing of multiple-load AGV subject to LIFO loading constraints. Computers ve Operations Research, 30(3), 397-410.

Li, D., Ouyang, B., Wu, D., ve Wang, Y., 2019. Artificial intelligence empowered multi-AGVs in manufacturing systems. arXiv preprint arXiv:1909.03373.

Li, G., Li, X., Gao, L., ve Zeng, B., 2019. Tasks assigning and sequencing of multiple AGVs based on an improved harmony search algorithm. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 10(11), 4533-4546.

Li, M., Yao, L., Yang, J., ve Wang, Z., 2015. Due date assignment and dynamic scheduling of one-of-a-kind assembly production with uncertain processing time. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 28(6), 616-627.

Li, S. S., ve Chen, R. X., 2017. Common due date assignment and cumulative deterioration scheduling on a single machine. Engineering Optimization, 49(6), 976-989.

Liu, F. H., ve Hung, P. C., 2001. Real-time deadlock-free control strategy for single multi-load automated guided vehicle on a job shop manufacturing system. International Journal of Production Research, 39(7), 1323-1342.

Liu, F. H., ve Hung, P. C., 2002. Control strategy for dispatching multi-load automated guided vehicles in a deadlock-free environment. Journal of Mathematical Modelling and Algorithms, 1(2), 117-134.

Liu, J. J., Chen, Q. X., Mao, N., ve Lin, Z. A., 2011. A multi-agent-based mould due date setting approach in stochastic production. International Journal of Production Research, 49(5), 1353-1371.

Low, C., Li, R. K., ve Wu, G. H., 2016. Minimizing total earliness and tardiness for common due date single-machine scheduling with an unavailability interval. Mathematical Problems in Engineering, 2016.

Lödding, H., ve Piontek, A., 2017. The surprising effectiveness of earliest operation due-date sequencing. Production Planning ve Control, 28(5), 459-471.

Moodie, D. R., 1999. Due date demand management: negotiating the trade-off between price and delivery. International Journal of Production Research, 37(5), 997-1021.

Mor, B., Mosheiov, G., ve Shabtay, D., 2013. A note: Minmax due-date assignment problem with lead-time cost. Computers ve operations research, 40(8), 2161-2164.

Mosheiov, G., ve Pruwer, S., 2020. On the minmax common-due-date problem: extensions to position-dependent processing times, job rejection, learning effect, uniform machines and flowshops. Engineering Optimization, 1-17.

Murayama, N., ve Kawata, S., 2006. Simulated annealing method for simultaneous scheduling of machines and multiple-load AGVs. 한국 CDE 학회 국제학술발표 논문집, 55-62.

Nayyar, P., ve Khator, S. K., 1993. Operational control of multi-load vehicles in an automated guided vehicle system. Computers ve industrial engineering, 25(1-4), 503-506.

Nearchou, A. C., 2008. A differential evolution approach for the common due date early/tardy job scheduling problem. Computers ve Operations Research, 35(4), 1329-1343.

Occena, L. G., ve Yokota, T., 1993. Analysis of the AGV loading capacity in a JIT environment. Journal of Manufacturing Systems, 12(1), 24.

Ozden, M., 1988. A simulation study of multiple-load-carrying automated guided vehicles in a flexible manufacturing system. The International Journal Of Production Research, 26(8), 1353-1366.

Öztürk, H., 2018. Esnek Akış Tipi Çizelgelemeyle Teslim Tarihi Belirleme ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Park, S. C., Raman, N., ve Shaw, M. J., 1997. Adaptive scheduling in dynamic flexible manufacturing systems: a dynamic rule selection approach. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 13(4), 486-502.

Patil, R. J., 2010. Due date management to improve customer satisfaction and profitability. International Journal of Logistics: Research and Applications, 13(4), 273-289.

Philipoom, P. R., 2000. The choice of dispatching rules in a shop using internally set due-dates with quoted leadtime and tardiness costs. International Journal of Production Research, 38(7), 1641-1655.

Philipoom, P. R., ve Fry, T. D., 1992. Capacity-based order review/release strategies to improve manufacturing performance. The International Journal Of Production Research, 30(11), 2559-2572.

Pibernik, R., ve Yadav, P., 2008. Dynamic capacity reservation and due date quoting in a make-to-order system. Naval Research Logistics (NRL), 55(7), 593-611.

Ragatz, G. L., ve Mabert, V. A., 1984. A framework for the study of due date management in job shops. The International Journal of Production Research, 22(4), 685-695.

Raghu, T. S., ve Rajendran, C., 1995. Due-date setting methodologies based on simulated annealing—an experimental study in a real-life job shop. International Journal of Production Research, 33(9), 2535-2554.

Rajabinasab, A., ve Mansour, S., 2011. Dynamic flexible job shop scheduling with alternative process plans: an agent-based approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 54(9-12), 1091-1107.

Ramanaiah, D. V., ve Ashok, B., 2013. Performance Of Multi-Load Agv Systems Under Different Guide Path Configurations.

Rampratap, ve Jayswal, D.S.C, 2012. Modeling AGV Systems In Material Handling Used Of Loop Based, Internatıonal Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT) V-01,

Rashidi, H. (2010). Scheduling single-load and multi-load AGVs in container terminals. Amirkabir International Journal Of Modeling, Identification, Simulation And Control, (42-2), 1-10.

Rasti-Barzoki, M., ve Hejazi, S. R., 2015. Pseudo-polynomial dynamic programming for an integrated due date assignment, resource allocation, production, and distribution scheduling model in supply chain scheduling. Applied Mathematical Modelling, 39(12), 3280-3289.

Roh, H. K., ve Kim, Y. D., 1997. Due-date based loading and scheduling methods for a flexible manufacturing system with an automatic tool transporter. International Journal of Production Research, 35(11), 2989-3004.

Sabuncuoglu, I., ve Hommertzheim, D. L., 1993. Experimental investigation of an FMS due-date scheduling problem: Evaluation of machine and AGV scheduling rules. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 5(4), 301-323.

Schäfer, R., Chankov, S., ve Bendul, J., 2016. What is Really" On-Time"? A Comparison of Due Date Performance Indicators in Production. GRIN Verlag.

Schäfer, R., Chankov, S., ve Bendul, J., 2016. What is Really" On-Time"? A Comparison of Due Date Performance Indicators in Production. GRIN Verlag.

Sertdemir, S., 2011. Due Date Assignment With Family Setups. M. Sc. Industrial Engineering, Middle East Technical University.

Sezen, B. ,2011. Modeling automated guided vehicle systems in material handling. Doğuş Üniversitesi Dergisi, 4(2), 207-216.

Sha, D. Y., ve Liu, C. H., 2005. Using data mining for due date assignment in a dynamic job shop environment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25(11-12), 1164-1174.

Shabtay, D., 2010. Scheduling and due date assignment to minimize earliness, tardiness, holding, due date assignment and batch delivery costs. International Journal of Production Economics, 123(1), 235-242.

Shabtay, D., Steiner, G., ve Zhang, R., 2016. Optimal coordination of resource allocation, due date assignment and scheduling decisions. Omega, 65, 41-54.

Shanthikumar, J. G., ve Sumita, U., 1988. Approximations for the time spent in a dynamic job shop with applications to due-date assignment. The International Journal of Production Research, 26(8), 1329-1352.

Shcherbakov, M. V., Brebels, A., Shcherbakova, N. L., Tyukov, A. P., Janovsky, T. A., ve Kamaev, V. A. E., 2013. A survey of forecast error measures. World Applied Sciences Journal, 24(24), 171-176.

Sinriech, D., ve Kotlarski, J., 2002. A dynamic scheduling algorithm for a multiple-load multiple-carrier system. International Journal of Production Research, 40(5), 1065-1080.

Sinriech, D., ve Palni, L., 1998. Scheduling pickup and deliveries in a multiple-load discrete carrier environment. IIE transactions, 30(11), 1035-1047.

Smith, C. H., Minor, E. D., ve Wen, H. J., 1995. Regression-based due date assignment rules for improved assembly shop performance. International Journal of Production Research, 33(9), 2375-2385.

Smith, M. L., ve Seidmann, A., 1983. Due date selection procedures for job-shop simulation. Computers ve Industrial Engineering, 7(3), 199-207.

Soba, M. 2006. Esnek Üretim Sistemlerinin İşletme Performansına Etkileri ve Vestel Elektronik A.Ş. Örneği. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi,

Şahin, C., 2010. Multi-agent approach for the scheduling of manufacturing systems, PhD Thesis, Department of Industrial Engineering, Inistitude of Natural and Applied Sciences, Çukurova University

Şahin, C., 2016. Dinamik Teslim Zamanı Atama Problemi için Holonik Sistem Tasarımı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 149-158.

Şensoy, E., 2009. Üretim Yapan İşletmelerde Analitik Ağ Prosesi Yöntemi Ile Proje Önceliklerinin Belirlemesi ve Buna Yönelik Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İşletme Anabilim Dalı, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Teymourifar, A., 2014. Dinamik Atölye Çizelgeleme Problemleri İçin Teslim Zamanı Belirleme ve Yeni Sevk Etme Kuralları. Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi.

Thonemann, U. W., ve Brandeau, M. L., 1996. Designing a single-vehicle automated guided vehicle system with multiple load capacity. Transportation science, 30(4), 351-363.

Thonemann, U. W., ve Brandeau, M. L., 1997. Designing a zoned automated guided vehicle system with multiple vehicles and multiple load capacity. Operations Research, 45(6), 857-873.

Thürer, M., Land, M. J., Stevenson, M., ve Fredendall, L. D., 2017. On the integration of due date setting and order release control. Production Planning ve Control, 28(5), 420-430.

Thürer, M., Stevenson, M., Land, M. J., ve Fredendall, L. D., 2019. On the combined effect of due date setting, order release, and output control: an assessment by simulation. International Journal of Production Research, 57(6), 1741-1755.

Tiwari, A., 2010. Scheduling of Automated Guided Vehicles in Flexible Manufacturing Systems environment. PhD. Thesis, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela

Tsai, C. H., Chang, G. T., ve Li, R. K., 1997. Integrating order release control with due-date assignment rules. International Journal of Production Research, 35(12), 3379-3392.

TÜBİTAK, 2017. Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemler Teknoloji Yol Haritası, TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı

Udhayakumar, P., ve Kumanan, S., 2010. Task scheduling of AGV in FMS using non-traditional optimization techniques. International Journal of Simulation Modelling, 9(1), 28-39.

Udo, G. J., 1994. A simulation study of due-date assignment rules in a dynamic job shop. Journal of the Operational Research Society, 45(12), 1425-1435.

Veral, E. A., 2001. Computer simulation of due-date setting in multi-machine job shops. Computers ve Industrial Engineering, 41(1), 77-94.

Veral, E. A., ve Mohan, R. P., 1999. A two-phased approach to setting due-dates in single machine job shops. Computers ve industrial engineering, 36(1), 201-218.

Vig, M. M., ve Dooley, K. J., 1991. Dynamic rules for due-date assignment. The International Journal of Production Research, 29(7), 1361-1377.

Vinod, K. T., Prabagaran, S., ve Joseph, O. A., 2019. Dynamic due date assignment method A simulation study in a job shop with sequence-dependent setups. JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT, 30(2), 421-437.

Vinod, V., ve Sridharan, R., 2011. Simulation modeling and analysis of due-date assignment methods and scheduling decision rules in a dynamic job shop production system. International Journal of Production Economics, 129(1), 127-146.

Wang, D. J., Yin, Y., Cheng, S. R., Cheng, T. C. E., ve Wu, C. C., 2016. Due date assignment and scheduling on a single machine with two competing agents. International Journal of Production Research, 54(4), 1152-1169.

Weeks, J. K., 1979. A simulation study of predictable due-dates. Management Science, 25(4), 363-373.

Weeks, J. K., ve Fryer, J. S., 1977. A methodology for assigning minimum cost due-dates. Management Science, 23(8), 872-881.

Wein, L. M., ve Chevalier, P. B., 1992. A broader view of the job-shop scheduling problem. Management science, 38(7), 1018-1033.

Weng, W., 2019. A rule for lead time estimation in general production shops. In 2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS) (pp. 581-586). IEEE.

Wu, G., ve Sun, X., 2020. AGV Task Distribution Study. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1486, p. 072016).

Xiong, X., Wang, D., Edwin Cheng, T. C., Wu, C. C., ve Yin, Y., 2018. Single-machine scheduling and common due date assignment with potential machine disruption. International Journal of Production Research, 56(3), 1345-1360.

Yaghoubi, S., 2015. Due-date assignment for multi-server multi-stage assembly systems. International Journal of Systems Science, 46(7), 1246-1256.

Yan, R., Dunnett, S., ve Jackson, L., 2019. Maintenance modelling of complex automated guided vehicle systems. In 2019 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS) (pp. 1-6). IEEE.

Yang, D. H., Hu, L., ve Qian, Y., 2017. Due date assignment in a dynamic job shop with the orthogonal kernel least squares algorithm. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 212, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.

Yang, D., ve Zhang, X., 2017. A hybrid approach for due date assignment in a dynamic job shop. In 2017 9th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC) (pp. 793-798). IEEE.

Yao, Z., ve Fujimura, S., 2010. Notice of Retraction Simulation of multi-load AGV system based on JIT production environment. In 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology (Vol. 2, pp. 255-259). IEEE.

Yenigün, E., 2010. Atölye tipi Üretimde Teslim Tarihi Verilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enistitüsü, Sakarya Üniversitesi.

Yılmaz, Y., ve Yılmaz, Y., 2005. Parametrik olmayan testlerin pazarlama alanındaki araştırmalarda kullanımı: 1995-2002 arası yazın taraması.

Yildirim, M. B., Cakar, T., Doguc, U., ve Meza, J. C., 2006. Machine number, priority rule, and due date determination in flexible manufacturing systems using artificial neural networks. Computers ve Industrial Engineering, 50(1-2), 185-194.

Yin, Y., Cheng, S. R., Cheng, T. C. E., Wu, C. C., ve Wu, W. H., 2012. Two-agent single-machine scheduling with assignable due dates. Applied Mathematics and Computation, 219(4), 1674-1685.

Zhang, L., Hu, Y., ve Guan, Y., 2019. Research on hybrid-load AGV dispatching problem for mixed-model automobile assembly line. Procedia CIRP, 81, 1059-1064.

Zhao, C., 2016. Common due date assignment and single-machine scheduling with release times to minimize the weighted number of tardy jobs. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 33(1), 239-249.

Zhao, C., Hsu, C. J., Cheng, S. R., Yin, Y., ve Wu, C. C., 2014. Due date assignment and single machine scheduling with deteriorating jobs to minimize the weighted number of tardy jobs. Applied Mathematics and Computation, 248, 503-510.

Zhao, X. F., Liu, H. Z., Lin, S. X., ve Chen, Y. K., 2020. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MULTIPLE AGV SCHEDULING ALGORITHM FOR A JOB-SHOP. International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM), 19(1).

Zorzini, M., Corti, D., ve Pozzetti, A., 2008. Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to-order companies: Results from an empirical analysis. International Journal of Production Economics, 112(2), 919-933.

ÖZGEÇMİŞ

Sakhi Mohammad HAMIDY, 22 Temmuz 1993'te Afganistan'ın Kabil şehrinde doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Kabil şehrinde farklı okullarda tamamladı. 2011 yılında ülkesindeki üniversite girişi sınavına girerek Kabil Üniversitesi Fen bilimleri bölümünü kazandı, iki dönem eğitim aldıktan sonra Türkiye devleti tarafından sağlanan bir bursa programına katılarak Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Yabancı Diller Okulu'nda Türkçe eğitim görmeye başladı. 2012-2013 güz döneminde lisans eğitimine başladı. 2017 yılında lisans eğitimini bitirdi ve bölüm ikincisi olarak mezun oldu. 2017-2018 güz döneminde yüksek lisans eğitimine başladı. Halıhazırda yüksek lisans eğitimini devam etmektedir.

EKLER

Ek1: Noktalar arası yollar Çizelge 7.1'de verişmiştir.

Çizelge 7.1. Noktalar arası direk yollar

		Hedef Noktası														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Başlangıç Noktası	1		✓													✓
	2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓
	3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
	4	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓					✓
	5		✓				✓		✓	✓						
	6	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓						✓
	7	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓			✓		
	8	✓	✓	✓	✓		✓			✓						
	9	✓	✓	✓	✓				✓		✓			✓		
	10	✓	✓	✓	✓				✓	✓			✓	✓		
	11	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓		✓	✓		
	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
	13	✓											✓		✓	✓
	14									✓		✓	✓			
	15	✓								✓		✓	✓			

Ek2: Noktalar arası mesfeleri Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Noktalar arası mesafeler

		Hedef Noktası														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Başlangıç Noktası	1		15	25	55	45	56	48	49	96	61	69,5	58	38	48	33
	2	15		10	40	30	43	33	34	91	46	64,5	43	23	33	38
	3	45	60		30	40	53	43	44	81	36	54,5	33	13	23	28
	4	35	40	30		10	23	13	14	71	26	84,5	49	43	53	58
	5	45	30	40	42		13	23	4	81	36	94,5	59	53	63	68
	6	38	43	33	29	13		10	17	68	23	87,5	46	46	56	61
	7	54	59	39	19	29	42		30	58	13	77,5	36	36	46	51
	8	58	43	53	49	33	20	30		88	43	108	66	66	76	81
	9	76	81	71	41	51	58	54	38		35	99,5	58	58	68	73
	10	61	66	56	26	36	49	39	40	45		84,5	23	43	53	58
	11	59,5	64,5	54,5	24,5	34,5	47,5	37,5	38,5	46,5	50,5		21,5	41,5	51,5	56,5
	12	38	43	33	23	33	46	36	37	74	29	61,5		20	30	35
	13	38	53	53	43	53	66	56	57	68	49	41,5	20		10	15
	14	68	73	63	53	63	76	66	67	58	59	31,5	30	50		65
	15	33	48	58	58	68	81	71	72	63	64	36,5	35	55	65	