



# TEZ 400 Bitirme Çalışması Endüstri Mühendisliği Bölümü KARMA MODELLİ U-TİPİ MONTAJ HATLARININ BESLENMESİ VE DENGELENMESİ İÇİN OPTİMİZASYON MODELİ: GERÇEK BİR UYGULAMA



Proje Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk YILMAZ

Proje Ekibi: Fatime KOYUNCU, Ayça YİRMİLİ, Emine TEKİN, İrem ÇUKURLU

## PROBLEMİN AMACI VE ÖNEMİ

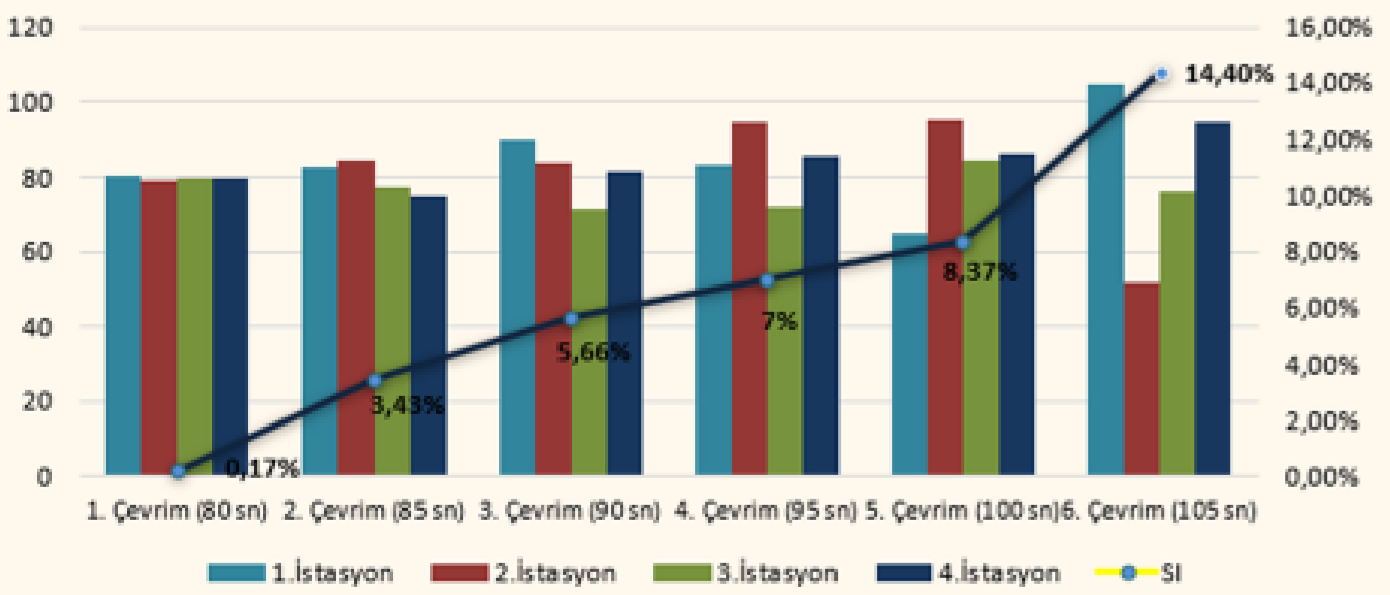
- U-tipi montaj hattı ve hat besleme konularını birleştiren bir sistem elde etmek.
- Mevcut durumun analizinin yapılarak modelin U-tipi montaj hattı modeline uyarlanması.
- Elde edilen modelin karma model ile birleştirilmesi.
- Montaj hattı üzerinde tespit edilen dar boğaz istasyonunun iyileştirilerek çevrim sürelerinin dengelenmesi ve eş zamanlı olarak beslenmesi.
- Üretim hattında tek parça ürün akışının sağlayarak verimliliği arttırmak.
- İş istasyonlarına, işçilerin performanslarına göre atamalarının yapılması.
- Çevrim süresinin modele etkilerinin araştırılması için senaryo analizi yapılması.
- Faydalı model geliştirilerek montaj hattına uygulanabilirliği sağlamak.

## SENARYO ANALİZİ

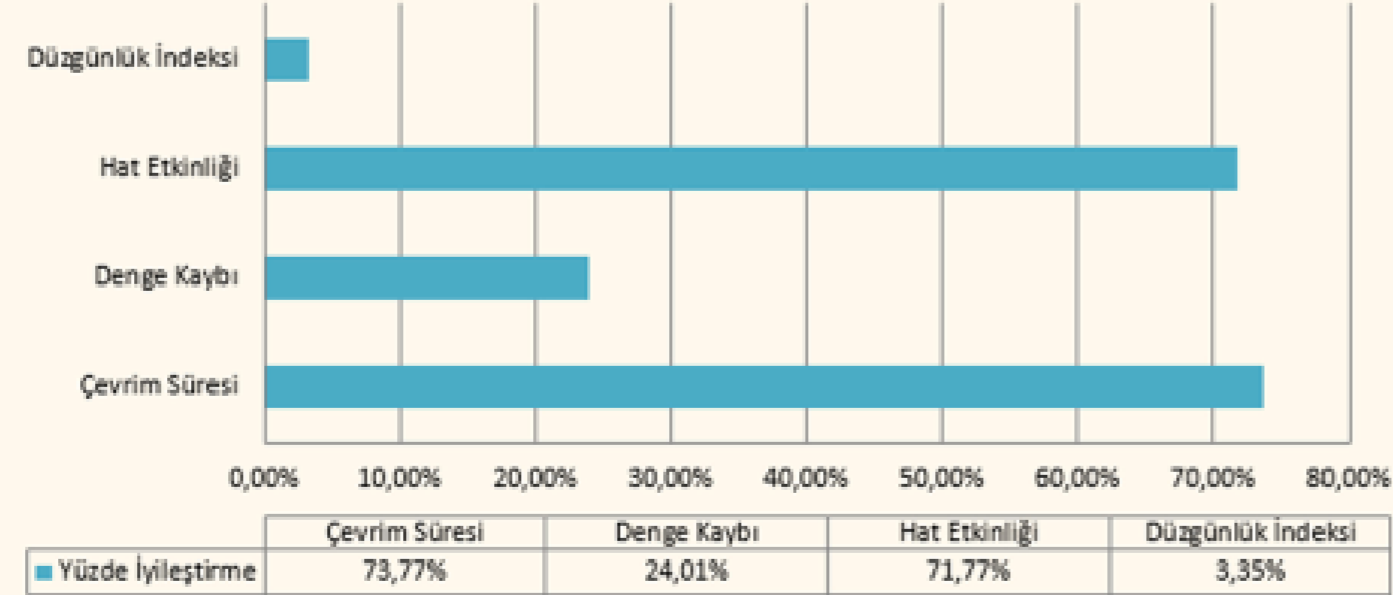
Çevrim Süresi	İstasyon	İşçi	Görevler	İstasyon Süresi (sn)	Atıl Süre (sn)
80	1	7	1-2-3-4-5-6-8	79,5	0,5
	2	1	9-16-21-22-24-25-27-28-29-30	78,98	1,02
	3	3	7-10-11-13-17-18	79,25	0,75
	4	8	12-14-15-19-20-23-26	79,5	0,5
85	1	6	1-2-3-4-5-7-8-30	82,86	2,14
	2	4	6-10-12-16-23-26	84,4	0,6
	3	3	9-11-18-25-28-29	77,49	7,51
	4	13	14-15-16-17-19-20-21-22-24-27	75,14	9,86
90	1	7	1-2-3-4-5-6-7-8-16	89,48	0,52
	2	12	6-10-15-20-21-23-25-26-28-30	84,06	5,94
	3	1	9-12-14-24	71,46	18,54
	4	2	11-13-17-18-19-22-27-30	81,64	8,36
95	1	1	13-15-18-20-21-23-25-26-28-30	83,08	11,92
	2	13	1-2-3-4-5-8-16	94,35	0,65
	3	5	6-7-12-14-17-19-22-24-27-29	71,75	23,25
	4	2	9-10-11	85,51	9,49
100	1	6	1-2-4-5-6-22-24-27-29	64,53	35,47
	2	8	3-8-15-20-21-23-25-26-28-30	95	5
	3	9	9-12-14-16-17-19	84,56	15,44
	4	11	7-10-11-13-18	85,91	14,09
105	1	6	1-3-16-18-20-23-26-27-29	104,37	0,63
	2	7	4-6-14-15-21-22-24-25-28-30	51,94	53,06
	3	1	2-5-7-11-12-13-17-15	75,97	29,03
	4	13	8-9-10	94,39	10,61

## SONUÇ

Senaryo Analizi Performans Karşılaştırılması

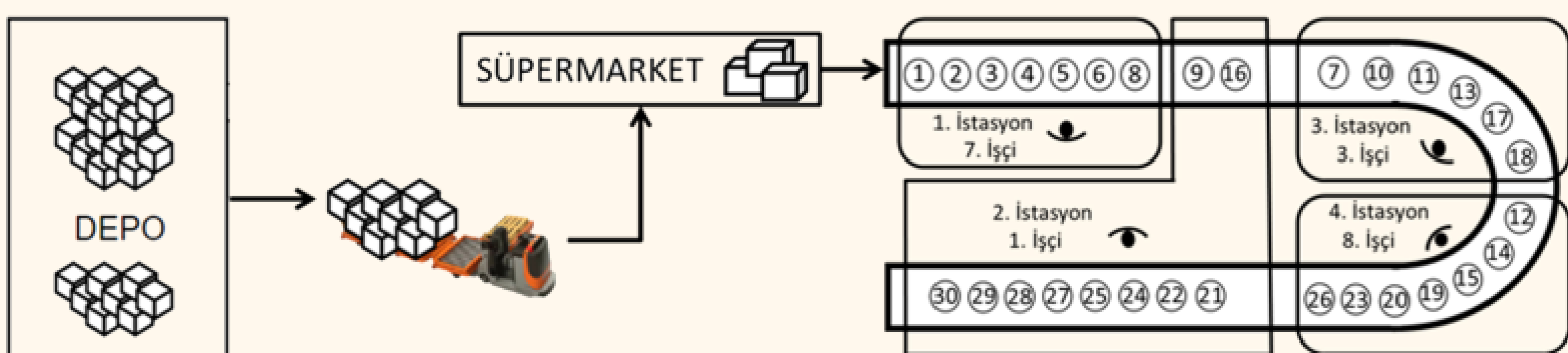


Yapılan İyileştirmeler



Şekilde çevrim sürelerinin senaryo analizlerine bağlı olarak istasyonların çevrim süreleri ve düzgünlük indeksleri gösterilmiştir. Optimum çevrim süresi olarak 80 saniye seçilmiştir.

Şekilde yapılan çalışma sonucunda performans kriterlerindeki iyileşme oranları grafikteki gibidir.



Şekilde besleme sistemi ve montaj hattına yapılan iş ve işçi atamaları görülmektedir.

## PROBLEMİN TESPİTİ

- Montaj hatlarında tek parça ürün akışın sağlanamamaktadır.
- Firma ani talep değişikliklerine cevap verememektedir.
- Firmada çalışan işçiler yeteneklerine göre istasyonlarda görevlendirilmemiştir.
- İşçiler, bütün istasyonlarda görev almadıkları ve farklı istasyonlarda yeterli zaman geçirmedikleri için yeterli bilgiye sahip değildir.
- Firmada büyük parçalar üzerinde işlem yapılarak taşıma forklift ile sağlanmaktadır.
- Firma içerisinde besleme, hattın çevrim süresine entegre edilmemektedir.
- Firmaya katma değer sağlamayan işler ve firma içi atıl zamanlar saptanamamaktadır.
- Firmada yeni bir makine alımı için yeterli alan bulunmamaktadır.
- Makine eksikliğine bağlı olarak , mesai süreleri aşılmakta ve optimum şekilde kullanılmamaktadır.

## OPTİMİZASYON MODELİ

$i, r, s$  : İş Ögesi  
 $J$  : İstasyon  
 $w$  : İşçi  
 $l$  : Çevrim Sayısı  
 $t_i$  :  $i$ . İş Ögesinin Standart İşlem Süresi  
 $C$  : Çevrim Süresi  
 $S$  : Öncelik İlişkilerinin Kümesi  
 $P_{iw}$  :  $w$ . İşçinin  $i$ . İşteki Performans Katsayısı  
 $W_j$  :  $j$ . İş İstasyonuna Atanabilecek İş Ögelerinin Kümesi

$N$  : Toplam İş Sayısı  
 $m_{max}$  : Maksimum İstasyon Sayısı  
 $T_w$  : Toplam İşçi Sayısı  
 $L$  : Araçın Maksimum Çevrim Sayısı  
 $KV$  : Araç Kapasitesi  $m^3$   
 $KU$  : Malzeme Hacmi  $m^3$   
 $KSV$  : Süpermarket Hacmi  $m^3$   
 $w1$  : Amaç Fonksiyonu Ağırlığı  
 $||W_j||$  :  $W_j$  Kümesinin Eleman Sayısı

$(r, s) \in S$ : Bir Öncelik İlişkisi  $r$  Görevi,  $s$  Görevinin Komşu Öncülüğü

### Karar Değişkenleri

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ iş ögesi } k \text{ istasyonunun ön tarafına atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$   
 $y_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ iş ögesi } k \text{ istasyonunun arka tarafına atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$   
 $z_j = \begin{cases} 1, & k \text{ iş istasyonuna en az bir iş ögesi atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$   
 $A_{jw} = \begin{cases} 1, & k \text{ iş istasyonuna en az bir iş ögesi atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$   
 $k_{ij} = \begin{cases} 1, & k \text{ iş istasyonuna en az bir iş ögesi atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$   
 $S_{jw} = \begin{cases} 1, & k \text{ iş istasyonuna en az bir iş ögesi atanmışsa,} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$

$$\text{Enk } Z = \sum_{j=1}^{m_{max}} Z_j + w1 * \sum_{i=1}^n q_i$$

$$(x_{ij} + y_{ij}) = k_{ij}$$

$$A_{jw} * k_{ij} = S_{jw} \quad \forall (i, j, w)$$

$$A_{jw} + k_{ij} \geq 2S_{jw} \quad \forall (i, j, w)$$

$$A_{jw} + k_{ij} \geq 1 + S_{jw} \quad \forall (i, j, w)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} k_{ij} = 1 \quad \forall (i) \in S$$

$$A_{jw} + k_{ij} \geq 2S_{jw} \quad \forall (i, j, w)$$

$$A_{jw} + k_{ij} \geq 1 + S_{jw} \quad \forall (i, j, w)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^w t_i P_{iw} S_{jw} \leq C * Z_j \quad \forall (j) \in S$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (m_{max} - j + 1)(x_{rj} - x_{sj}) \geq 0 \quad \forall (r, s) \in S$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (m_{max} - j + 1)(y_{rj} - y_{sj}) \geq 0 \quad \forall (r, s) \in S$$

$$\sum_{i \in W_j} k_{ij} - ||W_j|| * Z_j \leq 0 \quad \forall (j) \in S$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} A_{jw} \leq 1 \quad \forall (w) \in S$$

$$\sum_{w=1}^w A_{jw} \leq 1 \quad \forall (j) \in S$$

$$Z_j - \sum_{w=1}^w A_{jw} = 0 \quad \forall (j) \in S$$

$$KU + q_i \leq KV \quad \forall (i) \in S$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \leq KSV$$

$$x_{ij}, y_{ij}, k_{ij}, V_{jw}, Z_j, A_{jw}, S_{jw} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i \text{ ve } \forall (j) \in S$$

## ÖNERİLER

- Beslemede akışın kesildiği yere süpermarket yerleştirilebilir.
- Depodan süpermarkete sipariş noktası altına düşüldüğü takdirde besleme gerçekleştirilebilir.
- Büyük boyutlu problem için sezgisel yöntemler kullanılabilir.
- Besleme politikalarına göre sonuçlar kıyaslanabilir.
- Gelecek çalışmalarda hat veya istasyon sayıları artırılarak çok araçlı hat besleme konuları ele alınabilir.
- Stokastik süreler ele alınarak problem yeniden çözülebilir.
- En kötü durum senaryolarına karşı gürbüz (robust) model oluşumu incelenebilir.
- Montaj hattında verilen ağırlıklı ortalama sürelerine rassallık ve belirsizlik dahil edilebilir.