

Geleneksel Montaj Üretim Sisteminin Hat-Seru Modeline Dönüştürülmesi: Çikolata Üretiminde Seru Üretim Sistemi¹

Çağdaş YILDIZ², Adem TÜZEMEN³

Geleneksel Montaj Üretim Sisteminin Hat-Seru Modeline Dönüştürülmesi: Çikolata Üretiminde Seru Üretim Sistemi

Conversion of Traditional Assembly Production System to Line-Seru Model: Seru Production System in Chocolate Production

Öz

Ford model arabaların ilk üretiminden bu yana birçok üretim modeliyle üretimler gerçekleştirilmiştir. Geleneksel montaj üretimi yapan her fabrika hareketli üretim bantları üzerine sistemi kurarak çıktının maksimum, maliyetlerin minimum olmasını ve çalışanların en verimli şekilde işletilmesini amaçlamaktadır. Seru üretim sistemi de 90'lı yıllarda en yeni üretim sistemlerinden biri olarak Japonya'da ortaya çıkmıştır. Canon ve Sony gibi dev Japon şirketleri Seru üretim sistemini ürün farklılaştırma ve markete daha çok yön verme hedefiyle uygulamışlardır. Seru üretim sisteminin temelinde özellikle Türkçe literatürde yapılan çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu çalışmada seru üretim sistemini geleneksel bir montaj hattı üzerine uyarlayıp kaynak kullanım oranlarının ve çıktı sayısının maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Çikolata üretimi yapan bir fabrika üzerinde Arena yazılımı kullanarak Simülasyon tekniği kullanılmış ve alternatif hat-seru montaj senaryoları ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Japon üretim sistemi, Seru, Hat-seru dönüştürme modeli, Simülasyon

Abstract

Since the first production of Ford model cars, many production models have been produced. Every factory that makes traditional assembly production aims to maximize output, minimize costs and operate employees in the most efficient way by establishing the system on movable production lines. Seru production system emerged in Japan in the 90s as one of the newest production systems. Giant Japanese companies such as Canon and Sony have implemented the Seru production system with the aim of product differentiation and giving more direction to the market. Studies on seru production system, especially in the Turkish literature, are quite few. In this study, it is aimed to adapt the seru production system on a traditional assembly line and maximize the resource utilization rates and the number of outputs. Simulation technique was used by using Arena software on a factory producing chocolate and alternative line-seru assembly scenarios were put forward.

Keywords: Japanese production system, Seru, Line-to-seru conversion model, Simulation

Makale Türü: Araştırma

Paper Type: Research

¹ Bu çalışma 2. Yazarın danışmanlığında 1. Yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

² Çağdaş YILDIZ, Doktora Öğrencisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı, e-mail: cagdasyildiz60@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4708-4083>

³ Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü Üretim Yönetimi ve Pazarlama ABD., e-mail: adem.tuzemen@gop.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5786-2686>

1. Giriş

Şirketler sürekli olarak değişen pazar taleplerini karşılamak için hızlı bir şekilde yanıtlar vermelidir. Aynı zamanda talebin tam anlamıyla karşılanması adına çeşitlendirilmiş ve kişiselleştirilmiş ürünler sunulmalıdır. Üretim sistemlerinde yüksek verimlilik ve esnekliğe olan ihtiyaç, yönetim bilimi, operasyon yönetimi ve endüstri mühendisliğinin büyümesine ve hızlanmasına yol açmıştır.

Tüm dünyaca kabul gören ve benimsenen üretim metotları; Frederick W. Taylor tarafından geliştirilen bilimsel yönetim ilkeleri, Ford Üretim Sistemi tarafından temsil edilen seri üretim (montaj hattı), Japon Toyota Motor Corporation tarafından geliştirilen Toyota Üretim Sistemi (TÜS), Hücresel Üretim (HÜ) ve Grup Teknolojisi (GT) olarak sıralanabilir. Ancak katma değeri yüksek ürünler, dinamik talepler, kısa yaşam döngüsü, yüksek çeşitlilik, düşük ve değişken hacimler nedeniyle montaj hattı ve TÜS verimli bir şekilde çalışmamaya başlamıştır (Lian vd., 2018: 370).

Sony ve Canon gibi dev Japon şirketleri, pazar taleplerini karşılamak için bir Japon hücresel üretim sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemi Geleneksel HÜ'den ayırmak için bu üretim sistemi Seru Seisan (Japonca'da hücresel üretim anlamına gelir) kısacası Seru üretim sistemi olarak adlandırılmıştır. Seru üretim, Canon, Sony, Panasonic (Matsushita), Fujitsu, NEC ve Hitachi gibi Japon elektronik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sakazume, 2005: 343). Seru üretim sistemi oldukça esnek bir sistemdir ve uluslararası literatürde oldukça yeni akademik çalışmalar ortaya konmuştur. Bu sistem, esnekliği ile bilinen Yalın Üretim Sistemi'nden bile daha esnek olduğu dile getirildiğinden dolayı geleceğin Yalın Üretimi olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada Seru üretim sisteminin geleneksel montaj üretime alternatif olarak tasarlanıp yerli literatüre yeni ve modern bir bakış kazandırılmaya çalışılmıştır. Çalışma, modern bir üretim anlayışı olan Seru üretim sistemi; geleneksel montaj üretiminde yer alan düz bir hattın sökülüp yerine esnek hat-seru'lar monte edilerek çok yönlü işçi ataması üzerine kurulmuştur. Çalışmanın amacı; seru sistemini geleneksel bir montaj hattı üzerine uyarlayıp kaynak kullanım oranlarının (verimlilik) ve çıktı sayısının maksimize edilmesidir. Türkiye'nin Ordu ilinde çikolata üretimi yapan bir fabrikanın mevcut sistemine alternatif senaryolar ortaya konmuştur. Bunun için Arena yazılımından yararlanılarak simülasyon tekniği uygulanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın giriş bölümünden sonraki bölümlerde sırasıyla, Seru Üretim Sistemi'nin tanımlaması, literatür incelemesi yapılmıştır. Daha sonra uygulamaya yer verilerek yapılan analiz incelenmiştir. Son bölümde de sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. Seru Üretim Sistemi

Canon markası Seru Üretim sisteminin entegrasyonunda ilk ve en başarılı uygulayıcısıdır. Canon'un başkanı ve CEO'su Fujio Mitarai, "Canon, Seru üretimi kullanarak yüksek performanslı bir kuruluşa dönüştü" demiştir (Sakamaki, 2005: 342). Bu sözü destekler nitelikte yapılan Seru temelli atılımlarla işletme daha çok kar elde etmeye başlamıştır. Seru üretim sistemi, son yıllarda Japonya'daki akademik araştırma ve üretim uygulamalarına yer verilerek büyük ilgi görmektedir. Ancak, Japonya dışında, akademik ve pratik alanda çok az çevre bu türden gelişmiş üretim yönetimi sisteminin farkındadır. Seru üretimin kısıtlı uluslararası tanıtımı iki ana hususa bağlanabilir. İlk olarak, Seru üretim hakkındaki literatürün neredeyse tamamı Japonca yazılmıştır. İkinci olarak da yazar ve araştırmacıların Japon olmasıdır. Dolayısıyla yeni farkına varılan bir alan olduğundan dolayı öncelikle dünya literatürüne İngilizce temelde daha sonra da yerli literatürde Türkçe olarak çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışma da yerli literatürdeki Seru üretim alanında ilk araştırmalardan biri konumunda bulunmaktadır.

Seru üretim sistemi, üretim yönetiminin en yeni Japonca kavramlarından biridir. Tarihinin ilk uygulamasında peynir üretimini organize etmek için kullanılan Japon modelinin temel amacı, geleneksel montaj hatlarının üretim hücrelerine dönüştürülmesiydi. Hücresel üretim düzenlemesi, yalın ve çevik modellerin ideal bir kombinasyonu olarak kabul edilmektedir (Stecke vd., 2012: 109).

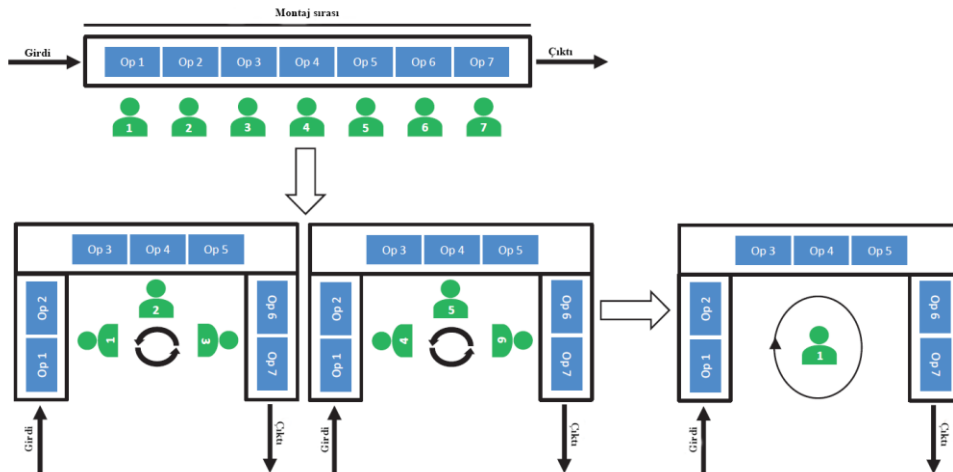
Geleneksel üretim hatlarının hücre üretimine dönüşmesi üreticileri üretim sürecine yönelik yönetim yaklaşımını değiştirmeye zorlayan, pazar fırsatlarına ve müşteri gereksinimlerine hızlı yanıt verilmesini sağlayan pazardaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır.

Seru üretim sisteminin temel varsayımı, benzer işlem gereksinimlerine sahip bir parça veya ürün ailesi için üretim alanlarının oluşturulması, çeşitli işlemlerin birbirine yakın kümelenmesi ve destekleyici sosyal mühendislik sistemlerinin tasarlanmasıdır (Zwierzyński, 2018: 64). Japonya'da Seru üretim sistemi şu nedenlerden dolayı ortaya çıkmıştır (Villa ve Taurino, 2013: 959):

- Müşteri gereksinimleri,
- Bir montaj hattının düşük esnekliği,
- 1991'den sonra japonya'da uzun bir durgunluk dönemi,
- Geleneksel üretim hatlarındaki çalışanların moralinin düşük olması,
- Toyota üretim sistemi kısıtlamaları,
- Küreselleşme ve artan rekabet.

Sony, üretim sisteminde Toyota'nın konsepti kullanmasına rağmen değişen ortam ve müşteri gereksinimleri, şirketi ortaya çıkan pazar fırsatlarından yararlanma esnekliğinden yoksun olan üretim hattını yeniden düzenlemeye zorlamıştır. O sırada Yamada Hitoshi, sunulan ürünlerden birinin üretim hattını üretim hücreleri oluşturan birçok küçük Seru hatlarına ayırmıştır (Zwierzyński, 2018: 65). Seru üretim kavramının tanıtımı ve yönetim mekanizmalarının ayrıntılı bir açıklaması şu şekilde tanımlanmıştır.

Seru üretim konseptinin temel varsayımlarından biri de geleneksel bir üretim hattını çok sayıda kısa hatta dönüştürmek ve en sonunda tek çalışanlı seruların oluşturulmasıdır. Japon seru üretim modeli, direkt olarak Toyota Üretim Sistemi'ne bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Tarihinin ilk uygulaması olan bir peynir üretim hattının dönüşümüne yönelik bir tasarlama Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Montaj Hattının Seru Hücrelerine Dönüştürülmesi

Kaynak: (Zwierzyński, 2018: 65).

Tablo 1. Seru Üretiminin Uygulanmasından Sonra Sony ve Canon Tarafından Elde Edilen Sonuçlar

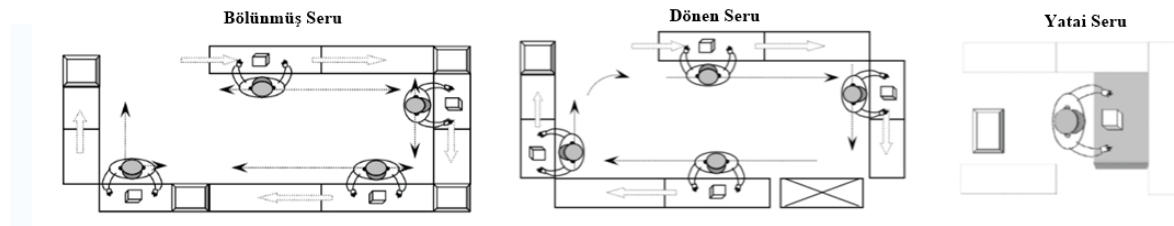
SONY	CANON
Üretkenlik artmıştır.	Üretkenlik artmıştır.
İstihdam %25 azalmıştır.	Montaj hatlarının uzunluğu 20000 m azalmıştır.
Montaj hatlarının uzunluğu 35000 m azaltılmıştır.	Gerekli alan 720000 m ² azalmıştır.
Geliştirilmiş ürün kalitesi.	İstihdam %25 azalmıştır.
Gerekli alan 710 000 m ² azalmıştır.	Maliyetler 230 milyar yen azalmıştır.
	Sipariş karşılama süresi %30 azaltılmıştır.

Kaynak: (Zwierzyński, 2018: 65).

Her hücre, farklı faaliyetler gerçekleştiren az sayıda işçiden oluşur, diğer taraftan Fordizm'de iş bölümü oldukça büyüktür ve verimliliği artırmak için her işçi yalnızca bir faaliyet gerçekleştirir. Bu hücreler, Seru'nun yeniden yapılandırılmasının kolayca gerçekleştirilebilmesi için ağır ve büyük ekipmanların daha hafif, mobil ve düşük maliyetli olarak yeniden çizildiği bir ürün üretmeye odaklanmıştır (Liu vd., 2010: 92).

Seru üretim sisteminin evrim sürecinde üç ana mod bulunmaktadır. Bunlar Bölünmüş Seru, Dönen Seru ve Yatai'dir. Bölünmüş Seru, birkaç işçinin bir Seru içinde birçok üretim görevine (birden fazla) sahip olmasıyla karakterize edilir. Dönen Seru, bu faaliyetlerde işçilerin rotasyonu, kapsamlı bir iç eğitim oluşturulması ve işçinin tüm üretim faaliyetlerini yapması ve bilmesi sağlar. Sonuncu olan Yatai, çalışanın faaliyetler ve süreçler hakkında geniş bir bilgi birikimi ile tüm faaliyetleri gerçekleştirebildiği maksimum seviyedir. Yatai tüm şirketlerin ana hedefidir ve gelecekte bu türden bir modda üretim yapmak isterler. Dolayısıyla Yalın ötesi olarak tanımlanmaktadır (Singh, 2017: 84-85).

Seru üretim sistemindeki üç mod şu şekilde gösterilebilir.



Şekil 2. Seru Modlarının Tanımlanması

Kaynak: (Liu vd., 2010: 103).

2. Literatür İncelemesi

Seru üretim sistemi literatürde yeni bir alan olduğu için uluslararası ve yerli literatürde güncel çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar şu şekilde ortaya ortaya çıkmıştır.

Seru üretim sisteminin Japonya'da nasıl ortaya çıktığından, gelişiminden ve literatür incelemesinden bahsedilmiştir (Shinohara, 1997; Imaoka, 2005; Liu vd., 2014; Zhang vd., 2016; Kaku vd., 2017; Yin vd., 2017; Aboelfotoh ve Abdullah, 2018; Sarı, 2020; Tüzemen, 2020; Sarı ve Erdem, 2021).

Seru ve geleneksel üretim sistemlerinin genel bir karşılaştırması yapılmıştır (Takeuchi, 2006; Liu vd., 2010; Villa ve Taurino, 2013).

Seru üretim sistemlerinin Simülasyon tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar; Zwierzyński ve Ahmad, 2018; Zhang vd., 2022; Zhang vd., 2023 olarak tanımlanmıştır.

Seru üretim sistemi temelinde matematiksel modellerle verimlilik analizleri ve işçi atama problemleri üzerinde durulmuştur (Lordelo vd., 2012; Liu vd., 2012; Liu vd., 2013; Yu vd., 2016; Kaku, 2016; Ying ve Tsai, 2016; Sun vd., 2016; Yu vd., 2017a; Yu vd., 2017b; Singh, 2017; Kaku, 2017; Wu vd., 2018; Abdullah, 2018; Yu vd., 2018; Wang ve Tang, 2018; Lian vd., 2018; Ibrahim vd., 2019; Ren ve Wang, 2019; Wang ve Peng, 2019; Yu ve Tang, 2019; Yılmaz, 2020; Zhang vd., 2021a; Zhang vd., 2021b; Jiang vd., 2021; Luo vd., 2021; Wang vd., 2021a; Wang vd., 2021b; Çalışkan vd., 2021; Feng Liu vd., 2021; Zhe vd., 2021).

4. Uygulama

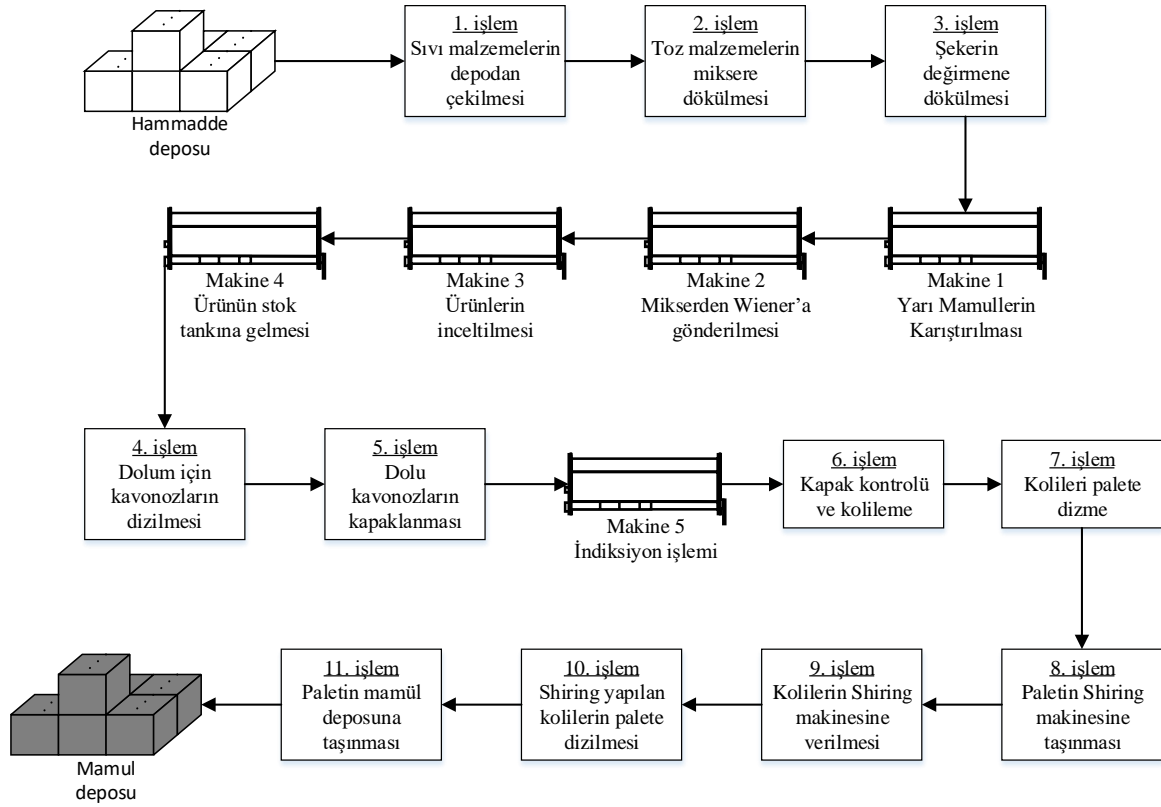
Bu çalışmanın odaklandığı kısım Seru montaj üretiminin geleneksel üretimde ne kadar etkili olacağıdır. Buradan yola çıkılarak kurulacak Seru üretim sistemi ile üretimde gerçekleşen bekleme sürelerinin en aza indirilmesiyle maksimum çıktının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda uygulama, Ordu ili Fatsa Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan ve geleneksel seri üretim sistemi ile çikolata üretimi yapan DKC Group fabrikasında yapılmıştır. Problemin çözümü için Arena Simülasyon yazılımından yararlanılmıştır. Uygulamanın genel adımları şu şekilde sıralanmıştır;

1. Adım: Halihazırdaki Geleneksel üretim montaj hattının simüle edilmesi ve çıktının ortaya konması
2. Adım: Alternatif Hat-seru modlarının simüle edilmesi ve çıktının ortaya konması
3. Adım: Geleneksel ve Seru üretim sistemlerinin kıyaslanması

Seru üretim hatlarının tasarlanmasında yararlanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Literatür incelemesi sonucunda çalışmaların matematiksel modelleme, simülasyon tekniği ve meta-sezgisel yöntemler kullanılarak çeşitli çözümler sunulduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada da simülasyon tekniği uyarlanarak esnek seru hatları tasarlanmıştır. Simülasyon tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar literatür incelemesi bölümünde belirtilmiştir.

4.1. Simülasyon Deneyi

Arena simülasyon yazılımı bitmiş bir ürünün (400 gr'lık Kavonoz Çikolatalı Fındık Kreması) montaj hattı haritalandırılmıştır. Ürünün montaj sürecindeki işlemler adım adım Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Geleneksel Üretim Montaj Hattı

Üretim akışında her montaj süresi dakika cinsinden verilmiştir. Personel iş takvimi günde 3 vardiya şeklindedir. Vardiya 08:30-16:30 = 16:30-00:30 = 00:30=08:30 şeklinde ayarlanmıştır. Çalışanların uygunluk durumları %100'dür. Çalışanlar, Cumartesi dahil haftada 6 gün çalışmaktadır. Çalışanlar 1 yemek molası olan 30 dk'lık boş zaman haricinde günde sekiz saat çalışmaktadır. Tablo 4'te çalışanların işleme yapma süreleri gözlem ve yöneticilere ek olarak çalışanlarla birebir yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Üretim montaj hattında 9 çalışan yer almaktadır. Bazı işlemler 1 bazıları ise 2 çalışan ile yapılmaktadır. Deney, montaj hattının hücrelere dönüştürülmesinin daha yüksek maliyetler yaratmadığını, faaliyetlerin gerçekleştirilme süresinin değişmediğini ve iş verimliliğinin değişmediğini varsaymaktadır. Tablo 2'de personellerin çalışma takvimine, Tablo 3'te de üretim yapılırken hangi işlemlerden geçtiğine yer verilmiştir.

Tablo 2. Personellerin Çalışma Takvimi

Takvim	Açıklama
Çalışma Saatleri (3 vardiyalı)	Pazar günü hariç diğer 6 günde 3 vardiyalı şekilde çalışılmaktadır. 08:30=16:30 / 16:30=00:30 / 00:30=08:30 şeklinde çalışılır.
Öğle arası	İş başı yapılan her gün 30dk olarak sabittir.
İçecek vb. molası	Yoktur.

Tablo 3. Üretime Dair İşlem ve Çalışan Bilgileri

1. İşlem	Çalışan
2. İşlem	1. Çalışan
3. İşlem	1. Çalışan
4. İşlem	1. Çalışan
5. İşlem	2. Çalışan

Çağdaş YILDIZ | Adem TÜZEMEN

6. İşlem	3.4. Çalışan
7. İşlem	5.6. Çalışan
8. İşlem	7. Çalışan
9. İşlem	7. Çalışan
10. İşlem	8. Çalışan
11. İşlem	9. Çalışan
12. İşlem	9. Çalışan
1. Makine	Yarı Mamullerin Karıştırılması
2. Makine	Mikserden Wiener'a gönderilmesi
3. Makine	Ürünlerin inceltilmesi
4. Makine	Ürünün stok tankına gelmesi
5. Makine	İndeksiyon işlemi

Üretim yapılırken 30 farklı palet üren üretimi sırasında tutulan kronometre ile elde edilen işlem süreleri Sn/Palet olarak şu şekilde verilmiştir.

Tablo 4. İşlem ve Makinelerin Üretim Süreleri

Tutulan Tekrar Çalışma/İşlem	1. İşlem	2. İşlem	3. İşlem	4. İşlem	5. İşlem	6. İşlem	7. İşlem	8. İşlem	9. İşlem	10. İşlem	11. İşlem	Makine 1	Makine 2	Makine 3	Makine 4	Makine 5
1	644	843	5148	2162	1112	2739	1832	67	643	643	71	641	878	3946	756	1721
2	619	689	4007	2353	1154	2467	2202	81	650	855	71	614	793	4912	745	1522
3	653	702	5120	2381	1112	2678	2105	66	804	842	61	707	862	5373	831	1784
4	672	735	4468	2353	985	2591	2113	72	674	641	69	700	889	4622	710	1743
5	675	794	3663	1810	922	2605	2533	77	613	885	82	641	789	4778	819	1650
6	679	839	4121	2256	909	2688	2325	81	719	647	73	610	849	4900	692	1569
7	621	832	4934	2095	1079	2692	1918	82	722	781	68	615	824	5232	826	1584
8	644	623	4450	1855	1186	2641	2241	80	857	763	67	605	882	4920	631	1525
9	601	800	4730	2198	1137	2927	2685	82	730	827	86	604	863	4749	671	1587
10	715	782	4789	2386	936	2780	1827	68	665	739	90	605	788	5330	775	1505
11	617	872	4200	2325	971	2641	2446	86	623	697	75	604	791	4563	754	1697
12	636	825	4828	1862	937	2837	2328	86	875	625	72	710	830	4872	833	1658
13	640	600	5363	2021	1059	2675	1807	90	884	623	90	669	892	3918	758	1788
14	692	752	4559	2115	1074	2603	1904	70	866	627	62	600	811	3773	688	1592
15	614	629	4770	2048	981	2678	2355	78	797	842	65	626	781	3744	705	1756
16	626	889	4325	2147	1181	2961	2405	85	894	845	90	628	786	4059	749	1725
17	642	775	5399	2015	1164	2735	1933	73	746	784	86	621	791	4982	896	1743
18	630	897	4849	2363	1125	2456	2615	83	703	684	83	659	891	4456	862	1716
19	676	692	4481	2266	1168	2459	2060	89	728	641	73	718	805	5179	772	1709
20	606	644	4188	2227	981	2569	2196	63	851	600	69	698	804	4528	816	1671
21	702	604	5126	2111	962	2878	2022	89	849	657	86	673	787	4026	864	1574

22	696	840	5213	2184	1162	2689	1847	71	836	830	68	709	878	5099	838	1696
23	669	650	4510	2049	956	2682	1995	88	634	870	69	629	839	4794	869	1570
24	677	601	4635	2175	1053	2997	2210	71	767	864	81	709	868	4869	748	1654
25	695	637	4917	1904	1019	2830	2093	77	684	794	73	669	810	3823	719	1693
26	600	618	4990	1989	983	2852	2541	66	647	673	65	620	799	4993	807	1728
27	682	713	3752	1962	1141	2469	2242	73	756	810	72	641	844	3679	647	1760
28	624	622	4059	2380	1011	2986	2359	89	709	867	78	644	812	4236	896	1757
29	705	678	3946	1832	1094	2437	2040	73	679	717	77	683	783	4622	623	1689
30	666	878	5248	2263	1097	2512	2014	63	600	619	64	686	784	5115	668	1550
İnput Analizer: Sonuç	600 + 115 * BETA(0.868, 0.983)	600 + 297 * BETA(0.542, 0.649)	3.66e +003 + 1.74e +003 * BETA (1.21 , 0.974)	UNIF(1. 81e+003 , 2.39e+0 03)	909 + 277 * BETA(0.769, 0.69)	NORM(2. 69e+003, 161)	1.81e +003 + 878 * BETA(0.861, 1.2)	62.5 + 28 * BETA(0.984, 0.896)	600 + 294 * BETA (0.76 , 0.834)	600 + 285 * BETA(0.592, 0.587)	60.5 + WEIB (15.6, 1.6)	600 + 118 * BETA(0.516, 0.672)	781 + EXPO (45.8)	UNIF(3. 68e+003 , 5.37e+0 03)	UNIF (623, 896)	1.5e+ 003 + 283 * BETA(0.971, 0.758)

İşlemlerin ve makinelerin üretim yaparken her işlem ve makinenin hangi dağılıma daha uygun olduğu tutulan 30 farklı süreyle beraber Arena yazılımının İntput Analyzer aracı ile tespit edilmiştir. Tüm işlem ve makinelerin optimal dağılım sonuç fonksiyonları Tablo 5'te gösterilmiştir.

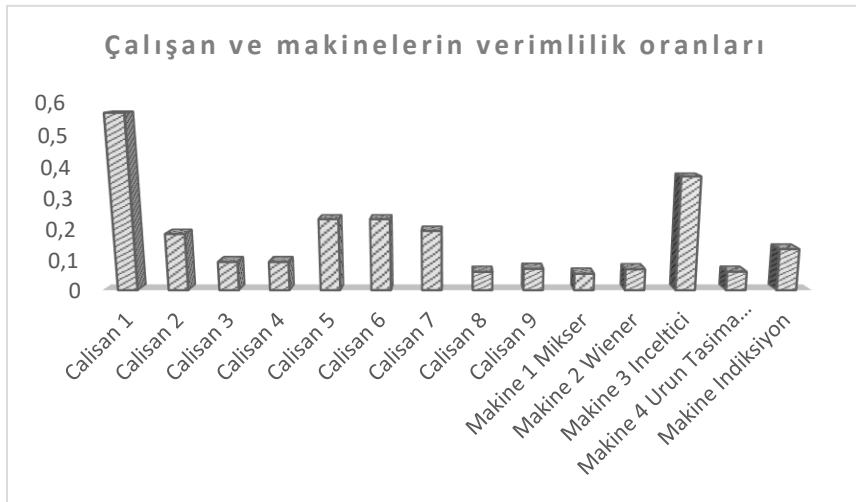
Tablo 5. İşlem ve Makinelerin Optimal Dağılım Fonksiyonları

1. İşlem	Input Analyzer Sonucu Alınan Dağılım Sonuçları
2. İşlem	600 + 115 * BETA(0.868, 0.983)
3. İşlem	600 + 297 * BETA(0.542, 0.649)
4. İşlem	3.66e+003 + 1.74e+003 * BETA(1.21, 0.974)
5. İşlem	UNIF(1.81e+003, 2.39e+003)
6. İşlem	909 + 277 * BETA(0.769, 0.69)
7. İşlem	NORM(2.69e+003, 161)
8. İşlem	1.81e+003 + 878 * BETA(0.861, 1.2)
9. İşlem	62.5 + 28 * BETA(0.984, 0.896)
10. İşlem	600 + 294 * BETA(0.76, 0.834)
11. İşlem	600 + 285 * BETA(0.592, 0.587)
12. İşlem	60.5 + WEIB(15.6, 1.6)
1. Makine	600 + 118 * BETA(0.516, 0.672)
2. Makine	781 + EXPO(45.8)
3. Makine	UNIF(3.68e+003, 5.37e+003)
4. Makine	UNIF(623, 896)
5. Makine	1.5e+003 + 283 * BETA(0.971, 0.758)

Yapılan işlemlere göre elde edilen dağılım fonksiyonlarının ardından uygulamanın 1. Adımı geleneksel montaj hattının simülasyon analizi yapılabilir. Arena yazılımından yararlanılarak yapılan simülasyon deneyi sonucunda elde edilen çıktı sayısı, çalışanların ve makinelerin verimlilik düzeyleri aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 6. Çalışanların ve Makinelerin Verimlilik Oranları

Kaynak	Verimlilik
Çalışan 1	0,5667
Çalışan 2	0,184
Çalışan 3	0,0928
Çalışan 4	0,0928
Çalışan 5	0,232
Çalışan 6	0,232
Çalışan 7	0,1942
Çalışan 8	0,0603542
Çalışan 9	0,0703079
Makine 1 Mikser	0,0542531
Makine 2 Wiener	0,0686103
Makine 3 İnceltici	0,368
Makine 4 Ürün Taşıma Boruları	0,0607526
Makine 5 İndiksiyon	0,1349

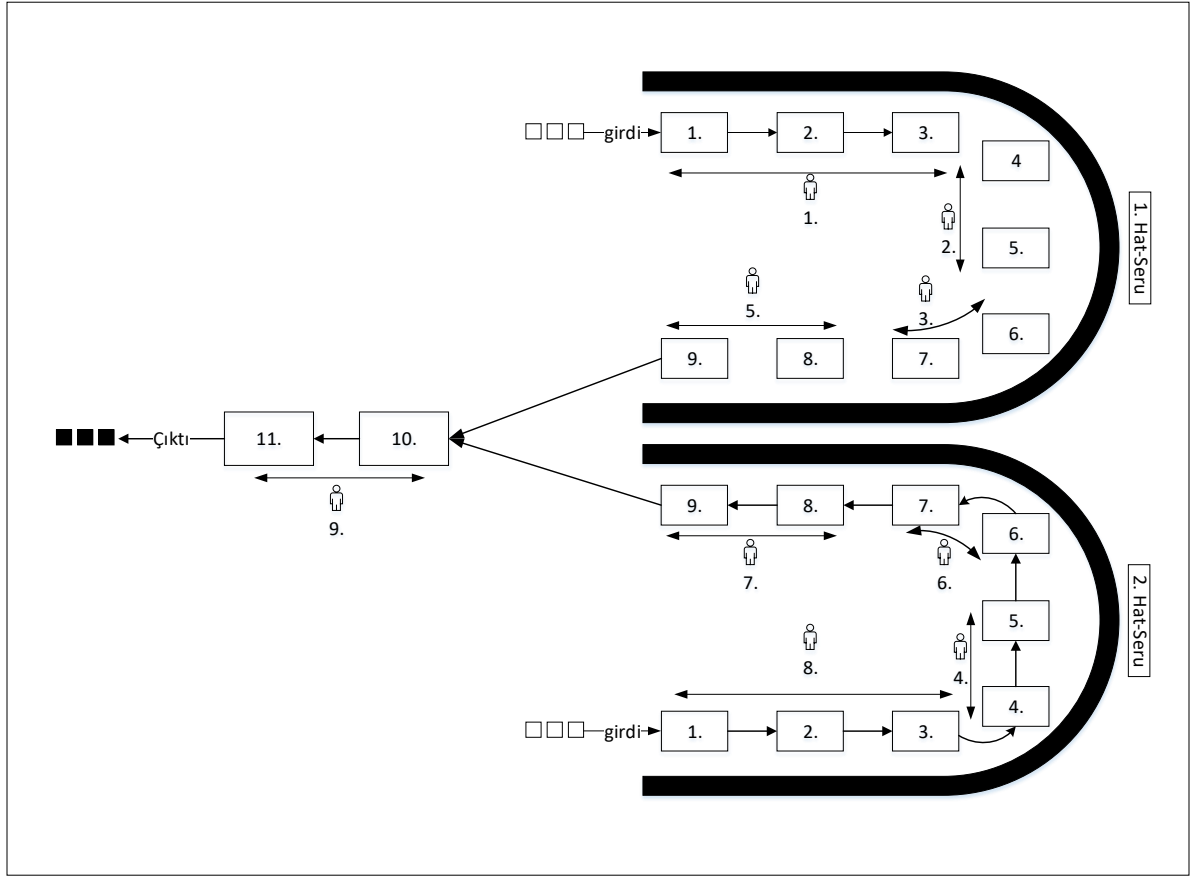


Şekil 4. Çalışanların ve Makinelerin Verimlilik Oranlarının Sütun Gösterimi

Mevcut sistem 6 gün 3 vardiya 24 saat şeklinde simüle edilmiştir. Fabrikadan alınan bilgiye göre 1 haftada 40 paletlik üretim yapmışlardır. Elde edilen mevcut sistem analizinde ise 1 haftada 41 paletlik üretim tespit edilmiştir. Bu da oldukça tutarlı bir sonucun ortaya çıktığını işaret etmektedir. Kaynak kullanımına göz atıldığında en verimli çalışan 1. çalışan (0,5667) ve Makine 3 İnceltici (0,368) olarak tespit edilmiştir. Genel itibariyle incelendiğinde kaynak kullanımının oldukça verimsiz kullanıldığı gözlemlenmiştir.

4.1. Birinci Önerilen Hat-Seru Modeli

Mevcut sistemin Hat-Seru modeline dönüştürülmesine ilişkin simülasyon analizi yapılmıştır. Mevcut sistemin yanına aynı işçileri kullanarak bir üretim bandı daha eklenerek işçilerin verimlilik oranlarının ve çıktı sayısının maksimize edilmesi amaçlanmıştır. İşçilerin birden fazla iş yapmaları gerektiğinden dolayı bir atama problemi ortaya çıkmıştır. İşçilerin en doğru işleme atanması konusunda yönetim ekibi ve özellikle işçiler ile yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sonucunda işçi-işlem atamaları bu adımlar altında yapılmıştır. Mevcut sistemin Bölünmüş Hat-Seru modeline dönüştürülmüş hali Şekil 5'de gösterilmiştir. Üretim miktarı ve verimlilik oranları şu şekilde tespit edilmiştir.



Şekil 5. Birinci Alternatif Bölünmüş Hat-Seru Model Formu

Analiz sonucunda elde edilen çıktı miktarı ve kaynakların kullanım oranları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Kaynakların Verimlilik Oranları

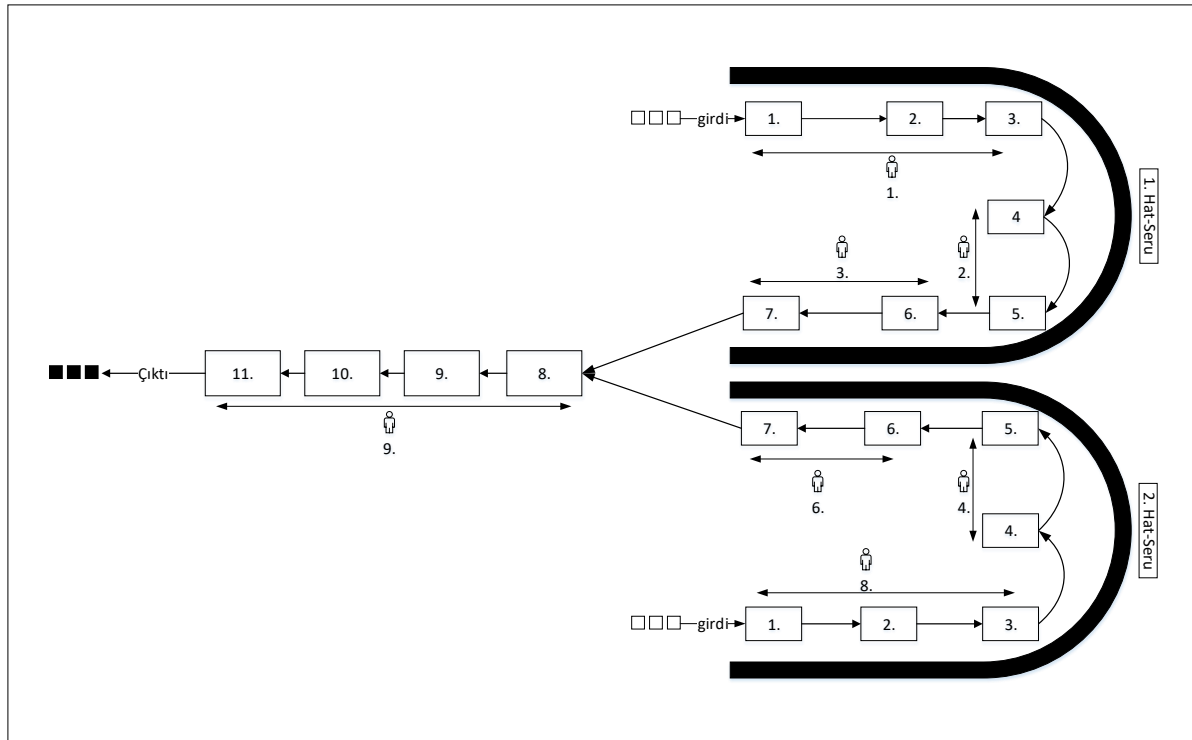
Kaynak	Verimlilik
Çalışan 1	0,5674
Calisan 2	0,2829
Calisan 3	0,4224
Calisan 4	0,2759
Calisan 5	0,00666
Calisan 6	0,4309
Calisan 7	0,006397
Calisan 8	0,5544
Calisan 9	0,1416
Makine 1 Mikser	0,053752
Makine 1 Mikser 2	0,053855
Makine 2 Wiener	0,06821
Makine 2 Wiener 2	0,068587
Makine 3 İnceltici	0,3758
Makine 3 İnceltici 2	0,3707
Makine 4 Ürün Taşıma Boruları	0,062701
Makine 4 Ürün Taşıma Boruları 2	0,064673

Makine İndeksiyon	0,1371
Makine İndeksiyon 2	0,1335

Birinci alternatif olarak sunulan Bölünmüş Hat-Seru modeli 6 gün 3 vardiya 24 saat şeklinde simüle edilmiştir. Analiz sonucunda simülasyon modeli 1 hafta çalıştırılarak 84 paletlik bir çıktı sayısı tespit edilmiştir. Alternatif modelde mevcut sistemle kıyaslandığında iki katından fazla bir üretim hacmi elde edilmiştir. Kaynak kullanımına göz atıldığında en verimli çalışan yine 1. Çalışan (0,5674) olmuştur. Çalışan 3-6 ve 8 de verimlilik düzeylerini arttırarak üretimde yer almışlardır. Diğer taraftan, çalışan 5 (0,00666) ve 7 (0,006397) oldukça düşük bir verimlilikle sistemin içinde kaybolmuşlardır. Buradan sonra atılacak adım, alternatif Seru modunun daha da geliştirilmesidir. Bundan dolayı çalışan 5 ve 7 sistemden çıkartılarak ikinci bir alternatif Hat-Seru modeli oluşturulmuştur.

4.2. İkinci Önerilen Hat-Seru Modeli

Bu modelin genel üretim sistemi çizimi Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 6. İkinci Alternatif Bölünmüş Hat-Seru Model Formu

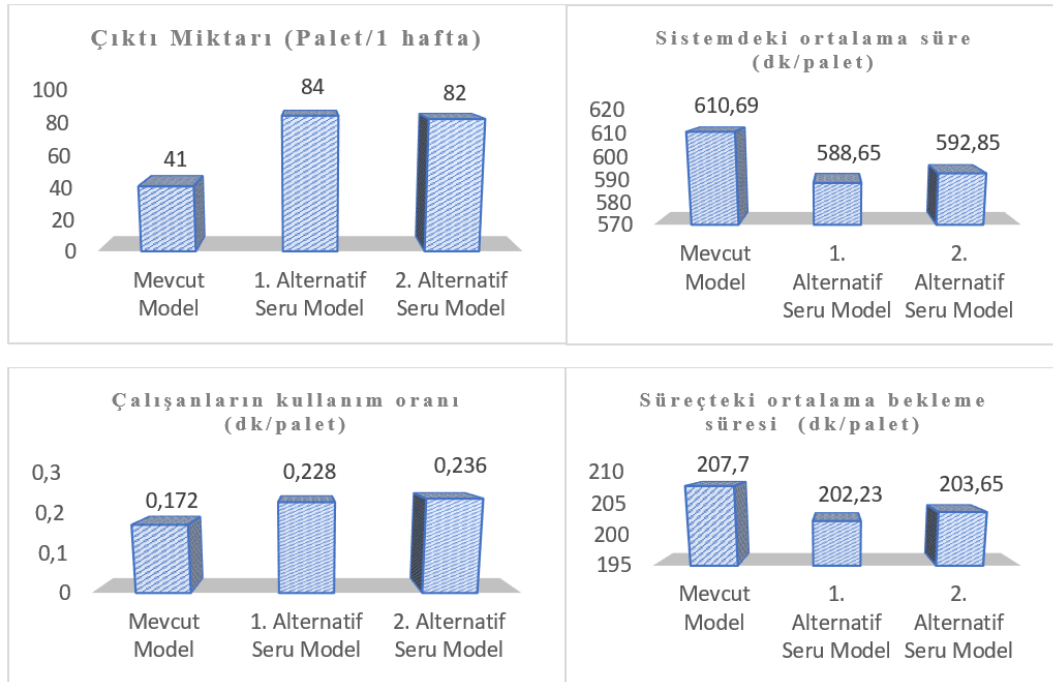
İkinci Hat-Seru alternatif modelinin bir hafta boyunca çalıştırılmasıyla çıktı sayısının 82 palet olduğu tespit edilmiştir. Birinci modelle kıyaslandığında (84 palet) çıktı miktarında küçük bir gerileme söz konusudur. Diğer taraftan 2 çalışan sistemden çıkartılarak ekstra çalıştırma maliyetinden kurtarılmıştır. Kaynakların verimlilik oranları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Kaynakların Verimlilik Oranları

Kaynak	Verimlilik
Çalışan 1	0,5022
Çalışan 2	0,2587
Çalışan 3	0,3862
Çalışan 4	0,2559

Çalışan 6	0,3939
Çalışan 8	0,493
Çalışan 9	0,1419
Makine 1 Mikser	0,0530683
Makine 1 Mikser 2	0,0540219
Makine 2 Wiener	0,0697929
Makine 2 Wiener 2	0,0684003
Makine 3 İnceltici	0,3679
Makine 3 İnceltici 2	0,3752
Makine 4 Ürün Taşıma Boruları	0,0611245
Makine 4 Ürün Taşıma Boruları 2	0,0605768
Makine İndiksiyon	0,1363
Makine İndiksiyon 2	0,1349

Kaynakların kullanım oranı incelendiğinde çalışanların belli bir standartta oranların birbirine yakın bir şekilde çalıştığı gözlemlenmektedir. En yüksek verimli çalışma oranı 1. ve 8. Çalışan olmuştur. En düşük verimli çalışma oranı da 9. Çalışan olarak tespit edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen genel bilgiler Şekil 7'de modeller arası kıyaslama yapılarak gösterilmiştir. Sistemdeki ortalama geçen süre temelindeki kıyaslamada en düşük süre 1. Seru'da tespit edilmiştir. Çalışanların kullanım oranına göz atıldığında ortalama olarak en son geliştirilen Seru Modelin daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Modellerin analizinde süreçteki ortalama bekleme süresi göz önüne alındığında Mevcut sistemin içerisinde beklemelerin daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç da çıktı sayısını ve çalışanların genel verimliliğini düşürmesine neden olabilir.



Şekil 7. Modellerin Kıyaslaması

Şekil 7 incelendiğinde; son düzeltmelerle beraber 2. Alternatif modelin diğer modellere kıyasla daha üstün olduğu görülmektedir. Çıktı miktarı 2 birim düşmesine rağmen ortalama geçen süre, çalışanların verimlilik oranları ve sistemdeki toplam bekleme süresi iyileştirilmiştir. Mevcut sisteme kıyasla yapılan iki farklı model de gözle görülür olumlu gelişmeler kaydetmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Seru üretim sistemi, Türkiye’de neredeyse hiç yaygın olmayan modern bir üretim modelidir. Dolayısıyla geleneksel montaj hattı üretimi yapan fabrika ve üretim tesisleri bu modeli orta ve uzun vadede sistemlerine ekleyebilir. Bu çalışmanın temelini de Seru üretim sisteminin Türkiye’de bir fabrikada uyarlanması oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak çikolata üretimi yapan bir fabrikada mevcut üretim sisteminin üzerine Hat-Seru modeli inşa edilmiş ve çıktı sayısı ve kaynak kullanım oranları kıyaslanarak incelenmiştir. Mevcut sistemde bir haftalık çalıştırma sonucunda toplamda 41 paletlik bir çıktı sayısına erişilmiştir. Bunun üzerine iki adet Hat-Seru modeli ortaya konulmuştur. Birinci modelden elde edilen çıktı sayısı 84 paletlik üretimdir. İkinci modelde ise 82’dir. Kaynak kullanım oranları da incelendiğinde birinci modelde 5 ve 7. Çalışanlar hariç tüm çalışanlar belli bir standart üzerinde verimlilik oranları sahiptir. Bu çalışanlar oldukça düşük kullanım seviyelerine sahip oldukları için ikinci modelden çıkartılarak 7 çalışanlı yeni bir model önerilmiştir. 82 paletlik üretim olmasına rağmen iki çalışanın maliyetinden kurtularak daha az çalışanlı bir model elde edilmiştir. Çalışanların işlem paylaşımları konusunda yöneticiler ve çalışanlarla birebir görüşmeler yapılmıştır. Bunun sonucunda işlemler ve çalışanlar rasyonel şekilde eşleştirilerek Hat-Seru modları oluşturulmuştur. Birden fazla işlem yapan çalışanlar o işlemi daha tecrübeli yapacak şekilde işlem talimatları detaylı anlatılarak (çapraz eğitim verilerek) verimlilikleri yukarılara çıkartılabilir. Bu adım çıktı sayısının da artacağına dair bir ışık tutabilir. Seru üretim sistemi bu çalışma simülasyon temelinde gerçekleştirilmesine rağmen çeşitli matematiksel modellemeler de kurularak farklı analizler gerçekleştirilebilir. Çıktı miktarını maksimum yapacak ve çalışan verimliliğini iyileştirecek modeller de kurularak literatüre önemli katkılar sunulabilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Yazarların Makaleye Olan Katkıları

Bu Çalışmanın %50’si 1. Yazar diğer %50’si 2. Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çıkar Beyanı

Çalışmada çıkar çatışması durumu bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Abdullah, M. (2018). Impact of skill: seru vs classical assembly line (Doktora tezi, Ohio Üniversitesi).
- Aboelfotoh, A., & Abdullah, G. A. S. M. (2018). Selection of assembly systems; assembly lines vs. seru systems. *Procedia Computer Science*, 140, 351-358.
- Çalışkan, E. M. R. E., İşleyen, S., & Çerçioğlu, H. (2021). A mixed integer mathematical model for loading problem in seru manufacturing systems and matheuristic solution approach. *Gazi üniversitesi mühendislik mimarlık fakültesi dergisi*, 36:2, 793-806.
- E. B. Sarı (2020). Seru Üretim Sistemi: Japon Hücresel İmalat Sistemi, *Nobel Yayıncılık*.
- Ibrahim, Y. M., Hami, N., & Othman, S. N. (2019). Integrating sustainable maintenance into sustainable manufacturing practices and its relationship with sustainability performance: a conceptual framework. *International journal of energy economics and policy*, 9(4), 30.
- Imaoka, Z. (2005). Seventy points for understanding seru seisan by figure. *Tokyo: kogyo tyousakai (en japonés)*.
- Jiang, Y., Zhang, Z., Gong, X., & Yin, Y. (2021). An exact solution method for solving seru scheduling problems with past-sequence-dependent setup time and learning effect. *Computers and industrial engineering*, 158, 107354.
- Kaku, I. (2016). A fundamental positive investigation into japanese seru production systems. *Ifac-papersonline*, 49(12), 337-342.
- Kaku, I., Zhang, X., & Yin, Y. (2017). Description and evaluation of seru production system with sf scheme. *Destech transactions on engineering and technology research*, (icpr).
- Lian, J., Liu, C., Li, W., & Yin, Y. (2018). A multi-skilled worker assignment problem in seru production systems considering the worker heterogeneity. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 366-382.
- Liu, C., Li, W., Lian, J., & Yin, Y. (2012). Reconfiguration of assembly systems: from conveyor assembly line to serus. *Journal of manufacturing systems*, 31(3), 312-325.
- Liu, C., Lian J. Yin Y. & Li W., (2010) "Seru Seisan: an innovation of the production management Mode in Japan" *Asian Journal of Technology Innovation*. 18:2, 89-113
- Liu, C., Lian, J., Yin, Y., & Li, W. (2010). Seru Seisan-an innovation of the production management Mode in Japan. *Asian Journal of Technology Innovation*, 18(2), 89-113.
- Liu, C., Stecke, K. E., Lian, J., & Yin, Y. (2014a). An implementation framework for seru production. *International transactions in operational research*, 21(1), 1-19.
- Liu, C., Yang, N., Li, W., Lian, J., Evans, S., & Yin, Y. (2013). Training and assignment of multi-skilled workers for implementing seru production systems. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 69(5-8), 937-959.
- Liu, F., Fang, K., Tang, J., & Yin, Y. (2021). Solving the rotating seru production problem with dynamic multi-objective evolutionary algorithms. *Journal of management science and engineering*.
- Lordelo, S. A. V., De Farias Filho, J. R., De Souza, D. O. G., Da Costa, P. M., & Vieira, T. G. (2012). Integrated models of flexibility and efficiency in production process. *In iie annual conference. Proceedings (p. 1). Institute of industrial and systems engineers (iise)*.
- Luo, L., Zhang, Z., & Yin, Y. (2021). Simulated annealing and genetic algorithm based method for a bi-level seru loading problem with worker assignment in seru production systems. *Journal of industrial and management optimization*, 17(2), 779.

- Mestçi, S. (2018). Davranışsal bağımlılıklara genel bir bakış. F. Gökkaya (oturum başkanı), *bağımlılığın diğer yüzü: davranışsal bağımlılık* içinde [panel], (kasım, 15-17 2018). 20. Ulusal psikoloji kongresi, Ankara, Türkiye.
- Ren, H., & Wang, D. (2019). Analysis of the effect of the line-seru conversion on the waiting time with batch arrival. *Mathematical problems in engineering*, 2019.
- Sakazume, Y. (2005). Is japanese cell manufacturing a new system?: a comparative study between japanese cell manufacturing and cellular manufacturing (< special english issue> production and logistics). *Journal of japan industrial management association*, 55(6), 341-349.
- Sarı, E. B., & Erdem, S. (2021). Seru production system: a conceptual model proposal for the clothing industry. *In advances in intelligent, flexible, and lean management and engineering, Igi global*, 113-138.
- Shinohara, T. (1997). Seru seisan mode: a great turning of manufacturing floor from the division of labor to the integration of labors. *Nikkei mechanical*, 497(1), 39-41.
- Singh S., (2017). A study on seru production system, 3rd international conference on emerging technologies in engineering, biomedical, management and science. *Jodhpur- india, 9 Temmuz*.
- Singh, S. (2017). A study on seru production system. *International Journal of Applied Research in Science and Engineering*, 83-89.
- Stecke, K. E., Yin, Y., Kaku, I., & Murase, Y. (2012). Seru: the organizational extension of JIT for a super-talent factory. *International Journal of Strategic Decision Sciences (IJSDS)*, 3(1), 106-119.
- Stecke, K. E., Yin, Y., Kaku, I., & Murase, Y. (2012). Seru: the organizational extension of JIT for a super-talent factory. *International Journal of Strategic Decision Sciences (IJSDS)*, 3(1), 106-119.
- Sun, W., Li, Q., Huo, C., Yu, Y., & Ma, K. (2016). Formulations, features of solution space, and algorithms for line-pure seru system conversion. *Mathematical problems in engineering*, 2016.
- Sümer, N. (2000). Yapısal eşitlik modelleri: Temel kavramlar ve örnek uygulamalar. *Türk Psikoloji Yazıları*, 3(6), 49-74
- Takeuchi, N. (2006). Seru production system (seru seisan, in japanese). *Jma management center, Tokyo*.
- Tüzemen, A. (2020). Yeni bir üretim sistemi: seru. *Cumhuriyet üniversitesi iktisadi ve idari bilimler dergisi*, 21(2), 334-351.
- Villa, A., & Taurino, T. (2013). From jit to seru, for a production as lean as possible. *Procedia engineering*, 63, 956-965.
- Villa, A., & Taurino, T. (2013). From JIT to Seru, for a Production as Lean as Possible. *Procedia Engineering*, 63, 956-965.
- Wang, J., Ye, N., & Peng, Y. (2019). Case studies on design for seru manufacturing. *Procedia manufacturing*, 39, 1090-1096.
- Wang, Y., & Tang, J. (2018). Cost and service-level-based model for a seru production system formation problem with uncertain demand. *Journal of systems science and systems engineering*, 27(4), 519-537.
- Wang, Y., Zhang, Z., & Yin, Y. (2021a). Multi-order scheduling optimisation considering product operation and worker allocation in divisional seru. *International journal of applied decision sciences*, 14(1), 24-42.

- Wang, Y., Zhang, Z., & Yin, Y. (2021a). Multi-order scheduling optimisation considering product operation and worker allocation in divisional seru. *International journal of applied decision sciences*, 14(1), 24-42.
- Wang, Y., Zhang, Z., & Yin, Y. (2021b). An order scheduling problem in seru production system considering worker assignment. *International journal of industrial and systems engineering*, 37(2), 149-167.
- Wang, Y., Zhang, Z., & Yin, Y. (2021b). An order scheduling problem in seru production system considering worker assignment. *International journal of industrial and systems engineering*, 37(2), 149-167.
- Wu, L., Chan, F. T., Niu, B., & Li, L. (2018). Cross-trained worker assignment and comparative analysis on throughput of divisional and rotating seru. *Industrial management and data systems*.
- Yılmaz, Ö. F. (2020). Attaining flexibility in seru production system by means of shojinka: an optimization model and solution approaches. *Computers and operations research*, 119, 104917.
- Yin, Y., Kaku, I., & Stecke, K. E. (2008). The evolution of seru production systems throughout canon. In sage business cases. *Neilsonjournals publishing*.
- Yin, Y., Stecke, K. E., Swink, M., & Kaku, I. (2017). Lessons from seru production on manufacturing competitively in a high cost environment. *Journal of operations management*, 49, 67-76.
- Yin, Y., Stecke, K. E., Swink, M., & Kaku, I. (2017). Lessons from seru production on manufacturing competitively in a high cost environment. *Journal of operations management*, 49, 67-76.
- Ying, K. C., and Tsai, Y. J. (2017). Minimising total cost for training and assigning multiskilled workers in seru production systems. *International journal of production research*, 55(10), 2978-2989.
- Yu, Y., Sun, W., Tang, J., & Wang, J. (2017a). Line-Hybrid Seru System Conversion: Models, Complexities, Properties, Solutions And Insights. *Computers and Industrial Engineering*, 103, 282-299.
- Yu, Y., Sun, W., Tang, J., Kaku, I., & Wang, J. (2017b). Line-seru conversion towards reducing worker (s) without increasing makespan: models, exact and meta-heuristic solutions. *International journal of production research*, 55(10), 2990-3007.
- Yu, Y., ve Tang, J. (2019). Review of seru production. *Frontiers of engineering management*, 6(2), 183-192.
- Yu, Y., Wang, J., Ma, K., & Sun, W. (2018). Seru system balancing: definition, formulation, and exact solution. *Computers and industrial engineering*, 122, 318-325.
- Yu, Y., Wang, S., Tang, J., Kaku, I., & Sun, W. (2016a). Complexity of line-seru conversion for different scheduling rules and two improved exact algorithms for the multi-objective optimization. *Springerplus*, 5(1), 809.
- Zhang, Z., Shen, L., Gong, X., Zhong, X., & Yin, Y. (2023). A genetic-simulated annealing algorithm for stochastic seru scheduling problem with deterioration and learning effect. *Journal of industrial and production engineering*, 40(3), 205-222.
- Zhang, Z., Wang, L., Song, X., Huang, H., & Yin, Y. (2022). Improved genetic-simulated annealing algorithm for seru loading problem with downward substitution under stochastic environment. *Journal of the operational research society*, 73(8), 1800-1811.
- Zhe, Z., Lili, W., & Yong, Y. (2021). Divisional seru order scheduling optimization based on multi-skilled worker assignment. *南京理工大学学报》(自然科学版)* (1), 98-104.
- Zwierzynski, P., & Ahmad, H. (2018). Seru production as an alternative to a traditional assembly line. *Engineering Management in Production and Services*, 10(3), 62-69.