

Arastırma Makalesi / Research Article

DENİM PANTOLON ÜRETİMİNDE İKİ EL HAREKET ANALİZİ UYGULAMASI İLE OPERATÖR ÇALIŞMA METODU ETKİLERİNİN ANALİZİ

Can ÜNAL^{1*} 

Volkan YALI¹ 

Furkan KARAKAYA¹ 

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Müh. Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 14.08.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 01.12.2024

ÖZ: Bu çalışmada, denim pantolon üreten bir işletmede, üretim akışı çıkarılmış ve söz konusu konfeksiyon üretim bandı içerisinde benzer nitelik gösteren operasyonların verimliliğini arttırmak amacıyla, operasyonlar gerçekleştirirken çalışanların hareketleri analiz edilerek, ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) tekniklerinden biri olan iki el hareket analiz şeması uygulanıp üretimi geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle geliştirme yapılacak olan operasyonlar belirlenmiş ve ardından videoya kaydedilmiş, daha sonra ilgili videolar ağır çekimde izlenerek tüm hareketler için harcanan zamanlar belirlenmiştir. İki el hareket analizi yapılacak olan operasyonlarda öncelikle, metod etüdü gerçekleştirilecek olanlar arasından en hızlı çalışan ile en yavaş çalışan operatörler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığına bakılmıştır. Önceden hazırlanmış olan form üzerinde, iki el hareket analizine göre çalışma alanlarının ve yöntemlerinin yeniden düzenlenmesi için önerilerde bulunulmuş ve çalışma sonucunda, mevcut metod değişikliğinin üretime etkisi deterministik bir simülasyon modeliyle incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konfeksiyon, iki el hareket analizi, denim pantolon, simülasyon, verimlilik, therblig, simul8

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF OPERATOR WORKING METHOD WITH THE APPLICATION OF TWO-HAND MOTION ANALYSIS IN DENIM TROUSERS PRODUCTION

ABSTRACT: In this study, the production flow was constructed in a company that produces denim trousers and in order to increase the efficiency of similar operations within the garment production line in question, the movements of the operators while performing the operations were analyzed and the two-hand motion analysis scheme, one of the ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) techniques, was applied in order to improve production. For this purpose, first of all, the operations to be improved were determined and then recorded on video, then the relevant videos were watched in slow motion to determine the time spent for all movements. In operations where two-hand movement analysis would be performed, first of all, it was checked whether there was a statistically significant difference between the fastest and slowest working operators among those for whom a method study would be performed. Suggestions were made for the rearrangement of work areas and methods according to the two-hand motion analysis on the previously prepared form and as a result of the study, the effect of the current method change on production was examined with a deterministic simulation model.

Keywords: Apparel industry, two hand motion analysis, denim trouser, simulation, productivity, therblig, simul8

*Sorumlu Yazarlar/Corresponding Authors: cunal@nku.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1533382>

www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, ülkemiz için geçmişten günümüze kadar sürekliliğini sürdüren sanayi kollarından biri olup sağladığı istihdam imkanları ve üretim sürecinde yarattığı katma değer açısından önemli bir sektördür. Dokuma kumaş sanayisi en önemli alt sektörlerinden biridir. 250 yılı aşkın bir süredir bilinen ve günümüzde büyük oranda kullanımı gerçekleşen denim kumaşlar, ilk günkü gibi kendisinden söz ettirmektedir [1]. Çin %44,3 payı ile küresel ölçekte en büyük denim kumaş ihracatçısı konumundadır. Türkiye ise %6,5 payı ile Dünya'nın en büyük 4. denim kumaş ihracatçısı konumundadır [2].

Görüldüğü gibi ülkemiz için büyük önem arz eden denim sektöründe, Çin gibi bir teknoloji deviyle rekabet ettiği için sektördeki mevcut konumunu korumak adına sadece makine verimliliğine değil, aynı zamanda işçi verimliliğine de odaklanılmalıdır. Konfeksiyon işletmelerinde verimliliğin artırılmasında işçi gücünün büyük bir rolü vardır. İşletme verimliliğini artırmak için, verimliliği etkileyen faktörlerin iyi anlaşılması ve yönetilmesi gereklidir. Verimliliği artırmak için birçok yöntem ve yaklaşım kullanılmaktadır. İki El Hareket Analizinde yapılan işin süresini kısaltmak için sıklıkla ele alınan teknik ECRS yöntemidir. ECRS adını İngilizce "Eliminate-Yok et", "Combine-Birleştir", "Rearrange-Yeniden düzenle", "Simplify-Basitleştir" kelimelerinin baş harflerinden almaktadır. Uygulandığı süreçte israfi ortadan kaldırarak, verimlilik artışı sağlayacak aksiyonların neler olabileceğini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hem sektörün rekabet gücünü düşük maliyetlerle arttırmak hem de simülasyon gibi yeni teknolojik uygulama örneklerini sektöre aktarmak hedeflenmiş, bu hedef doğrultusunda bir denim işletmesinin üretim bölümünde verimliliği arttırmak için, işçilerin hareketleri gözlemlenmiş, gereksiz hareketleri elimine edilerek işçilerin çalışma sistemleri standartlaştırılmak amaçlanmıştır. ECRS ve İki El Hareket Analizi literatürde farklı sektörlerde sıklıkla bir arada ele alınmıştır.

Yukarıda bahsedilen hedefler doğrultusunda literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, bir konfeksiyon işletmesinin montaj üretim bandında toplamda 13 operasyon için iki el hareket analizi uygulaması gerçekleştirilen bir çalışmada öncelikle, üretim akışı çıkarılmış, üretimde benzer nitelik gösteren montaj bölümü operasyonlarının verimliliğini arttırmak amacıyla, uygulama yapılacak operasyonlar belirlenmiştir. Ardından çalışanların hareketleri videoya kaydedilmiş, yavaş çekimde izlenmiş, hazırlanmış olan form üzerinde, iki el hareket analizine göre çalışma alanlarının ve çalışma yöntemlerinin yeniden düzenlenmesi için çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Çalışma sonucunda, üretim yöntemlerinin standartlaştırılması için yapılması gerekenler vurgulanmıştır [3].

Bir alüminyum doğrama fabrikasında geciken sevkiyatları en aza indirmek adına gerçekleştirilen bir çalışmada SMED yöntemi uygulanmıştır. Mevcut durumun analizinde Değer Akış Haritası (DAH) kullanılarak SMED yöntemine göre ilk analiz yapılmıştır, ardından ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify)

analizi uygulanmıştır ve belirlenen iyileştirmeler devreye alınmıştır. Çalışma sonucunda ilgili tezgahdaki hazırlık süreleri %66 azalmış, ilgili üretim alanında parti büyüklükleri %62 azalmış ve tezgahın OEE (Overall Equipment Effectiveness) oranı %9,7 artmıştır [4].

Fırıncılık sektöründeki yalın üretim teknikleri üzerine yapılan bir çalışmada ise Japonya'da uygulanan 5S yönteminin yanı sıra, iş akış şeması ve iki el hareket analizi uygulamaları gerçekleştirilmiş ve bu yöntemlerin söz konusu sektörde kullanımının verimliliği artırdığı belirtilmiştir [5].

Panel kutusu üretiminde verimlilik artışı sağlama amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada ise standart zamanın kullanımı ve iki el hareket analizi üzerine yoğunlaşmış ve önerdikleri yöntemlerle %11,40 üretim artışı gerçekleştirilmiştir [6].

Dişli kutusu endüstrisi için verimlilik artışı üzerine yapılan bir çalışmada, problemi ve çözüm gereksinimlerini anlamak için ECRS yöntemini altı sigma yaklaşımına göre kullanmış ve çevrim süresi analizi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak dişli kutusu ayarlarında ve tasarımında tespit edilen yüksek zaman ve insan gücü tüketimi sorunları giderilerek aylık %45 civarı verimlilik artışı sağlanmıştır [7].

Hat dengeleme üzerine gerçekleştirilen bir diğer çalışmada %51,68 verimliliğe sahip olan Endonezya'daki bir konfeksiyon işletmesinde ECRS analizi gerçekleştirilmiş, işletmenin de beklentisine uygun şekilde %80 üzeri verimlilik elde etmeyi hedeflenmiştir. Söz konusu analizden verimlilik kaybının kök nedenleri tanımlama amacıyla balık kılıçlığı diyagramı kullanılmıştır. ECRS tekniği ile getirdikleri öneriler sonucu %81,54 verimlilik elde edildiğini belirtmişlerdir [8]. Konfeksiyon endüstrisindeki bir diğer çalışmada iki el hareket analizi uygulanan bir işletmede üretkenliğin %33 arttığını belirtmiştir [9].

Et üretimi hattında verimlilik artışı ve atıkların azaltılması üzerine yapılan bir çalışmada Kısıtlar Teorisi, ECRS analizi ile hat dengeleme uygulanmış ve operasyonlarda fazlalık olduğu görülen çalışan ve makineler azaltılıp, bazı görevlerin gruplandırılarak tek bir iş istasyonunda birleştirilmesi gibi çözümler üretilerek işgücü dağılımı ve çalışma yapısında değişikliğe gidilmiştir. Sonuç olarak toplam üretim süresinin %49,59 azaldığı ve hat verimliliğini %79,71 arttırdığı belirtilmiştir [10].

Bir diğer çalışmada yalın üretimle ilgili değer belirlenmesi ile Değer Akış Haritalandırması, 5S, SMED, Akışa Uygun Yeniden Fabrika Düzenlenmesi (Lay-Out), Beceri Matrisi, Kök Neden Analizi, ECRS-Katma Değer Analizi, Toplam Ekipman Etkinliği (OEE), Kaizen uygulamaları ve Proses Birleştirme uygulamaları gibi ilke ve teknikler üç farklı sektörde üretim yapan üç ayrı işletmenin üretim süreçlerinde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarla yalın üretim sisteminin firmaların üretim süreçlerinde kayıpları azaltıp verimliliği artırma konusundaki etkinliğinin görülmesi sağlanmıştır. Yatak imalatı bölümünde yapılan ECRS analizi sonucunda, iyileştirmelerle %23'lük bir verimlilik artışı olacağı gözlemlenmiştir [11].

Montaj operasyonları üzerine yapılan bir çalışmada, 10 farklı katılımcının gerçekleştirdiği montaj hareketlerinin analizinde Therblig sınıflandırılmasından faydalanılmış ve akıllı iş parçalarının montaj operasyonlarıyla ilgili öneriler getirilmiştir [12]. Yemek sektöründeki videolar üzerine gerçekleştirilen bir başka çalışmada yapılan hareket analizlerinde ise Therblig hareket birimlerini baz alarak salata hazırlama işlemi üzerine iyileştirme yapılmıştır [13].

Pantolon üretiminde MTM (method time measurement) yöntemi ile günlük ortalama üretim sayısının irdelendiği bir çalışmada, yapılan analizler sonucu getirilen önerilen sistemle, ilgili operasyonlarda kullanılacak nakil araçları sayesinde nakil işlemi sırasındaki oturup kalkma hareketlerinin elimine edilmesinin yanı sıra bırakma süreleri ve uzanma mesafelerinin de kısaltılabileceğini ve böylece %15 verimlilik artışı sağlanabileceği belirtilmiştir [14]. Bornoz üretiminde MTM yönteminin kullanıldığı bir başka çalışmada ise MTM yöntemi ile kronometre yöntemi karşılaştırılmış, sonuç olarak bornoz dikim aşamasındaki en uzun işlem olduğu belirtilen yan birleştirme operasyonu için her iki yöntemin de uygulanıp hesaplamalarda kullanılabileceğinin görüldüğü belirtilmiştir [15]. Tişört üretiminde önceden belirlenmiş zaman sistemlerinin incelenmesi üzerine MTM yöntemiyle gerçekleştirilen bir çalışmada ise operasyonlar videoya çekilerek 1/8 hızında irdelenmiş ve MTM verilerinin genelde daha düşük çıktığı belirtilerek MTM yönteminde karşılaşılan zorluklara dikkat çekilmiştir [16].

Yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, denim pantolon üreten konfeksiyon işletmesinde gerçekleştirilmiş olup, işletme talebi doğrultusunda incelenen operasyonlardaki operatörlerin ortalama çalışma sürelerini analiz edilerek en hızlı ve en yavaş operatör süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülen operatörlerde iki el hareket analizi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca deterministik bir simülasyon uygulamasıyla (Simul8) üretim hattına etkisini göstermek amaçlanmıştır. Literatürde Simul8 yazılımı kullanılarak

gerçekleştirilen konfeksiyon üretimine ait örneklere bakıldığında, polo tişört üretimi üzerine yapılan bir çalışmada mevcut üretim hattına rahatsızlık vermeden üretimde verimlilik ve hat dengeleme üzerine çalışmaların simülasyonunun yapılabildiği belirtilmiştir [17]. Konfeksiyon alanında Simul8 yazılımı ile simülasyon oluşturulan bir diğer çalışmada, simülasyon kullanımında oluşturulan yeni bir algoritma sayesinde hat dengelemede %6,99 değerinde bir verimlilik artışının sağlanabileceğinin görüldüğü belirtilmiştir [18].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Başarılı üretim, en az çabayla en fazla çıktıyı elde etmeyi gerektirir ve bunun sağlanması için işçi, çevre, ekipman, yöntem veya hareketlerin irdelenmesi ile atıkların ortadan kaldırılması büyük önem arz etmektedir. En hızlı, en kolay ve en iyi yönlendirilmiş hareketleri bünyesinde barındıran çalışma yöntemlerini standartlaştırabilmek için her operasyon ve sürecin araştırılması gerekir. İşlemlerin en az çabayla gerçekleştirilmesi, öncelikle mevcut en iyi uygulamaların kaydedilip en verimli unsurların seçilmesini ve bunların birleştirilerek işin yapılması için yeni bir "en iyi yol" oluşturulmasını gerektirir [19]. Hareket etüdü ve iş tasarımındaki geleneksel yaklaşımlar, yirminci yüzyılın başlarında Frank ve Lillian Gilbreth gibi araştırmacıların 17 adet hareketi tanımladığı "Therblig" sınıflandırmasına dayanmakta olup, manuel çalışmayı basitleştirerek etkinliğini artırmak için hareket ekonomisi ilkelerini içermektedir. Söz konusu sınıflandırmanın kullanıldığı analizlerde her bir Therblig, bir işçinin bir görevi gerçekleştirmek için harcadığı zamanı ve enerjiyi temsil eder. Therblig sınıflandırma sayısı az gibi görünse de bir görev sırasında sıklıkla çok benzer sıralarda tekrar tekrar gerçekleştirildiğinden, çalışma sırasında yapılan tüm hareketleri kapsayan bir sınıflandırmadır ve birçok sektörde kullanılabilir. Kısa süreli hareketlerin birçok kez tekrarlanması gibi görevlerde mikrohareket analizi de denilen analizler için görevi gerçekleştiren kişinin sağ ve sol ellerin faaliyetleri Therblig cinsinden belirtilebilmektedir. Söz konusu Therblig sınıflandırması Tablo 1'de görülmektedir [20].

Tablo 1. Therblig'lerin sınıflandırılması [20]

	VERİMLİ		VERİMSİZ		
		<i>TE</i>	Parçaya Uzanma	<i>H</i>	Parçayı Elde Tutma
Fiziksel Faaliyetler		<i>G</i>	Parçayı Tutma	<i>PP</i>	Parçayı İşleme Hazır Hale Getirmek İçin Taşıma
		<i>TL</i>	Parçayı Taşıma		
		<i>RL</i>	Parçayı Bırakma		
		<i>U</i>	Aleti Kullanma		
		<i>A</i>	İki Parçayı Eşleme, Birleştirme		
		<i>DA</i>	Önceden Birleştirilmiş İki Parçayı Ayırma		
	Fiziksel ve Zihinsel Faaliyetler				<i>P</i>
			<i>SH</i>	Arama	
			<i>ST</i>	Seçme	
Zihinsel Faaliyetler	<i>I</i>	Kontrol	<i>P</i>	Planlama	
Durma	<i>R</i>	Dinlenme	<i>UD</i>	İşçinin Dış Nedenlerle Durması	
			<i>AD</i>	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	

Hareket ekonomisi prensiplerine göre yapılan analizlerde de insan vücudu, çalışma ortamı düzeni ve çalışılan ekipmanla ilgili konuları ele alınıp bu alanlarda önerilerde bulunulabilmektedir. Verimsiz faaliyetlerin ortadan kaldırılması için insan vücuduna ilişkin şu ilkelerden faydalanılmıştır [20]:

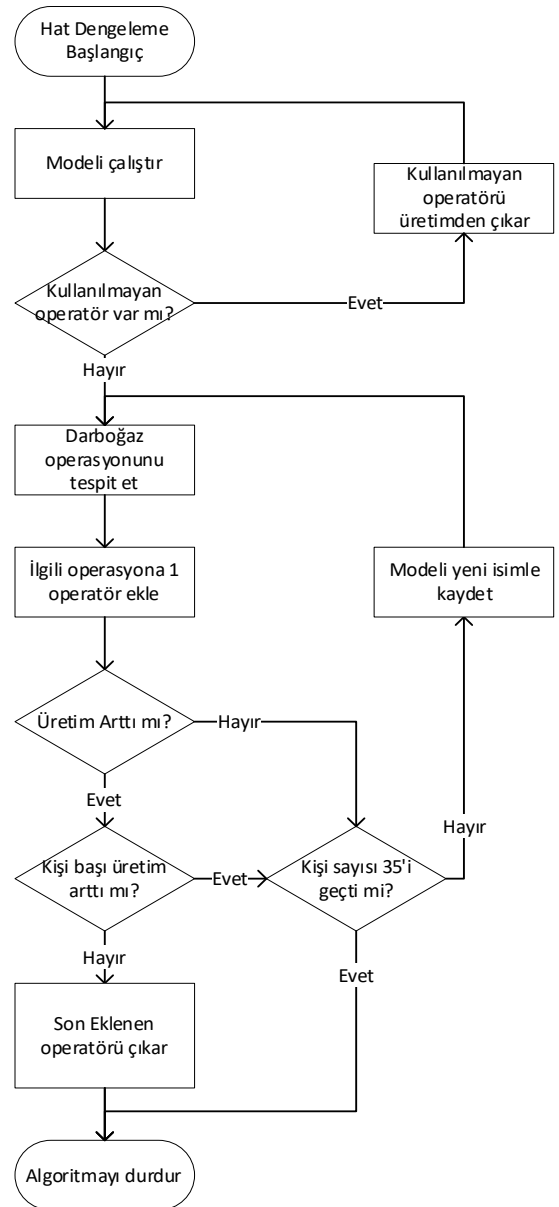
- İki eli mümkün olduğunca aynı anda kullanılmalıdır,
- İki elin hareketi de aynı zamanda başlamalı ve bitmelidir,
- İki elin hareketi simetrik olmalı böylece koordinasyon ihtiyacı azalmalıdır,
- İş çalışanın tercih ettiği eline göre tasarlanmalıdır,
- İki el hiçbir zaman aynı anda boşta olmamalıdır,
- İş metodu akıcı hareketlerden oluşmalı, ters ve ani değişimlerden kaçınılmalıdır,
- Momentum kullanılmalıdır,
- Metot yer çekiminden yararlanmalıdır,
- Hareketler doğal bir ritimde yapılmalıdır,
- El ve kol hareketlerinin en düşük sınıfı kullanılmalıdır,
- Göz odaklanma ve tarama aktivitesi minimize edilmelidir,
- Ayak ve bacakların kullanılabilmesi düzenleme yapılmalıdır.

Operasyonlarla ilgili gerekli metot düzenlemelerinden sonra Simul8 yazılımı kullanılarak deterministik bir simülasyon modeli uygulamasıyla operasyon sürelerindeki değişimin üretim bandına etkisi araştırılmıştır. Simul8 yazılımı bir kesikli olay simülasyonu yazılımı olup kullanıcıların, inceledikleri sisteme ait görsel bir modeli kolayca oluşturabilmelerine olanak tanımaktadır. Programda iş parçaları, servis noktaları ve kuyruklar gibi tipik nesnelere ve çeşitli sanal parçalar kullanılarak çalışılan sistemin modeli kurulduktan sonra, söz konusu parçaların sistem içindeki çalışmaları bir animasyonla görüntülenebilmektedir. Modelin tekrarlı çalıştırılmasına da imkan tanıyan yazılım sayesinde oluşturulan sistemin bekleme süreleri ve verimlilik gibi değerlerinin performansına ait istatistiksel veriler elde edilebilmekte ve sistemin kolayca analizi yapılabilmektedir [21].

Uygulamanın yapıldığı denim pantolon üretiminin montaj hattı bölümü için kurulan simülasyon modelinde operasyon süreleri firmadan temin edilmiş, ancak iki el hareket analizi ile metot etüdü gerçekleştirilen operasyonlar için (yavaş ve hızlı isimleriyle) iki farklı model kullanılmıştır. Uygulama sürecinde aynı operasyonu yapan tüm farklı operatörler incelenmiş, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan en yavaş ve en hızlı operatörler için video kayıtları alınmış ve "Windows Media Player Classic" yazılımıyla 1/8 hızındaki ağır çekimle izlenmesiyle gerçekleştirilen iki el hareket analizi sonucunda verimsiz faaliyetler tespit edilmiştir.

Yavaş modelde uygun metotla çalışmayan operatörlerin operasyon süreleri, hızlı modelde ise metot düzeltilmesi gerçekleşmiş operasyon süreleri dikkate alınmıştır. Adından da anlaşılacağı gibi söz konusu simülasyon modelleri için sabit operasyon süreleri kullanılmıştır. Hat dengeleme yapılırken öncelikle işletmeden alınan operatör

sayıları dikkate alınmış, sonrasında model raporlarının gösterdiği verimsiz operatörler banttan çıkarılmıştır. Çalışmanın devamında Simul8 yazılımında darboğaz yaratan operasyonlara Şekil 1'de oluşturulan algoritmaya uygun olarak operatör eklenmiştir. Burada hedef yeni bir hat dengeleme algoritması oluşturmak değil, simülasyon uygulanmasında alternatif modellerin nasıl geliştirileceğine kullanıcıya dair bir öneri sunmaktır. Kişi başı üretimin azaldığı veya işletmenin öngördüğü maksimum operatör sayısının aşıldığı noktaya ulaşıldığında dengeleme durdurulmuştur. Algoritmada darboğaz operasyonlar belirlenirken en uzun süreli operasyonlar dikkate alınmıştır. Doğal olarak en uzun süreli operasyonlar simülasyon yazılımı çıktısında en az üretime sahip operasyonlar olarak raporlanmaktadır. Simul8 yazılımının verdiği günlük üretim adetleri raporuna göre kişi başı üretim adedi hesaplanmaktadır.



Şekil 1. Simülasyon uygulaması için geliştirilen hat dengeleme algoritması

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

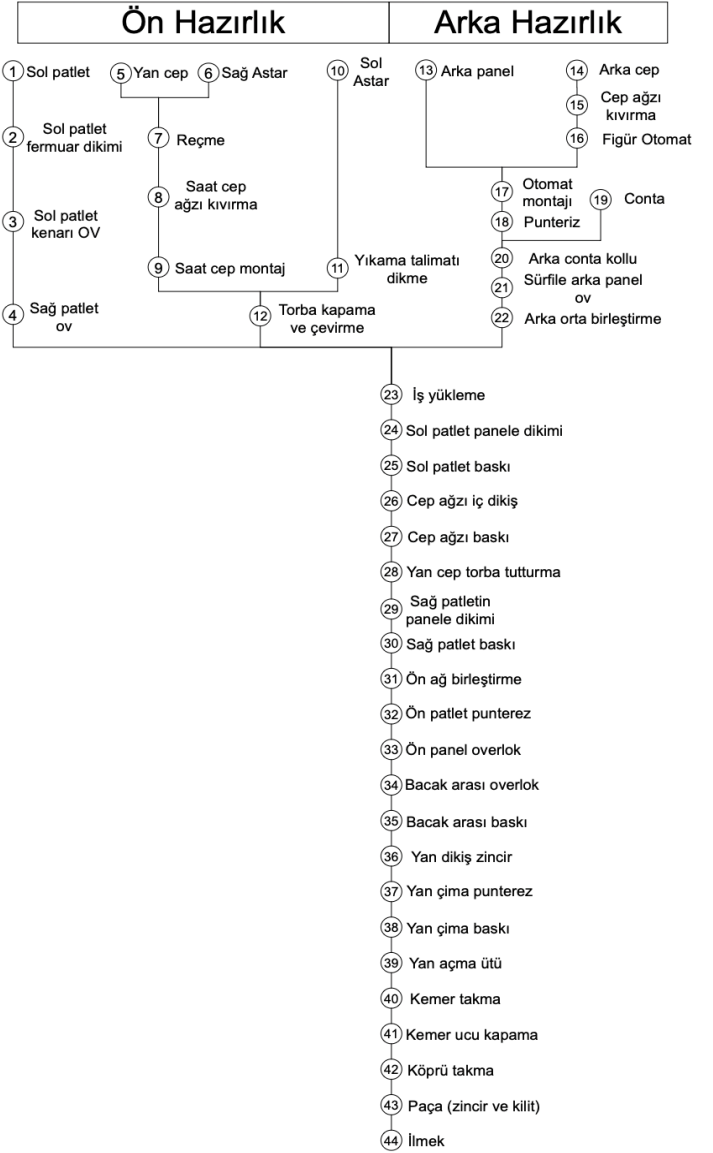
Çalışma kapsamında işletmenin talebi üzerine, Şekil 2'deki denim pantolon üretimine ait iş akış şeması üzerinde görülen 23 ve 44 numaralı operasyonların arasındaki işlemler irdelenmiştir. Çalışmanın bu operasyonlarla kısıtlı olmasının diğer bir nedeni ise hem askılı üretim bandında ve hem de manuel üretim bantlarında yer alan operasyonlar olmasıdır. Bu operasyonlar numaraları ve isimleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Her bir operasyon için fabrikada aynı işi ve aynı modeli yapan 5 çalışan gözlemlenmiştir. Bu gözlemler esnasında peşi sıra gelen ve tekrar eden dikim adımları izlenilip süreleri tutulmuştur. İki el hareket analizine geçmeden önce işletmede aynı ürünü üreten 9 bant olduğu için, her operasyonda ilgili bantlara ait tüm süreler tutulmuş en yavaş ve en hızlı operatörler için iki el hareket analizi uygulanmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere 7 farklı operasyon için SPSS v.25 yazılımında (verilerin normal dağılım göstermediği tespit edildikten sonra gerçekleştirilen) Mann-Whitney test sonuçları tüm hızlı ve yavaş operasyonların birbirlerinden anlamlı derecede farklı olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın temel nedeni aynı operasyonu yapan kişilerin çalışma metodlarının birbirinden farklı olmasıdır.

Çalışmanın devamında söz konusu tüm operasyonlar için iki el hareket analizi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu operasyonlardan örnek olarak seçilen 42 numaralı köprü otomati işlemine ait operasyon resmi Şekil 3'te, iki el hareket analizi bulguları Tablo 3 ve Tablo 4'te paylaşılmıştır. En yavaş operatörün incelendiği video süresi 18,61 saniye, en hızlı operatörün izlendiği video süresi ise 11,79 olarak tespit edilmiştir. İlgili videolar iki el hareketinin en iyi görülebildiği çekimler olduğu için tercih edilmiştir.



Şekil 3. 42 numaralı operasyon görüntüsü



Şekil 2. Denim pantolon iş akış şeması

Tablo 2. En hızlı ve en yavaş operasyonlara ait karşılaştırma

Operasyon	Operasyon adı	Operatör	N	Medyan	p
29	Sağ Patletin Dikimi	Yavaş	5	12	0,007
		Hızlı	5	8	
34	Bacak Arası Overlok	Yavaş	5	31	0,008
		Hızlı	5	17	
35	Bacak Arası Baskı	Yavaş	5	23	0,008
		Hızlı	5	12	
38	Yan Çima Baskı	Yavaş	5	19	0,007
		Hızlı	5	10	
40	Kemer Takma	Yavaş	5	48	0,008
		Hızlı	5	35	
41	Kemer Ucu Kapama	Yavaş	5	18	0,008
		Hızlı	5	10	
42	Köprü Otomati	Yavaş	5	19	0,008
		Hızlı	5	9	

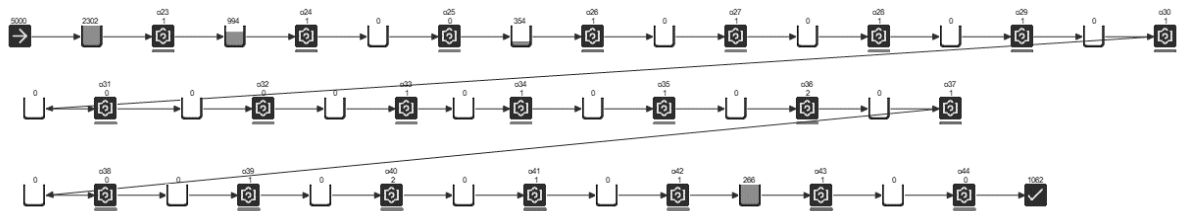
Tablo 3. 42 numaralı operasyonun en hızlı çalışan için analizi

İş Açıklaması	Sol El		Kodlar		Sağ El		Süre(sn)	
Sol tarafta bulunan arabadan parça alınır ve makinada dikilmekte olan parçanın bitmesi beklenir	Parçaya Uzanma	TE	U		Aleti Kullanma		0,34	
	Kavrama	G	G		Kavrama		0,05	
	Parçayı Taşıma	TL	H		Parçayı Elde Tutma		0,38	
	İşçinin Dış Nedenlerle Durması	UD	UD		İşçinin Dış Nedenlerle Durması		0,19	
	Parçayı Elde Tutma	H	TL		Parçayı Taşıma		0,21	
	Parçayı Elde Tutma	H	RL		Parçayı Bırakma		0,08	
	Parçayı Elde Tutma	H	TE		Parçaya Uzanma		0,14	
	Parçayı Elde Tutma	H	G		Kavrama		0,08	
Alınan parça köprü makinasına yerleştirilir her köprü takıldıktan sonraki köprüyü takmak için parça çevrilir. Bu işlem 5 kere tekrar eder.	Parçayı Taşıma	TL	TL		Parçayı Taşıma		0,38	
	Parçayı Pozisyonlama	P	P		Parçayı Pozisyonlama		0,28	
	Aleti Kullanma	U	U		Aleti Kullanma		0,23	
	Parçayı Bırakma	RL	RL		Parçayı Bırakma		0,04	
	Parçaya Uzanma	TE	TE		Parçaya Uzanma		0,52	
	Kavrama	G	TE		Parçaya Uzanma		0,16	
	Parçayı Taşıma	TL	TE		Parçaya Uzanma		0,44	
	Parçayı Elde Tutma	H	G		Kavrama		0,08	
	Parçayı Taşıma	TL	TL		Parçayı Taşıma		0,45	
	Aleti Kullanma	U	U		Aleti Kullanma		0,28	
	Parçayı Pozisyonlama	P	P		Parçayı Pozisyonlama		0,13	
	Parçayı Bırakma	RL	RL		Parçayı Bırakma		0,06	
	Parçaya Uzanma	TE	TE		Parçaya Uzanma		0,14	
	Kavrama	G	TE		Parçaya Uzanma		0,05	
	Parçayı Taşıma	TL	TE		Parçaya Uzanma		0,12	
	Parçayı Elde Tutma	H	G		Kavrama		0,04	
	İşçinin Dış Nedenlerle Durması	UD	UD		İşçinin Dış Nedenlerle Durması		0,64	
	Parçayı Taşıma	TL	TL		Parçayı Taşıma		0,43	
	Parçayı Pozisyonlama	P	P		Parçayı Pozisyonlama		0,22	
	Aleti Kullanma	U	U		Aleti Kullanma		0,26	
	Parçayı Bırakma	RL	RL		Parçayı Bırakma		0,05	
	Parçaya Uzanma	TE	TE		Parçaya Uzanma		0,09	
	Kavrama	G	TE		Parçaya Uzanma		0,04	
	Parçayı Taşıma	H	TE		Parçaya Uzanma		0,16	
	Parçayı Elde Tutma	H	G		Kavrama		0,06	
	İşçinin Dış Nedenlerle Durması	UD	UD		İşçinin Dış Nedenlerle Durması		0,67	
	Parçayı Taşıma	TL	TL		Parçayı Taşıma		0,36	
	Parçayı Pozisyonlama	P	P		Parçayı Pozisyonlama		0,28	
	Aleti Kullanma	U	U		Aleti Kullanma		0,22	
	Parçayı Bırakma	RL	RL		Parçayı Bırakma		0,04	
	Parçaya Uzanma	TE	TE		Parçaya Uzanma		0,14	
	Kavrama	G	TE		Parçaya Uzanma		0,04	
	Parçayı Taşıma	H	TE		Parçaya Uzanma		0,16	
	Parçayı Elde Tutma	H	G		Kavrama		0,03	
	İşçinin Dış Nedenlerle Durması	UD	UD		İşçinin Dış Nedenlerle Durması		0,64	
	Parçayı Taşıma	TL	TL		Parçayı Taşıma		0,36	
	Parçayı Pozisyonlama	P	P		Parçayı Pozisyonlama		0,06	
	Aleti Kullanma	U	U		Aleti Kullanma		0,46	
	Sol taraftan yeni parça alınır, makinada dikimi biten parça sağ taraftaki arabaya atılır	Parçayı Bırakma	RL	U		Aleti Kullanma		0,04
		Parçaya Uzanma	TE	U		Aleti Kullanma		0,31
		Kavrama	G	U		Aleti Kullanma		0,03
		Parçayı Taşıma	H	U		Aleti Kullanma		0,64
Parçayı Taşıma		H	G		Kavrama		0,08	
Parçayı Taşıma		H	TL		Parçayı Taşıma		0,28	
Parçayı Elde Tutma		H	RL		Parçayı Bırakma		0,06	
Parçayı Elde Tutma		H	TE		Parçaya Uzanma		0,07	
Toplam Süre						11,79		

Tablo 4. 42 numaralı operasyonun en yavaş çalışan için analizi

İş Açıklaması	Sol El		Kodlar		Sağ El		Süre(sn)
Parçayı sol taraftaki arabadan alıp makinaya taşınır	Parçaya Uzanma	TE	AD	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	0,40		
	Kavrama	G	AD	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	0,23		
	Parçayı Taşıma	TL	AD	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	1,25		
	Parçayı Taşıma	TL	G	Kavrama	0,70		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	1,77		
Alınan parça köprü makinasına yerleştirilir her köprü takıldıktan sonraki köprüyü takmak için parça çevrilir. Bu işlem 5 kere tekrar eder.	Parçayı Pozisyonlama	P	P	Parçayı Pozisyonlama	0,11		
	Aleti Kullanma	U	U	Aleti Kullanma	0,80		
	Parçaya Uzanma	TE	U	Aleti Kullanma	0,19		
	Kavrama	G	U	Aleti Kullanma	0,27		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,35		
	Parçayı Taşıma	TL	RL	Parçayı Bırakma	0,06		
	Parçayı Taşıma	TL	TE	Parçaya Uzanma	0,16		
	Parçayı Taşıma	TL	G	Kavrama	0,04		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,65		
	Parçayı Pozisyonlama	P	P	Parçayı Pozisyonlama	0,42		
	Aleti Kullanma	U	U	Aleti Kullanma	1,45		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,20		
	Parçayı Taşıma	TL	RL	Parçayı Bırakma	0,03		
	Parçayı Taşıma	TL	TE	Parçaya Uzanma	0,05		
	Parçayı Taşıma	TL	G	Kavrama	0,09		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,63		
	Parçayı Pozisyonlama	P	P	Parçayı Pozisyonlama	0,28		
	Aleti Kullanma	U	U	Aleti Kullanma	1,20		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,45		
	Parçayı Taşıma	TL	RL	Parçayı Bırakma	0,05		
	Parçayı Taşıma	TL	TE	Parçaya Uzanma	0,09		
	Parçayı Taşıma	TL	G	Kavrama	0,09		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,54		
	Parçayı Pozisyonlama	P	P	Parçayı Pozisyonlama	0,51		
	Aleti Kullanma	U	U	Aleti Kullanma	1,07		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,10		
	Parçayı Taşıma	TL	RL	Parçayı Bırakma	0,41		
	Parçayı Taşıma	TL	TE	Parçaya Uzanma	0,12		
	Parçayı Taşıma	TL	G	Kavrama	0,63		
	Parçayı Taşıma	TL	TL	Parçayı Taşıma	0,25		
	Parçayı Pozisyonlama	P	P	Parçayı Pozisyonlama	0,09		
Aleti Kullanma	U	U	Aleti Kullanma	1,01			
Dikilen parça sağ taraftaki arabaya atılır.	Parçayı Bırakma	RL	RL	Parçayı Bırakma	0,07		
	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	AD	TE	Parçaya Uzanma	0,35		
	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	AD	G	Kavrama	0,09		
	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	AD	TL	Parçayı Taşıma	1,28		
	İşçinin Bireysel Nedenle Durması	AD	RL	Parçayı Bırakma	0,08		
				Toplam Süre	18,61		

Yedi operasyon için iki el hareket analizleri tamamlandıktan sonra 23 ile 44 arasındaki montaj operasyonlarına ait simülasyon modeli Simul8 yazılımında oluşturulmuştur (Şekil 4).

**Şekil 4.** Simul8 model görüntüsü

Tüm operasyonlar için işletmeden alınan standart süreler Tablo 5 ve Tablo 6'da yavaş ve hızlı model için ayrı ayrı verilmektedir. Yavaş ve hızlı modeldeki temel ayırım iki el hareket analizi ile düzenleme yapılan operasyon sürelerinin birbirlerinden farklı olmasıdır. İki ana modelde de operasyonlara ait operatör sayıları birbirleriyle aynıdır. Bunun nedeni işletmenin kaynak sağladığı üretim verileridir.

Eldeki operatör sayıları ve operasyon süreleri verilerinin Şekil 4'te gösterilen Ana modellere aktarılmasından sonra Simul8 programı 540 dakikalık üretim için çalıştırılmıştır. Modelin çalıştırılması sonrasında Simul8 yazılımı otomatik olarak operatörlere ait bekleme, çalışma, durma yüzdeleri, operatör başına üretim adetleri ve operatörlerin ortalama kullanımı gibi bilgileri sunan bir rapor vermektedir (Şekil 5). Raporun üst kısmında yer alan "Maximum Use" sütunu ilgili operasyonda modelin kaç operatör kullandığını kullanıcıya sunmaktadır. Örneğin Şekil 5'te ilk sütunda o31 ile ifade edilen 31. Operasyonda Tablo 5'deki işletme verileri ana modelde 2 operatörün kullanıldığını belirtmiş, ancak Simul8 raporunda söz konusu o31 operasyonu için 1 çalışanın yeterli olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda hem hızlı (iki el hareket analizi uygulanmış olan) hem de yavaş (iki el hareket analizi uygulanmamış olan) modeldeki ilgili operasyondan bir operatör çıkarılmıştır. İşletmenin hat dengelemeyi göz önüne yapmadan oluşturduğu (Ana model olarak isimlendirilen) üretim bandındaki tüm fazla çalışanlar hem yavaş hem de hızlı model için temizlendikten sonra hat dengeleme işlemine geçilmiştir. Tüm verimsiz operatörlerin çıkarılmasından sonra yavaş model 35

operatörden 29 operatöre düşürüldüğünde 1062 adet, hızlı model ise 35 operatörden 27 operatöre düşürüldüğünde 1064 adet üretim olmak üzere üretim adedi değişmeksizin aynı sayıda üretim yapabileceği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın devamında hat dengeleme yapılırken Şekil 2'de açıklanmış olan (Simul8 raporuna bağlı olarak güncellenen) basit algoritma kullanılmıştır. Uygulamada her iki model için de alternatifler oluşturulmuş, kişi sayısına bağlı alternatif modellere (H27, Y28 gibi) yeni isimler verilmiştir. Örneğin yavaş modelde Y28 modelinden Y29 modeline geçerken 43 numaralı operasyona 1 kişi eklenmiştir. İlgili operasyon için gerçekleştirilen bu atamanın temel nedeni 43 numaralı operasyonun bandın en yavaş operasyonu olması ve günlük üretiminin 1062 adet olmasıdır (Şekil 5). Doğal olarak söz konusu üretim bandı en yavaş elemanı kadar üretim yapabilmektedir ve kişi başı üretim 37,93 adettir. 43 numaralı operasyona 1 operatör eklenmesi sonucundan bandın üretimi 1327 adede çıkmış ancak bu sefer darboğaz 26 numaralı operasyonda ortaya çıkmıştır. 26 numaralı operasyonun üretimi 1327 adet, bandın kişi başı üretim adedi ise 45,76 olmuştur. Tablo 5'te görüldüğü üzere iki model de 35 kişiye ulaşıncaya kadar hat dengeleme işlemine devam edilmiştir. Ancak kişi başı üretimin en iyi olduğu operatör sayısının yavaş model için 31, hızlı model için 30 olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu modellerde darboğazlara daha fazla operatör eklenmemesinin temel nedeni, işletmenin operatör sayısının 35 kişi olmasıdır. İncelenen iki model de işletme kısıtlı olan 35 kişiye ulaşmadan optimum sonuç elde edilmiştir.

	Waiting %	Working %	Blocked %	Stopped %	Number Completed Jobs	Minimum Use	Average Use	Maximum Use	Current Contents	Change Over %	Off Shift %	Resource Starved %	Maintenance %
o23	0	100	0	0	2697	0	1	1	1	0	0	0	0
o24	0,04	99,96	0	0	1702	0	1	1	1	0	0	0	0
o25	10,615	89,385	0	0	1702	0	0,841	1	0	0	0	0	0
o26	0,158	99,842	0	0	1346	0	0,998	1	1	0	0	0	0
o27	0	0	0	0	1345	0	1,039	2	1	0	0	0	0
o28	0	0	0	0	1344	0	1,204	2	1	0	0	0	0
o29	50,201	49,799	0	0	1343	0	0,456	1	1	0	0	0	0
o30	21,183	78,817	0	0	1342	0	0,747	1	1	0	0	0	0
o31	0	0	0	0	1342	0	0,705	1	0	0	0	0	0
o32	54,43	45,57	0	0	1341	0	0,414	1	0	0	0	0	0
o33	0	0	0	0	1340	0	1,159	2	1	0	0	0	0
o34	0	0	0	0	1338	0	1,281	2	1	0	0	0	0
o35	0	0	0	0	1337	0	0,95	1	1	0	0	0	0
o36	0	0	0	0	1335	0	1,568	2	2	0	0	0	0
o37	50,515	49,485	0	0	1334	0	0,495	1	1	0	0	0	0
o38	0	0	0	0	1334	0	0,783	1	0	0	0	0	0
o39	0	0	0	0	1333	0	0,947	1	1	0	0	0	0
o40	0	0	0	0	1331	0	1,974	3	2	0	0	0	0
o41	26,041	73,959	0	0	1330	0	0,74	1	1	0	0	0	0
o42	0	0	0	0	1329	0	0,78	1	1	0	0	0	0
o43	1,51	98,49	0	0	1062	0	0,985	1	1	0	0	0	0
o44	0	0	0	0	1062	0	0,328	1	0	0	0	0	0

Şekil 5. Simul8 rapor örneği

Tablo 5. Yavaş model simülasyon sonuçları

Op No	Operasyon Adı	Operasyon Süresi (sn)	Ana Model	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35
23	İş Yükleme	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Sol patlet panele dikimi	19	1	1	1	1	1	1	1	2	2
25	Sol patlet baskı	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	Cep ağzı iç dikiş	24	1	1	1	2	2	2	2	2	2
27	Cep ağzı baskı	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28	Yan cep torba tutturma	30	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	Sağ patletin panele dikimi	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	Sağ patlet baskı	19	1	1	1	1	1	1	1	1	2
31	Ön ağ birleştirme	18	2	1	1	1	1	1	1	1	1
32	Ön patlet punterez	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	Ön panel overlok	29	2	2	2	2	2	2	2	2	2
34	Bacak arası overlok	31	2	2	2	2	2	2	2	2	2
35	Bacak arası baskı	23	2	1	1	1	1	2	2	2	2
36	Yan dikiş zincir	38	2	2	2	2	2	2	2	2	2
37	Yan çima punterez	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	Yan çima baskı	19	2	1	1	1	1	1	1	1	1
39	Yan açma ütü	23	2	1	1	1	1	1	2	2	2
40	Kemer takma	48	3	2	2	2	3	3	3	3	3
41	Kemer ucu kapama	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	Köprü takma	19	2	1	1	1	1	1	1	1	1
43	Paça (zincir veya kilit)	30	1	1	2	2	2	2	2	2	2
44	İlmek	8	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Çalışan sayısı			35	28	29	30	31	32	33	34	35
Üretim adedi			1062	1062	1327	1327	1385	1385	1676	1676	1676
Kişi başı üretim			30,34	37,93	45,76	44,23	44,68	43,28	50,79	49,29	47,89

Tablo 6. Hızlı model simülasyon sonuçları

Op No	Operasyon Adı	Operasyon Süresi (sn)	Ana Model	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34	H35
23	İş Yükleme	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Sol patlet panele dikimi	19	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
25	Sol patlet baskı	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	Cep ağzı iç dikiş	24	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
27	Cep ağzı baskı	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28	Yan cep torba tutturma	30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	Sağ patletin panele dikimi	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	Sağ patlet baskı	19	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
31	Ön ağ birleştirme	18	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
32	Ön patlet punterez	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	Ön panel overlok	29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
34	Bacak arası overlok	17	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	Bacak arası baskı	12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	Yan dikiş zincir	38	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
37	Yan çima punterez	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	Yan çima baskı	10	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	Yan açma ütü	23	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
40	Kemer takma	35	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
41	Kemer ucu kapama	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	Köprü takma	9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	Paça (zincir veya kilit)	30	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
44	İlmek	8	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çalışan sayısı			35	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Üretim adedi			1064	1064	1330	1388	1680	1680	1680	1773	1824	1878
Kişi başı üretim			30,40	39,41	47,50	47,86	56,00	54,19	52,50	53,73	53,65	53,66

4. SONUÇLAR

Denim pantolon üretiminde verimlilik artışı sağlama amacıyla gerçekleştirilen iki el hareket analizi uygulaması sonucunda işletme içerisinde aynı operasyonu yapan farklı çalışanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın temel nedeni aynı operasyonu yapan kişilerin çalışma metotlarının birbirinden farklı olmasıdır. Operasyon bazında incelenen metotlarla ilgili öneriler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Genellikle bu tip analizlerde çalışma alanında yapılan değişiklikler bir kroki yardımıyla çizilerek gösterilmektedir. İşletmede uygulama kolaylığı açısından video analizi yapılması tercih edilmesine rağmen gerçekleştirilecek operasyona ait metotların standartlaştırılması için bir krokinin oluşturulup arşivlenmesinin firmalara fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Sağ patlet dikimi operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Parça eşleme yapılırken ilk olarak ikili eşleme yapıp daha sonra tekrardan üçlü eşleme yapılması zaman kaybına neden olmaktadır. Üç farklı parça eşleneceğinden dolayı parçalar oturma pozisyonuna göre en uygun yerde konumlandırılmalı ve parça yönleri eşleme yapılacak yönde konulmalıdır. İkinci parça konumlandırılma yapılacak gibi hizalanmamalı ve bundan dolayı yavaş davranılmamalıdır.

Bacak arası overlok operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Dikiş sırasında 2 parmak parçalar arasında sabit tutulmamalıdır. Parça eşleme yaparken zaman kaybetmemek için parçaların konumlandırılmaları ve parçaların dikiş masasına olan mesafelerine dikkat edilmelidir. Dikim esnasında kumaş beslenirken eller yardımıyla parça takip edilmelidir. Dikiş esnasından gereğinden fazla durulmamalı, dikiş devam ederken parça gözle kontrol edilmelidir. Parçaların alınıp konulduğu yer dikiş ayağı yönüyle paralel olmalıdır. Örneğin dikiş ayağının solda kaldığı kısımlarda parça soldan alınıp sağa verilmelidir. Aksi takdirde parçayı makineye konumlandırma esnasında aksama meydana gelmektedir. Dikimin daha seri olması için parçaların bir önceki operasyonda meto numaraları dizimi ve parçanın konulduğu yön kontrol edilmelidir. Örneğin punteriz operasyonunu yapan kişi metoyu takip etmeden parçayı alıp dikesse bir sonraki operasyon olan bacak arasına gelince meto ters kalmaktadır ve demetin ters çevrilmesi gerekmektedir. Ters çevrilen demetin eşlenip dikilmesi daha zor olmaktadır. Çünkü eşlenecek kısım altta kalmaktadır.

Bacak arası baskı operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Parça makineye en yakın olacak şekilde konulmalıdır. Parça besleme kolay alınacak şekilde düzeltilmelidir. Seçerek kavrama yapmak vakit kaybına sebep olmaktadır.

Yan çima baskı operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Parça dikim esnasında tek tarafı dikildikten sonra çevirmek için kendine doğru parçayı yakınlaştırmak yerine makineden çıktıktan hemen sonra parça çevrilmelidir. Parça çevirimi yapılırken makineden çıkartıldıktan sonra sol el sabit tutulup sağ el ile parça hareket edilip çevrilmelidir. Parça makineye konumlandırılması tek seferde yapıp dikimi de tek seferde yapılmalıdır. Parça konumlandırılması makinenin etrafından en hızlı olacak şekilde olmalıdır.

Kemer takma operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Numaralandırma işlemi yapılırken meto kemer parçasının baş ve son uçlarına yakın olmayacak şekilde takılmalıdır. Kendisinden önceki operasyonlardan birinde akışa ve zamana en az etki edecek operasyonda fermuar açılmalı ve o şekilde gönderilmelidir. Kemer takma işlemi bittikten sonra fazlalık kemer kesimi tek seferde yapılmalıdır. Kemer takma işlemi mümkün olduğu kadar kesintisiz olmalıdır. Dikim sırasında ürün dikiş ağzının olduğu taraftan kontrol edilmelidir. Dikimi bitmiş pantolonlar tek seferde kesilmeli ve sepete atılmalıdır. Pantolon kemer takmaya yardımcı aparata yerleştirilirken pantolon da aynı anda taşınmalıdır.

Kemer ucu kapama operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Parça konumlandırılması makineye en yakın olacak şekilde yapılmalıdır. Parça alınırken kendine yakın kısmı kemer ise yandan alınmalıdır. Parça makineye yerleştirildikten sonra diğer pantolon alınmalı ve hazırlanmalıdır. Makine ön kısmına yapılan eke pantolonlar konulmamalıdır. Çünkü aşağıdan alınan parça makineye konulduktan sonra yeni parçanın alınmasına olanak sağlanmamaktadır.

Köprü otomatı operasyonu için yapılan gözlemlerde şu önerilerde bulunulmuştur:

Parça makineden çıkartılmadan çevrilmelidir. Parça dikilirken eller, çevirme işlemi yapacak şekilde konumlandırılmalıdır. Son köprü takılırken yeni parçaya uzanılmalıdır.

Yapılan düzenlemelerin hat dengelemeye etkisi incelendiğinde uygun metotla çalışıldığında bant üretiminin 1878 adede ulaşabileceği veya kişi başı üretim adedinin 30 kişilik (1680 adetlik) üretimle 56 adede yükselebileceği tespit edilmiştir. İşletme kendi çalışma prensibine bağlı olarak günlük üretimin fazla ama az verimli veya günlük üretimin daha az ancak çok daha verimli bir üretim stratejisi tercihi yapmalıdır. Sadece yedi operasyonda yapılan metot iyileştirmesinin denim pantolon üretiminde yaratacağı olumlu etki deterministik bir simülasyon modeliyle gösterilmiştir. Ancak şu durum çalışmanın bir kısıtı olarak belirtilmelidir ki: simülasyon modeli kurulurken söz konusu 7 operasyonun dışında kalan operasyonlar için işletmeden temin edilen standart sürelerle bağlı kalınmıştır. Genellikle bu veriler işletmenin verimlilik departmanı tarafından zaman etüdü uygulamasıyla alınan az sayıda örneklem ile oluşturulmaktadır. Bu nedenle operasyon sürelerinin geçerliliğinin tartışmalı olduğu

belirtilmelidir. Tüm bunlara rağmen iki el hareket analizi uygulamasının tüm operasyonlarda gerçekleştirildiğinde söz konusu etkinin daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca yapılan uygulamayla firmanın uyguladığı hat dengelemede ciddi problemler olduğu tespit edilmiştir. Ancak söz konusu hat dengelemenin iyileştirilmesi farklı bir çalışmanın konusudur.

Tüm bunların dışında askılı taşıma sisteminin parçaların genellikle askıdan alınıp askıya takılması gerektiği içi operasyon sürelerini uzadığı tespit edilmiştir. Ancak işlemler arası transport süresinin ortadan kalkmış olması genel akış açısından taşımanın daha verimli olmasını sağlamaktadır.

Konfeksiyon sektörü çalışanları genellikle iyi bildikleri operasyonlarda çalışmayı tercih etmektedir. Hatta bazı durumlarda aynı makinede çalışmaya devam etmeyi talep ettikleri de gözlemlenmektedir. Kısacası operatörlerin mevcut alışkanlıkları değiştirmeleri oldukça güçtür. Bu nedenle söz konusu çalışma ile yapılan önerilerin gerçek uygulamalara dönüşmesi için çok ya tecrübeli çalışanları hiç bilmedikleri yeni bir operasyona yönlendirerek en başında çalışma metodunun ayrıntılı açıklanması ya da tecrübesiz bir çalışanın ilgili operasyona atanması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ala, D. M., İkiz, Y., (2015), *Bornozluk Kadife Kumaşların Hata Kontrolü ve Hata Puan Sistemlerine Göre Sınıflandırılması*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(7), 288-295.
2. İTHİB Sektör Şubesi, (2023). *Dünya Denim Kumaş Sektörü Dış Ticaret Raporu: 2023 Yılı Değerlendirmesi*, İTKİB Genel Sekreterliği. <https://www.ithib.org.tr/storage/33185/D%C3%BCnya-Denim-Kuma%C5%9F-D%C4%B1%C5%9F-Ticareti-Raporu.pdf>. Erişim Tarihi:01/06/2024.
3. Ünal, C., (2018), *Mont Üretiminde İki El Hareket Analizi Uygulaması*, International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS2018-Winter).
4. Kaya, K., (2023), *SMED Yöntemi Kullanılarak Kalıp Hazırlık Sürelerinin Azaltılması*, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
5. Projoth, T. N., Renish, R. R., Arun Kumar, K., Jeyaraman, P., (2019), *Application of Lean Concepts in Process Industry*, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(10), 1383-1386.
6. Pakpahan, A., Suhardini, D., Astuti, A. T., (2016), *Increasing Productivity of Pt.Xyz Through the Utilization of Standard Time and the Two Handed Process for Panel Box Production*, Proceeding of 9th International Seminar on Industrial Engineering and Management. Trisakti University. Jakarta.
7. Gnanavel, C., Saravanan, R., Chandrasekaran, M., Pugazhenth, R., (2017), *Case Study of Cycle Time Reduction by Mechanization in Manufacturing Environment*. International Conference on Emerging Trends in Engineering Research. 183(1), 012023.
8. Ibnu, A. S., Khasanah, A. U., (2023), *Enhancing Line Efficiency Performance at Assembly Line Using Ecrs-Based Line Balancing Concept*, Teknoin, 28(01), 11-19.
9. Subhashini, R., Varghese, N., (2021), *Methods of Improving Productivity in Apparel Industry*, International Journal of Research in Engineering, Science and Management, 4(4), 130-141.
10. Neisyafitri, R. J., Ongkunaruk, P., Ongcunaru, W., (2023), *Productivity Improvement Based on the Theory of Constraint and Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify for Chilled Beef Production in Indonesia*, Management and Production Engineering Review, 111-123.
11. Yıldırım, M. A., (2017), *Sanayi İşletmelerinde Yalın Üretim Teknikleri ve Uygulamaları*, Doktora tezi, İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
12. Oyekan, J., Hutabarat, W., Turner, C., Arnoult, C., Tiwari, A., (2020), *Using Therbligs to Embed Intelligence in Workpieces for Digital Assistive Assembly*, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11, 2489-2503.
13. Dessalene, E., Maynard, M., Fermüller, C., Aloimonos, Y., (2024), *Therbligs in Action: Video Understanding Through Motion Primitives*, In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 10618-10626.
14. Değirmen, H., (1995), *Konfeksiyon Sanayiinde Pantolon Üretiminde M.T.M. (Method Time Measurement) Yöntemi ile Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
15. Kalkancı, M., (2018), *Bornoz Üretiminde Bir Operasyon İçin MTM Metodu (Metot Zamanlarının Ölçümü) İle Kronometre Yönteminin Karşılaştırılması*, European Journal of Science and Technology, 13, 77-83.
16. Ünal, C., Narin, K., (2023), *Örme Kumaş Konfeksiyon Üretiminde Önceden Belirlenmiş Zaman Sistemleriyle İncelenmesi Üzerine Bir Vaka Çalışması*, Tekstil ve Mühendis, 30: 132, 289- 296.
17. Kitaw, D., Matebu, A., Tadesse, S., (2010), *Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in a Garment Manufacturing Firm*, Journal of EEA, 27.
18. Ünal, C., Bilget, S., (2021), *Examination of Lean Manufacturing Systems by Simulation Technique in Apparel Industry*, The Journal of The Textile Institute, 112, 377-387.
19. Gilbreth, L. M., (1925), *Training Employes in Production Work*, Sae Transactions, 20, 735-760.
20. Groover, M. P., (2014), *Work Systems: The Methods Measurement and Management of Work*, Pearson Education Limited, Essex-UK.
21. Bilget, S., (2015), *Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.