



Model proposal for physically ergonomic risky personnel scheduling problem: An application in textile industry for female employees

Güler Aksüt¹, Hacı Mehmet Alakaş², Tamer Eren^{2*}, Hikmet Karaçam¹

¹Occupational Health and Safety Department, Health Sciences Institute, Eurasia University, 61030, Trabzon, Türkiye

²Department of Industrial Engineering, Engineering Faculty, Kirikkale University, 71450, Kirikkale, Türkiye

Highlights:

- Goal programming and REBA method integration
- Improvement in occupational health and safety
- Assessment of physical stresses in the textile sector with a high concentration of women employees

Keywords:

- Textile sector
- Goal programming
- REBA method
- Women employee
- Ergonomic risks

Article Info:

Research Article

Received: 19.02.2021

Accepted: 02.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.882419

Graphical/Tabular Abstract

The scores in Table A were determined for overall body posture and arm positions for each task. The REBA score was obtained by adding load/force, grip, and activity scores to these scores. According to the REBA scores, the ergonomic risk of the tasks was decided.

Table A. REBA scores of tasks

Task	Group A				Group B				Score B	Score B	Activity Score	REBA Score	
	Body	Neck	Legs	Load / Force	Score A	Upper Arm	Lower Arm	Wrist					Grip
Collar Preparation	3	2	1	0	4	3	2	3	1	1	5	2	7
Shoulder Picking	3	2	1	0	4	3	1	2	1	5	5	1	6
Attaching Collar	2	3	1	0	4	3	2	3	1	6	6	2	8
Marking Attaching Tags	3	3	1	0	5	2	1	2	0	2	4	1	5
Shoulder Chain	2	2	1	0	3	2	2	2	1	4	3	2	5
Sleeve Setting	2	2	1	0	3	3	1	2	1	5	4	1	5
Side Slash	2	2	1	0	3	3	2	2	1	6	5	1	6
Skirt Hemming	2	2	1	0	3	3	2	2	1	6	5	2	7
Sleeve Hemming	2	2	1	0	3	2	2	3	1	5	4	1	5
Arm End Ornament Label Attach	3	2	1	0	4	3	2	3	1	6	6	1	7
Skirt Sleeve Hemming Zigzag	3	2	1	0	4	3	2	3	1	6	6	1	7
Method Import Business Conversion	2	2	1	0	3	4	2	2	1	7	6	2	8
Iron	3	2	1	0	4	3	2	2	1	5	5	1	6
Control	3	2	1	0	4	2	2	2	0	3	4	1	5
Installing Packages and Cards	2	2	1	0	3	2	1	2	0	2	3	1	4

Correspondence:

Author: Tamer Eren

e-mail:

tamereren@gmail.com

phone: +90 318 357 3576 / 1050

Purpose: It is to prevent the permanent assignment of employees to high-risk places by identifying ergonomic risks with the REBA method within the scope of occupational health and safety in the textile sector where women work intensively, balancing the inter-individual work duties with target programming and personnel assignment. In this way, it is beneficial for employees to recover by providing variability in the risk levels to which they are exposed.

Theory and Methods: In this study, the physical strains encountered in the process, starting from the sewing section of the textile factory to packaging, were evaluated for 15 various tasks using the REBA method. With goal programming, it was determined in which task and how long they will work, taking into account the competencies of the employees.

Results: In the study where ergonomic physical strains were found with the REBA method, the REBA score was found between 8 and 4 with medium and high risk. Considering the difficulties in mathematical modeling created by goal programming, goals were generally achieved. The distribution was made without a big difference between the tenure of the employees.

Conclusion: Within the scope of occupational health and safety, modeling using the REBA method and goal programming process together, balancing the risk of recurrence among employees, not being assigned to high-risk places permanently, and helping recovery by providing variability in the risk levels which they are exposed. It also increased work efficiency by reducing work fatigue and related risks.



Fiziksel ergonomik riskli personel çizelgeleme problemi için model önerisi: Kadın çalışanlar için tekstil sektöründe bir uygulama

Güler Aksüt¹, Hacı Mehmet Alakaş², Tamer Eren^{2*}, Hikmet Karaçam¹

¹Avrasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 61030, Trabzon, Türkiye

²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Hedef programlama ve REBA yöntemi entegrasyonu
- Kadın çalışanların yoğun olduğu sektördeki fiziksel zorlanmaların değerlendirilmesi
- İş sağlığı ve güvenliği kapsamında sağlanan iyileşme

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.02.2021

Kabul: 02.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.882419

Anahtar Kelimeler:

Tekstil sektörü,
hedef programlama,
REBA yöntemi,
kadın çalışan,
ergonomik riskler

ÖZ

Kadınların yoğun olarak çalıştığı, emek yoğun bir endüstri olan tekstil sektöründe karşılaşılan en önemli risklerden biri iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının temel ve ayrılmaz parçası olan ergonomik risklerdir. Tekrarlayan hareketler, uygunsuz duruş, uzun süre aynı pozisyonda çalışma en sık karşılaşılan ergonomik risklerden olup kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Bu rahatsızlığın tekstil endüstrisinde fazla görülmesi ergonomik düzenlemeye olan ihtiyacı da ortaya koymaktadır. İş rotasyonu, çalışanların farklı pozisyonlarda çalışmalarına olanak tanıyarak bireysel olarak ergonomik risklerin dengelenmesini sağlar. Bu çalışmada yüksek ergonomik risklere maruz kalan çalışanların sayısının azaltılarak iş güvenliğini ve sağlığını iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla tişört üretimi yapan bir tekstil firmasında dikimden başlayarak paketlemeye kadar olan tişört üretim sürecinde yer alan 15 ayrı görevin fiziksel riskleri REBA yöntemi ile belirlenmiştir. Hedef programlama ile matematiksel bir model oluşturularak çalışanlardaki ergonomik riski azaltmak için haftalık iş rotasyonu ile dönüşümlü çalışmayı sağlayan personel çizelgeleme hazırlanmıştır. Personel çizelgesi, çalışanın sağlık ve güvenlik sorunlarını azaltarak üretkenlik ve yaşam kalitesini artıracaktır, çalışanların konsantrasyon ve iş memnuniyetini artıracaktır. Bunlara ek olarak, çalışanların kalıcı olarak yüksek riskli yerlerde çalışmasını önlemektedir ve maruz kaldıkları riskleri dengeleyerek firmanın verimliliğini artıracaktır.

Model proposal for physically ergonomic risky personnel scheduling problem: An application in textile industry for female employees

HIGHLIGHTS

- Goal programming and REBA method integration
- Improvement in occupational health and safety
- Assessment of physical stresses in the textile sector with a high concentration of women employees

Article Info

Research Article

Received: 19.02.2021

Accepted: 02.02.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.882419

Keywords:

Textile sector,
goal programming,
REBA method,
women employee,
ergonomic risks

ABSTRACT

One of the most important risks encountered in the textile sector, a labor-intensive industry where women work intensively, is ergonomic risks, which are the basic and inseparable part of occupational health and safety practices. Repetitive movements, improper posture, working in the same position for a long time are the most common ergonomic risks and cause musculoskeletal disorders. The high incidence of this disease in the textile industry also reveals the need for ergonomic regulation. Job rotation allows employees to work in different positions, thus balancing individual ergonomic risks. In this study, it is aimed to improve occupational safety and health by reducing the number of employees who are exposed to high ergonomic risks. For this purpose, the physical risks of 15 distinct missions in the t-shirt production process from sewing to packaging in a textile company producing t-shirts were determined by the REBA method. By creating a mathematical model with goal programming, staff scheduling was prepared to reduce the ergonomic risk in the employees, providing alternate work with weekly job rotation. As a result, the staff schedule will reduce employee health and safety problems, increase productivity and quality of life, and increase employee concentration and job satisfaction. In addition, it prevents employees from permanently working in high-risk locations and will increase the firm's efficiency by balancing the risks they are exposed to.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : guleraksut@hotmail.com, hmalagas@gmail.com, *tamereren@gmail.com, hikmet.karacam@avrasya.edu.tr / Tel: +90 318 357 3576 / 1050

1. Giriş (Introduction)

Çalışanların sağlığı ve güvenliği işletmelerin etkili ve düzgün çalışması için önem arz etmektedir [1]. Günümüzdeki küresel yaklaşımlar iş güvenliğini, sağlığını ve ergonomiyi iş kalitesini iyileştirmeye, sağlıklı bir işyeri ortamı meydana getirmeye, kötü çalışma ortamına maruz kalmayla ilişkili riskleri ortadan kaldırmaya veya en aza indirmeye yönelik uygulamaları ve modelleri entegre etmeye odaklanmaktadır. Uygunsuz çalışma koşulları, psikososyal, psikosomatik, bilişsel çevre vb. ihmal edildiğinde kaçınılmaz olarak sadece üretim ritminde eksikliklere değil, aynı zamanda kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının veya bozukluklarının ortaya çıkmasına da yol açan endişelere neden olabilmektedir [2].

İş rotasyonu, işle ilgili kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını önlemek amacıyla insan temelli üretim hatlarında yaygın olarak kullanılan bir organizasyon stratejisidir [3]. Bir çalışanın ergonomik risklere maruz kalması üç faktöre bağlıdır. Bunlar riskin büyüklüğü, maruz kalma süresi ve sıklığıdır. İş rotasyonu maruz kalma süresi ve frekans faktörleri üzerinde etkili olabilir. Bu nedenle, iş rotasyonu, tekrarlayan hareketler, yük elleçleme, yetersiz duruşlar veya titreşimler gibi kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ile ilişkili risk faktörlerine karşı önleyici bir strateji olarak düşünülebilir [4]. Çalışanlar, bazı güvenlik/ergonomik tehlikelere maruz kalarak bir dizi görevi yerine getirmek üzere görevlendirildiklerinde, tehlike maruziyetlerinin izin verilen maruz kalma sınırını aşmaması için periyodik olarak bu görevler arasında değiştirilebilir. Her dönemde doğru çalışanları doğru görevlere atamak, iş sistemi verimliliğini artırmaya da yardımcı olabilir [5].

Literatürde ergonomik personel planlaması ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Seçkiner ve Kurt [6] çalışmalarında minimum zorlanma ile maksimum hizmet elde etmek için tur çizelgelerine rotasyon çizelgelerinin entegre edilmesine dayalı bir tam sayılı programlama modeli önermişlerdir. Rassal verilerle modelin geçerliliğini denemişlerdir. Sato ve Coury [7] ise çalışmalarını iş değişkenliğine maruz kalan bireyler arasında, kas-iskelet sistemi bozukluklarına bağlı önceki hastalık izni oluşumlarının analizi yoluyla, iş değişkenliğine maruz kalan bireyler arasında, rahatsızlık ve efor algısı gibi nispeten kısa vadeli göstergelerle, uzun vadeli çalışan sağlığı göstergelerini karşılaştırmak için yapmışlardır. Aptel vd. [8] çalışmalarında kas-iskelet sistemi bozukluğu risk faktörlerini azaltan bir iş istasyonu rotasyon sistemi tanımlamak için bir yaklaşım önermeyi ve verimli bir sistemin kurulmasını sağlayan parametreleri listelemeyi hedeflemişlerdir. Bunu başarmak için, iş istasyonu rotasyonuna tabi iki elektrikli ev aletleri montaj hattında ergonomik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bir iş istasyonu rotasyon sisteminin başarı koşullarının daha iyi tanımlanmasına yardımcı olabilecek bir mantık şeması önermişlerdir. Bu şemayı bağlamın ergonomik çalışması, bilimsel bilginin entegrasyonu, rotasyon sisteminin uygulanmasında ustalık, sonuçların değerlendirilmesi ve takibi olmak üzere dört tamamlayıcı boyuta dayandırmışlardır. Keir vd. [9] çalışmalarında, kas aktivitesi ve eforu üzerinde kaldırma ve kavrama arasındaki iş rotasyonunu değerlendirmeyi amaçlamışlardır. İş rotasyonunun çalışanlar arasındaki risklere maruz kalmayı dengelediğini, bu sayede gözlemlenen etkilerin derecesinin ilgili kas gruplarına bağlı olduğunu doğrulamışlardır. Cuesta vd. [3] çalışmalarında kas iskelet sistemi rahatsızlıklarıyla ilişkili önemli bir risk faktörü olan tekrarlı hareketlerin yaşandığı çalışma ortamlarındaki kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını önlemeyi amaçlayan rotasyon programları elde etmek için genetik bir algoritma sunmuşlardır. Otto ve Scholl [10] çalışmalarında çalışanlar arasında ergonomik riskleri dengeleyen etkili iş rotasyonu programları oluşturmanın yollarını incelemişlerdir. Sorunun pratik önemini,

otomobil endüstrisinden örnekler üzerinde kapsamlı bir şekilde tartışarak ergonomik iş rotasyonu çizelgeleme problemini sunmuşlardır. Huang ve Pan [11] çalışmalarında bir RGB-D kamera sistemi kullanarak otomatik olarak tahmin edilen, bireysel antropometrik ölçümlere dayalı ergonomik bir iş rotasyonu stratejisi sunmuşlardır. İş atama kararlarını, her birinin ayrıntılı özelliklerine göre belirlemişlerdir. Atamada her iş istasyonunun çevresel kısıtlamaları ve her operatörün öngörülen insan boyutlarını dikkate almışlardır. Deneyle sonuçları, önerilen sistemin ortalama ergonomik riskleri ve yüksek riskli çalışma koşullarına maruz kalan operatörlerin sayısını büyük ölçüde azaltarak endüstriyel güvenliği ve sağlığı iyileştirebileceğini ortaya koymuşlardır. Song vd. [12] çalışmalarında, genel iş yükünü azaltma yaklaşımı ile kas-iskelet sistemi bozukluklarını en aza indirmeyi amaçlayan bir tür iş rotasyon algoritması önermişlerdir. Vangelova vd. [13] çalışmalarında vardiyalı çalışan yayın mühendislerindeki kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının oranını ve belirtilerini ortaya çıkarmayı hedeflemişlerdir. Farklı vardiyalı çalışma programlarında çalışan 168 yayın mühendisinin işyerlerinin iş analizi ve ergonomik değerlendirmesini yapmışlardır. Ergonomik ve iş organizasyonu problemi, iki monitörde eşzamanlı çalışma ve vardiya sırasında işyeri değişikliklerini problem olarak tespit etmişlerdir. Yayın personeline stres, yorgunluk ve sağlık risklerini azaltmak için işyeri ergonomisini ve iş organizasyonunu iyileştirmeye yönelik önlemler önermişlerdir. Mossa vd. [14] çalışmalarında yüksek sıklıkta tekrarlı, düşük yüklü manuel görevler (örneğin, montaj hatları) ile karakterize edilen çalışma ortamlarında optimum iş rotasyonu programlarını bulmayı amaçlayan OCRA tabanlı bir karma tamsayı doğrusal olmayan programlama modeli önermişlerdir. Model, sistemin üretim oranını en üst düzeye çıkarmayı, insan iş yüklerini kabul edilebilir sınırlar içinde birlikte azaltmayı ve dengelemeyi amaçlamaktadır. Wongwien ve Nanthavanij [5] çalışmalarında çok amaçlı ergonomik işgücü çizelgeleme problemini üç amaç ile formüle etmişler. Bunlar kullanılan çalışan sayısını en aza indirmek, toplam çalışan-görev uyum puanını en üst düzeye çıkarmak ve toplam çalışan-görev değişimini en aza indirmek şeklindedir. Tamsayı doğrusal programlama modeli ve sezgisel prosedürün, küçük ve büyük çok amaçlı ergonomik iş gücü çizelgeleme problemlerini çözmek için kullanılabilirliği sonucuna ulaşmışlardır. Otto ve Battaia [15] çalışmalarında montaj hattı dengeleme ve iş rotasyonu planlaması için fiziksel ergonomik riskleri içeren optimizasyon modellerini incelemişlerdir. Montaj hatlarındaki ergonomik risklerin, iş görevlerinin planlanmasında dikkate alınması durumunda önemli ölçüde azalabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Dickhout vd. [16] çalışmalarında, bir kadın popülasyonunda kas yorgunluğu göstergeleri üzerindeki etki için işlevsel olarak farklı iki görev arasında dönüşümlü, tek bir göreve devam etme ve değişen görev sırasını değerlendirmişlerdir. İş rotasyonu etkinliğinin, kısmen farklı kas gruplarını içeren görevlerin seçilmesine bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Şenyiğit ve Atici [17] çalışmalarında kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan ergonomik risklerin makine planlaması üzerindeki etkisi analiz etmişlerdir. Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirmesini (Rapid Upper Limb Assessment, RULA) kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını değerlendirmek için kullanmışlardır. Ergonomik riskler, atama problem modelinde bileşik bir risk indeksi olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan atama problem modellerini LINGO yardımı ile çözmüşlerdir. Hochdörffer vd. [18] çalışmalarında her bir rotasyon turu için zamanlama problemini aşamalı olarak çözen ve bütün bir iş günü için bütünsel bir iş rotasyonu çizelgesi oluşturan doğrusal programlama tabanlı bir buluşsal yöntem kullanmışlardır. Kısa vadeli personel planlamasına sunulan yaklaşım, VBA tabanlı bir yazılım prototipinde uygulanmışlar ve bir Alman otomotiv üreticisinin son montaj hattında test etmişlerdir. Moussavi vd. [19] matematiksel bir model kullanarak optimal bir iş rotasyonu dizisi tasarlayarak

günlük iş yükünü hafifletmeyi amaçlamışlardır. Çalışmaları iki ana adımdan oluşmaktadır. İlki, farklı işlerin fiziksel iş yükünü değerlendirmek için iş istasyonlarının ergonomik bir analizidir. Her işin fiziksel iş yükünü belirlemek için şirket içi bir risk değerlendirme yöntemi kullanmışlardır. İkinci adımda, iş rotasyonunu planlamak ve kümülatif iş yükünü optimize etmek / dengelemek için matematiksel bir model geliştirmişler. Önerilen iş rotasyonu stratejisi, rotasyonun gruplar arasında değil, yalnızca belirli gruplar içinde gerçekleştiğini dikkate alarak, çalışanlar arasında günlük kümülatif iş yükünün dağılımını ve sapsmasını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Karhula vd. [20] çalışmalarında ergonomik vardiya çizelgeleme kurallarının uygulanmasının sosyal ve sağlık hizmeti çalışanlarının çalışma saati özelliklerini değiştirip değiştirmediğini anket yanıtlarına göre bir müdahale grubunu bir kontrol grubuyla karşılaştırmışlardır. Neag vd. [21] çalışmalarında, üretim sistemlerindeki çalışma koşullarının iyileştirilmesi için disiplinlerarası bir yaklaşım önermişlerdir. İşyerlerindeki ergonomik risk değerlendirmesine göre riskleri iyileştirme süresi, iş rotasyonu ve tekrarlanan görev olarak belirlemişlerdir. Savino vd. [22] çalışmalarında bir işçinin ergonomik maruziyetinin işgücü tahsisinin sonuçlarını ve üretim performansları üzerindeki göreceli etkisini nasıl etkileyebileceğini araştıran işgücü planlama problemini ele almışlardır. Adem ve Dağdeviren [23] çalışmalarında el kol titreşimi ile ilgili meslek hastalıkları risklerini ergonomik matematiksel modelleri kullanarak optimum iş rotasyon çizelgeleri üretmek nasıl en aza indirilebileceklerini araştırmışlardır. Modellerini formüle etmek için tamsayı programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Önerdikleri modellemede, üretim ortamlarının hem ergonomik hem de geleneksel yönlerini dikkate almışlardır. Ayrıca çalışanların beceri düzeyi ve izin günü tercihlerini de toplam sistem verimliliği için göz önünde bulundurmışlardır. Yaptıkları modellemenin çalışanlara ve işverenlere sadece iş sağlığı ve güvenliği açısından değil ekonomik açıdan da fayda sağlayacağını ortaya koymuşlardır. Adem ve Dağdeviren [24] çalışmalarında çalışma ortamında karşılaşılan en önemli fiziksel risk etmenlerinden biri olan termal konfor açısından çalışanların bu riski paylaşması amaçlı ergonomik iş çizelgeleme temelinde matematiksel bir model önermişlerdir. Yapılan iş ataması ile çalışanların termal açıdan rahatsız olmayacakları sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kadınların yoğun olarak çalıştığı sektörlerde ergonomik personel planlamasına yönelik çalışmalarda REBA ve hedef programlama yönteminin birlikte yapıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Tekstil sektörü Türkiye'nin en gelişmiş sektörlerinden biri olup sanayide istihdam edilen kadınların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu sektörde de kadınların çoğunluğu dikimhane bölümünde çalışmaktadır. Emek yoğun üretimin yapıldığı bu sektörde tekrarlayan hareketler, uzun süre aynı pozisyonda çalışmak, uygunsuz duruş görülen en sık ergonomik risklerdir. Kadınlara yönelik yapılan araştırma sayısı azdır. Kadınlara ilgili olan bu çalışmada tekstil fabrikası kesimhane, dikimhane, kalite kontrol, ütü, baskı, paketleme ve sevkiyat olmak üzere altı bölüme ayrılmıştır. Çalışma kadınların yoğun olarak çalıştığı dikimhanedeki görevlerden başlanarak paketleme bölümüne kadar olan görev sıralamasındaki ergonomik riskler belirlenerek ergonomik görev ataması yapılmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Girişi takip eden ikinci bölümde uygulamada kullanılan REBA ve hedef programlama yöntemlerinin uygulama adımları anlatılmıştır. REBA yöntemi ile elde edilen risk skorlarının hedef programlama yöntemi ile matematiksel model oluşturulmasıyla elde edilen sayısal sonuçların paylaşıldığı üçüncü bölüm uygulamadır. Dördüncü bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar paylaşarak gelecekte nasıl çalışmalar yapılacağı konusunda önerilerde bulunulmuştur.

2. Kullanılan Yöntemler (Methods Used)

Uygulamada REBA ve hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır. Çalışanların ergonomik fiziksel zorlanmaları 15 ayrı görev için REBA yöntemi ile bulunmuştur. Çalışanların niteliklerine göre hangi görevde ne kadar süre çalışacakları iş süreleri eşit olacak şekilde hedef programlama ile belirlenmiştir.

2.1. Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme-REBA (Rapid Entire Body Assessment-REBA)

REBA yöntemi Hignett ve McAtamney tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir. REBA yönteminin geliştirilmesinde amaçlananlar:

1. Çeşitli görevlerde kas-iskelet sistemi risklerine duyarlı bir postüral analiz sisteminin geliştirilmesi,
2. Bedenin, hareket düzenlerine göre ayrı ayrı kodlanacak bölümlere ayrılarak bölümlenmesi,
3. Statik, dinamik, hızlı değişen veya dengesiz duruşların neden olduğu kas aktivitesi için bir puanlama sistemi sağlanması,
4. Yüklerin taşınmasında kavramanın önemli olduğu, ancak her zaman eller aracılığıyla olmayabileceğinin yansıtılması,
5. Aciliyet göstergesi olan bir eylem seviyesinin verilmesi,
6. Minimum ekipman gerektirmesi kalem ve kağıt yöntemi olmasıdır [25].

REBA yöntemi mesleki kas ve iskelet rahatsızlıklarına neden olabilecek dinamik ve sabit duruşların analizini yapması, gözleme dayalı duruş analiz metodu olması, aynı zamanda iyileştirme öncesi ve sonrasında risklerin azalması azalmadığını değerlendirmede kullanılabilmesi nedeni ile tercih edilmiştir [26].

REBA yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır [26].

Adım 1. Görevin Gözlemlenmesi: Çalışma düzeni ve ortamın etkisi, ekipman kullanımı ve işçinin risk almaya ilişkin davranışını içeren genel bir ergonomik işyeri değerlendirmesi formüle etmek için görevin gözlemlenmesidir.

Adım 2. Değerlendirme İçin Duruşların Seçilmesi: Sıklıkla tekrarlanan duruş, uzun süre kalınan duruş, en fazla kuvvet ya da kas aktivitesi gerektiren duruş, rahatsızlığa neden olduğu bilinen duruş, kuvvet uygulanması durumunda denge sağlamanın zor olduğu duruş, müdahaleler, kontrol önlemleri veya diğer değişikliklerle iyileştirilme ihtiyacı en yüksek olan duruş kriterleri göz önünde bulundurularak gözlemler sonucunda hangi duruşun analiz edileceğine karar verilmesidir.

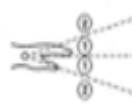
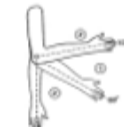
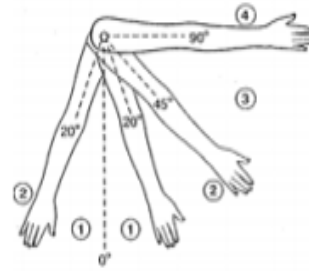
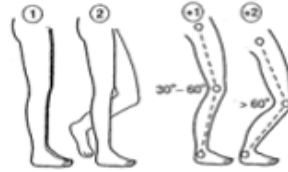
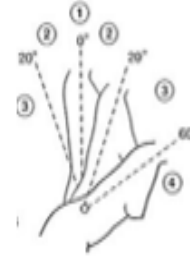
Adım 3. Duruşların Puanlanması: Vücut bölümlerine ayrı ayrı verilen puanlar duruşun puanlanmasında kullanılmaktadır. Gövde, boyun ve bacaklar için Grup A; Üst kol, ön kol ve bilekler için Grup B puanlanmaktadır. Duruşa göre puan eklenip çıkartılabilmektedir. REBA duruş puanlama esasları Tablo 1'de verilmiştir.

Adım 4. Puanların İşlenmesi: Gövde, boyun ve bacak puanlarından tek bir puan elde etmek için Tablo 2'de verilen REBA-Tablo A kullanılmaktadır. Tablo A'dan elde edilen bu puana Tablo 3'te verilen yük/kuvvet puanı eklenerek puan A elde edilmektedir. Tablo 4'te verilen REBA-Tablo B kullanılarak üst kol, ön kol ve bilek puanlarından tek bir puan elde edilir. Tablo 5'te verilen kavrama puanı eklenerek puan B elde edilir. Puan A ve puan B'de Tablo.6 REBA-Tablo C'de birleştirildiğinde puan C elde edilmektedir.

Adım 5. REBA Skorunun Belirlenmesi: Gerçekleştirilen kas aktivitesinin tipi aktivite puanıyla Tablo 7'de temsil edilmektedir ve bu puan C'ye eklenerek REBA puanı Tablo 8'de elde edilir.

Tablo 1. REBA Duruş Puanlaması (REBA Posture Scoring) [25]

GRUP A			
Duruş/Hareket	Puan	Puan Değişimi	
Gövde			
Dik Duruş	1		
Fleksiyon: 0-20°	2	Eğer yana doğru eğilme ya da dönme hareketi varsa: +1	
Ekstansiyon: 0-20°			
Fleksiyon: 20-60°			
Ekstansiyon: > 20°	3		
Fleksiyon: > 60°	4		
Boyun			
Fleksiyon: 0-20°	1	Eğer yana doğru eğilme ya da dönme hareketi varsa: +1	
Fleksiyon: > 20°	2		
Ekstansiyon: > 20°			
Bacaklar			
Ağırlık iki bacak üstünde, yürüme ya da oturma durumunda	1	Eğer dizlerde 30-60 arası da fleksiyon varsa +1	
Ağırlık tek bacak üstünde dengesiz durumda	2	Eğer > 60 fleksiyon varsa: +2 (Ayakta durma durumunda)	
GRUP B			
Duruş/Hareket	Puan	Puan Değişimi	
		Sağ	Sol
Üst Kol/Omuzlar			
Fleksiyon: 0-20°	1	Eğer kol dönmüş ya da dışarı çekilmişse: +1	
Ekstansiyon: 0-20°			
Fleksiyon: 20-45°			
Ekstansiyon: >20°	2	Omuz yükseltilmiş durumdaysa: +1	
Fleksiyon: 45-90°	3		
Fleksiyon: > 90°	4	Eğer kol desteklenmişse: -1	
Alt Kol/Dirsekler			
		Sağ	Sol
Fleksiyon: 60-100°	1		
Fleksiyon: < 60°	2		
Ekstansiyon: > 100°			
Bilek			
		Sağ	Sol
Fleksiyon: 0-15°	1	Bilek dönmüş durumdaysa: +1	
Ekstansiyon: 0-15°			
Fleksiyon: > 15°	2		
Ekstansiyon: > 15°			



Tablo 2. REBA-Tablo A (REBA Table A) [25]

Gövde	Boyun											
	1				2				3			
	Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo 3.Yük/Kuvvet Değerleri (Load / Force Values) [25]

Yük/Kuvvet	Skor
< 5 kg	0
5-10 kg	1
>10 kg	2
Ani ve hızlı kuvvet artışı	+1

Adım 6. Kontrol Önlemlerinin Aciliyetine Göre Eylem Düzeyinin Belirlenmesi: REBA puanı daha sonra Tablo 8’de verilen eylem seviyelerine göre kontrol edilir. Bunlar, değişiklik yapma ihtiyacı için artan aciliyete karşılık gelen puan gruplarıdır.

Tablo 4. REBA-Tablo B (REBA Table B) [25]

Üst Kol	Alt Kol					
	1			2		
	Bilek			Bilek		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

2.2. Hedef Programlama (Goal Programming)

Hedef programlama ilk olarak Charnes ve Cooper [27] tarafından ele alınmıştır. Hedef programlama (Goal Programming, GP) çok amaçlı bir programlama tekniğidir. GP'nin kültürü Simon'un [28] hedefleri tatmin etme kavramı üzerine temellendirilmiştir. Yani, dikkate alınan her hedefe (kâr, güvenlik, üretim seviyesi, vb.) ulaşılması gereken bir hedef veya hedef değeri verilir. Bu hedeflerden istenmeyen sapmalar (yetersiz kâr, yetersiz veya aşırı üretim, vb.) daha sonra en aza indirilir, en aza indirmek için kullanılan mesafe işlevi kullanılan GP tipine bağlıdır [29]. Bu çalışmada hem REBA puan hedefleri olan üst

Tablo 5. Kavrama Değerleri (Grip Values) [25]

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama	0
Uygun	El tutuşa uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun Değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok. Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

Tablo 6. REBA-Tablo C (REBA Table C) [25]

A Skoru	B Skoru											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tablo 7. Aktivite Skor Değeri (Activity Score Value) [25]

Aktivite	Skor
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (Örnek: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (Örnek: 1 dakikada 4'den fazla tekrar eden iş) (yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışıyorsa	+1

Tablo 8. Risk Derecelendirmesi (Risk Rating) [25]

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli Değil
1	2-3	Düşük	Gerekli Olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa Zaman İçerisinde Gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen Gerekli

ekstremitelerin, boyun, bel ve bacakların fiziksel risklerinin ayrı ayrı ve birlikte minimize edilmesi hem de işçilere atanan görev sürelerinin eşit olması istenmektedir. Birden çok amacın ele alınması nedeni ile hedef programlama tercih edilmiştir.

Hedef programlama matematiksel gösterimi Eş. 1, Eş. 2 ve Eş. 3'te bulunmaktadır [27].

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (2)$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1..k \quad j=1..n \quad (3)$$

Değişkenler

x_j : j. Karar değişkeni
 a_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı
 b_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer
 d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni
 d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni

Hedef programlama modelinin kullanıldığı başlıca uygulama alanları; işgücü planlaması, elektronik politika analizleri, üretim planlaması, finansal analiz, çevrenin korunması, akademik planlama, ulaştırma ve lojistik, reklam programlarının planlanması, sağlık hizmetlerinin planlanması, kuruluş yeri seçimi pazarlama stratejilerinin planlanmasıdır [30].

3. Uygulama (Application)

Bu çalışmada bir tekstil firmasında çalışanların ergonomik koşullar da göz önüne alınarak bir haftada hangi işlerde ne kadar süre çalışmalarını gerektiği belirlenmiştir. Ele alınan problemin çözümünde izlenen adımlara bu bölümde yer verilmiştir.

3.1. Problemin Tanımlanması (Problem Definition)

Çalışma Yozgat sınırları içerisindeki bir tekstil fabrikasında yapılmaktadır. Tekstil firması kesimhane, baskı, dikimhane, ütü, kalite kontrol, paket ve sevkiyat olmak üzere altı bölüme ayrılmaktadır. Dikimhaneden paketlemeye kadar 270 çalışanı olup, 15 ayrı görevi yerine getirmektedir. Bu işyerinde kadınlar yoğun olarak çalışmakta olup özellikle dikimhane bölümünde daha çoktur, bundan dolayı fiziksel zorlanmalarda daha fazladır. Aynı zamanda yüksek efor ve güç gerektiren işlerde de kadınların çalışması gerekebildiğinden zorlanmanın dikkate alınarak personellerin uygun görevlere atanmasının yapılması daha da önem kazanmaktadır. Bu husus dikkate alınarak her görevdeki ergonomik fiziksel zorlanmalar REBA metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Bulunan değerler dikkate alınarak her bir çalışanın fiziksel zorlanması ve çalışanlara atanan iş süreleri eşit olacak şekilde çalışanların hangi görevde ne kadar süre çalışacakları belirlenmiştir. Çalışanların çalışacağı görevler belirlenirken yetkinlikleri dikkate alınarak yetkinliği olmayan işe atama yapılmamıştır.

3.2. Verilerin Toplanması (Data Collection)

İşyerinde günlük ortalama 22000 adet tişört üretilmektedir. İşyeri günlük net 510 dakika ve haftada 5 gün çalışmaktadır. İşyerindeki her bir görev için REBA puanları hesaplanmıştır ve Tablo 9' da verilmiştir. Ayrıca her bir görevin ortalama süresi gözlemlerle belirlenmiştir ve Tablo 10' da yer almaktadır. Her bir personelin yeteneği dikkate alınarak çalışabileceği görevler belirlenerek Tablo 11'de sunulmuştur.

3.3. REBA Yöntemi Uygulaması (REBA Method Application)

REBA, sağlık hizmetleri ve diğer hizmet endüstrilerinde bulunan öngörülemez çalışma duruşlarının türünü değerlendirmek için geliştirilmiştir. Vücut duruşu, kullanılan kuvvetler, hareket veya eylem türü, tekrar ve eşleşme hakkında veriler toplanır. Eylemin yapılması gereken risk ve aciliyet düzeyine ilişkin bir gösterge vermek için nihai bir REBA puanı oluşturulur [31]. REBA Skorlama Algoritması Şekil 1'de verilmiştir. REBA puanları belirlenen her bir görev için hesaplanarak Tablo 9'da gösterilmiştir.

3.4. Hedef Programlama ile Problemin Modellenmesi (Modeling the Problem with Goal Programming)

Tekstil fabrikasındaki çalışanların hangi işte kaç dakika çalışacaklarını belirlemek için problemin hedef programlama modeli kurulmuştur. Modelin parametreleri ve karar değişkenleri şu şekildedir.

İndisler

i : Personel
 j : Görev

Parametreler

P : Toplam personel sayısı
 N : Toplam görev sayısı
 R_j : j. görevin REBA puanı
 A_j : j. görevin REBA A puanı
 B_j : j. görevin REBA B puanı
 W : Haftalık çalışma süresi
 H : Bir işçiye bir görevde atanması gereken minimum
 T_j : j. görev için haftalık yapılması gereken toplam

Süre

iş miktarı(dk.)

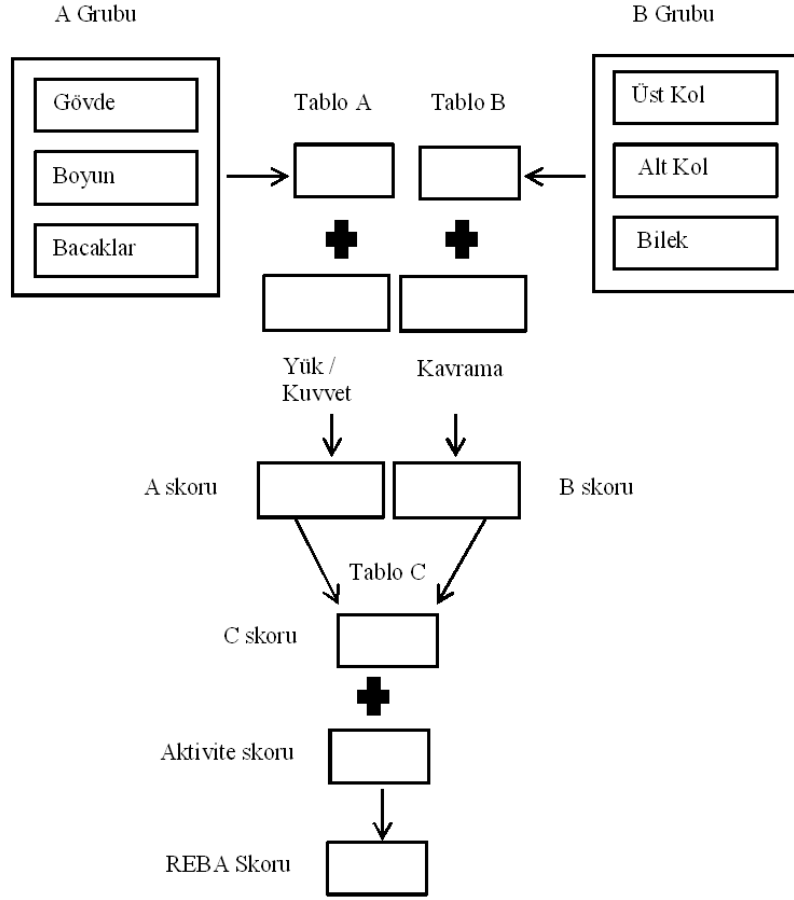
HR :REBA puan hedefi
 HB :REBA B puan hedefi
 HA :REBA A puan hedefi.
 M : Büyük bir sayı

Karar değişkenleri

x_{ij} :i.personelin j.görevde çalışma süresi
 d_{i1}^- : REBA A puan hedefinden negatif sapma
 d_{i1}^+ : REBA A puan hedefinden pozitif sapma
 d_{i2}^- : REBA B puan hedefinden negatif sapma
 d_{i2}^+ : REBA B puan hedefinden pozitif sapma
 d_{i3}^- : REBA puan hedefinden negatif sapma
 d_{i3}^+ : REBA puan hedefinden pozitif sapma
 d_{i4}^- : i. personel ile i+1. personelin çalışan süreleri arasındaki farkın negatif sapma
 d_{i4}^+ : i. personel ile i+1. personelin çalışan süreleri
 y_{ij} : 1, eğer i personeli j görevinden H dakika veya arasındaki farkın pozitif sapma daha fazlası atanırsa; 0, diğer durumlarda

Kısıtlar:

Kısıt 1: Bir işçi bir göreve atanacak ise en az H dakika bu işe atanmalıdır. Bu problem için $H=240$ dk. olarak kabul edilmiştir. Bu değer bir vardiyanın yarısına denk gelmektedir ve şirket verimli bir çalışma için bir işçinin bir görevde minimum çalışma süresi olarak belirlenmiştir (Eş. 4 ve Eş. 5).



Şekil 1. REBA Skorlama Algoritması (REBA Scoring Algorithm) [25]

Tablo 9. Görevlerin REBA puanları (REBA scores of Tasks)

Görev	Grup A				Grup B							REBA Puan	
	Gövde	Boyun	Bacaklar	Yük/Kuvvet	Puan A	Üst Kol	Alt Kol	Bilek	Kavrama	Puan B	Puan C		Faaliyet Puanı
Yaka Hazırlama	3	2	1	0	4	3	2	3	1	1	5	2	7
Omuz Alma	3	2	1	0	4	3	1	2	1	5	5	1	6
Yaka Takma	2	3	1	0	4	3	2	3	1	6	6	2	8
İşaret Alma Etiket Takma	3	3	1	0	5	2	1	2	0	2	4	1	5
Omuz Zincir	2	2	1	0	3	2	2	2	1	4	3	2	5
Kol Takma	2	2	1	0	3	3	1	2	1	5	4	1	5
Yan Çatma	2	2	1	0	3	3	2	2	1	6	5	1	6
Etek Reçme	2	2	1	0	3	3	2	2	1	6	5	2	7
Kol Reçme	2	2	1	0	3	2	2	3	1	5	4	1	5
Kol Ucu Süs Etiket Takma İşaret Alma	3	2	1	0	4	3	2	3	1	6	6	1	7
Etek Kol Reçme Zikzak	3	2	1	0	4	3	2	3	1	6	6	1	7
Meto Alma İş Çevirme	2	2	1	0	3	4	2	2	1	7	6	2	8
Ütü	3	2	1	0	4	3	2	2	1	5	5	1	6
Kontrol	3	2	1	0	4	2	2	2	0	3	4	1	5
Paket ve Kart Takma	2	2	1	0	3	2	1	2	0	2	3	1	4

Tablo 10. Görev Süreleri (Task Durations)

Görev No	Görev Adı	Süre dakika
1	Yaka Hazırlama	0,273
2	Omuz Alma	0,218
3	Yaka Takma	0,273
4	İşaret Alma Etiket Takma	0,262
5	Omuz Zincir	0,273
6	Kol Takma	0,524
7	Yan Çatma	0,709
8	Etek Reçme	0,273
9	Kol Reçme	0,436
10	Kol Ucu Süs Etiket Takma İşaret Alma	0,240
11	Etek Kol Reçme Zikzak	0,295
12	Meto Alma İş Çevirme	0,240
13	Ütü	0,655
14	Kontrol	0,491
15	Paket ve Kart Takma	0,436

$$x_{ij} \leq M y_{ij} \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$H - x_{ij} \leq M(1 - y_{ij}) \quad \forall i, j \quad (5)$$

Kısıt 2: Bir görev için ihtiyaç duyulan işçilik miktarının sağlanmalıdır (Eş. 6).

$$\sum_{i=1}^P x_{ij} = T_j \quad \forall j \quad (6)$$

Kısıt 3: Bir işçiye toplam çalışma süresinden daha fazla sürede iş atanmaması Eş. 7 ile sağlanmıştır.

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq W \quad \forall i \quad (7)$$

Hedef kısıtları Eş. 8-Eş. 11'de verilmiştir.

Hedef 1: REBA puan hedefi kısıtı. Bu çalışmada HR=6 olarak alınmıştır. Hedef değeri görevlerin ortalama REBA puanları hesaplanarak bulunmuştur.

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} * R_j / W - d_{i1}^+ + d_{i1}^- = HR \quad \forall i \quad (8)$$

Hedef 2: REBA A puan hedefi kısıtı. Bu çalışmada görevlerin ortalama REBA A puanı hesaplanarak HA=4 olarak bulunmuştur.

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} * A_j / W - d_{i2}^+ + d_{i2}^- = HA \quad \forall i \quad (9)$$

Hedef 3: REBA B puan hedefi kısıtı. Bu çalışmada görevlerin ortalama REBA B puanı hesaplanarak HB=5 olarak bulunmuştur.

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} * B_j / W - d_{i3}^+ + d_{i3}^- = HB \quad \forall i \quad (10)$$

Hedef 4: İki işçiye atanan görev sürelerinin toplamının farkının sıfır olması hedefi

$$\sum_{j=1}^N (x_{ij} - x_{i-1,j}) - d_{i4}^+ + d_{i4}^- = 0 \quad \forall i/1 \quad (11)$$

Amaç fonksiyonu: Hedeflerden sapmaların minimizasyonunu içermektedir. Ergonomik zorlanmaları dikkate alan hedef 1,2 ve 3'ten pozitif sapmayı ve görev sürelerinin farklılığını içeren hedef 4'ten hem pozitif hem de negatif sapmayı minimize etmek amaçlanmıştır (Eş. 12).

$$\text{Min} \sum_{i=1}^P d_{1i}^+ + d_{2i}^+ + d_{3i}^+ + d_{4i}^+ + d_{4i}^- \quad (12)$$

3.5. Sayısal Sonuç ve Değerlendirmesi (Numerical Results and Evaluation)

Hedef programlama modeli ILOG Cplex optimization 12.10 programı ile modellenmiştir. Model Intel(R) Core F(TM) i7-1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz işlemcili 8 GB ram içeren bir bilgisayarda çözülmüştür. Modelin çözümü sonucunda zorlanmaları dikkate alan hedeflerin genel olarak tutturulduğu görülmektedir. Hedef 1 değerinden 19 çalışan için toplamda 5.19 ve hedef 3 değeri için de 15 çalışan için toplamdan 6,11 pozitif sapma gerçekleşmektedir. Diğer çalışanlar ve hedef 2'den sapma meydana gelmemiştir ve istenen şekilde ergonomik görev ataması yapılmıştır. Bu sonuca göre, çalışanlara belirlenen hedeften daha fazla zorlanmaya sebebiyet verecek bir atama yapılmamıştır. Ancak, atanan sürelerin eşit olmasını sağlamak için oluşturulan hedef 4'te toplam 454 dakika gibi küçük bir sapma değeri ile hedef programlama modelinin sonucu elde edilmiştir. Bu sapma miktarı çalışan sayısına oranlandığında ise 1.68 dakika çıkmaktadır. Bu sonuç değerlendirildiğinde ise çalışanların görev süreleri arasında çok büyük farklılıklar olmadan bir dağılım yapıldığını göstermektedir. Ayrıca ortalama verimlilik düzeyi de %89 çıkmaktadır. Ortalama verimlilik değerinin hesaplamasında işçilere atanan ortalama iş süresi toplam haftalık çalışma süresine oranlanarak hesaplanmıştır. Makalede işçilere atanan ortalama iş süresi haftalık 2280 dakika ve bir işçinin toplam haftalık çalışma süresi 2550 dakikadır. El emeğine dayalı yoğun bir üretimde bu verimlilik düzeyi gayet iyi bir seviyededir. Her bir çalışana atanan görev süresini içeren atamalar Tablo 12'de verilmiştir.

Bu çalışmada hedef programlama kullanılması ile dört hedef aynı anda optimize edilmiştir. Bu modelde yöneticilerin görüşlerine göre hedeflerin ağırlıkları eşit alınmıştır. Eğer çalışılan sektörde üst ekstremiteler daha fazla kullanılıyor ise ilgili hedefin ağırlığı daha yüksek alınabilir. Bunun tersi olarak vücudun bel, boyun ve bacak kısımları işte daha fazla kullanılıyor ise ilgili hedefin ağırlığı daha yüksek alınabilir. Ayrıca işçilerin çalışma sürelerinin dengeli olması işçi memnuniyeti açısından önemine göre yöneticiler bu hedefin ağırlığını da diğer hedeflerle kıyaslayıp daha farklı ağırlık verebilirler. Geliştirilen model yöneticilere işin yapısına ve zorluğuna göre amaç fonksiyonundaki ağırlık değerlerini değiştirmesine imkân sağlamaktadır. Böylelikle hem idari talepleri yerine getirmeye hem de personel memnuniyetini sağlamada yardımcı olmaktadır.

Bu sonuçlara göre her ne kadar işçilerin hangi görevde bir haftada ne kadar süre çalışmaları belirlenmiş olsa da yöneticilerin üretimin düzenli işleyişini sağlamak için işçilerin görevler arasındaki rotasyonunu iyi takip etmelidir. Herhangi bir aksamanın yaşanmaması

Tablo 11.Göreve Atanabilecek Personel Listesi (List of Personnel to Be Appointed)

Görev	Göreve Atanabilecek Personeller	Görev	Göreve Atanabilecek Personeller
Yaka Hazırlama	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155	Omuz Alma	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155
Etek Kol Reçme Zikzak	146-147-148-149-150-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248	Kol Ucu Stis Etiket Takma İşaret Alma	146-147-148-149-150-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248
Paket ve Kart Takma	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252	Meto Alma, İş Çevirme	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251
İşaret Alma Etiket Takma	146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248	Omuz Zincir	156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212
Ütü	14-15-16-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270	Kontrol	213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248
Etek Reçme	156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212	Kol Reçme	156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212
Yan Çatma	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155	Yaka Takma	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155
Kol Takma	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155		

için işçinin ne kadar süre o görevde çalışacağı yanında ne zamanlar çalışacağı da önem arz etmektedir. Bunun yanında çalışırken rotasyon ile işçinin yorgunluğu ve ergonomik zorlanması da azaltılabilir. Haftalık olarak dengelenen ergonomik riskler verilecek eğitimler vasıtası ile işçilerin yetkinlikleri artırılıp dönemler içerisinde farklı görevlerde çalışmaları sağlanarak da dengelenebilir. Böylelikle 254

işçilerin rotasyonu genişletilmiş ve ergonomik risk daha azaltılmış olacaktır. Yöneticilere ergonomik zorlanmaları azaltmak için öncelikle REBA puanı yüksek olan görevleri inceleyip düzenleme yapmaları şarttır. Yeterli düzenlemeler yapılmaz ise yüksek ergonomik risklerden dolayı işçilerin zorlanmaları da yüksek olacaktır.

Tablo 12. Personele Atanan Görev Süresi (Attendance Tenure Assigned to Personnel)

Personel No	Görevler ve Çalışma Süresi	Toplam Atanan Çalışma Süresi	Personel No	Görevler ve Çalışma Süresi	Toplam Atanan Çalışma Süresi
1	3(1228), 12(527), 15(1350)	2070	123	1(774), 12(1057), 15(240)	2071
2, 45, 46, 67, 69, 73, 81	12(1722), 15(348)	2070	130	12(1721), 15(350)	2071
3, 5, 9, 10, 12, 70, 74	3(1755), 15(315)	2070	133	6(265), 12(1562), 15(244)	2071
4, 8, 60, 89	3(1650), 6(420)	2070	135	2(274), 12(1557), 15(240)	2071
6, 37, 51, 62, 87, 88, 92	1(2070)	2070	145	3(1856), 3(240)	2096
7, 43, 47, 66, 76, 97, 108	2(2070)	2070	146	4(480), 11(1950)	2430
11	7(1830), 15(240)	2070	147, 148, 149, 151, 153, 154, 157	4(597), 11(1926)	2523
13, 17, 18, 44, 49, 57, 58, 68, 77, 90, 94, 99	15(2070)	2070	150	4(846), 3(1677)	2523
101	15(2070)	2070	152	3(881), 11(1642)	2523
14, 15, 16	13(2070)	2070	155	4(597), 10(1686), 11(240)	2523
19	1(1830), 15(240)	2070	156	4(643), 5(535), 10(1345)	2523
20, 22, 34, 38, 39, 48, 50, 52, 54, 63, 64, 65	6(2070)	2070	158	4(801), 5(379), 10(1343)	2523
71, 72, 78, 80, 98, 102, 103, 107	6(2070)	2070	159, 161, 162	4(597), 10(1926)	2523
21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33	7(2070)	2070	160	4(526), 9(284), 10(241), 11(1472)	2523
35, 41, 42, 59, 83, 93, 95, 96, 100, 104, 109	7(2070)	2070	163	4(1182), 10(1342)	2524
36	2(713), 3(1357)	2070	164, 166, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 179, 180, 187, 188	9(2524)	2524
40	7(1795), 12(275)	2070	190, 191, 192, 194, 196	9(2524)	2524
53	1(510), 2(1560)	2070	165, 182, 183, 189	5(2524)	2524
55	12(693), 15(1377)	2070	167	5(240), 8(370), 9(1914)	2524
56	7(240), 12(1530), 15(300)	2070	169, 170, 176, 177, 178, 181, 184, 193, 195, 197, 199, 200	5(1197), 8(1327)	2524
61	1(240), 2(510), 12(1320)	2070	201	5(1197), 8(1327)	2524
75, 84	7(1740), 12(330)	2070	185	5(717), 8(847), 9(960)	2524
79	7(1801), 6(269)	2070	186	5(2232), 8(292)	2524
82, 91	6(1830), 7(240)	2070	198	5(240), 8(350), 9(1934)	2524
85	3(240), 15(1830)	2070	202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212	4(1314), 8(1210)	2524
86	2(240), 3(1590), 15(240)	2070	203, 204	4(2524)	2524
105	6(927), 15(1143)	2070	213, 216, 221, 235, 237, 239, 245	11(1340), 14(1184)	2524
106	6(240), 15(1830)	2070	214, 219, 222, 224, 226	10(298), 14(2226)	2524
110	3(1755), 15(315)	2070	219, 222, 224, 231, 238, 240, 243, 244, 246	10(1340), 14(1184)	2524
111, 115, 119, 124, 132	6(2071)	2071	215, 217, 218, 220, 223, 227, 228, 230, 232, 233	15(2524)	2524
112, 126, 127, 128, 129, 131, 139, 141, 143	7(2071)	2071	225	10(240), 11(1100), 14(1184)	2524
113, 134, 136, 140, 142	1(2071)	2071	229	11(1042), 14(1482)	2524
114, 116	15(2071)	2071	234	10(727), 14(1797)	2524
117	3(1197), 6(874)	2071	236, 241, 241	13(2524)	2524
118, 144	12(1722), 15(349)	2071	247	13(840), 14(1684)	2524
120	3(240), 15(1831)	2071	248	11(415), 13(1850), 14(259)	2524
121, 125, 138	2(2071)	2071	249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260	13(2524)	2524
122, 137	3(1754), 15(317)	2071	261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270	13(2524)	2524

Hedef değerler bu ergonomik risk değerine bağlı olduğu için ne kadar düşük ortalama değer elde edilirse modelin sonucunda o kadar düşük bir ergonomik risk işçilere yüklenmiş olacaktır.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmada kas iskelet sistemi rahatsızlığına neden olan riskler iş sağlığı ve güvenliği kapsamında risk değerlendirilmesine dâhil edilmiştir. Kadınların yoğun olarak çalıştığı tekstil fabrikasının dikim bölümünden ürünlerin paketlenmesine kadarki tişört dikim aşamasında 15 ayrı görev belirlenmiştir. Çalışmada REBA yöntemi ile ergonomik fiziksel zorlanmalar en uygunsuz duruşlara göre yapılmıştır. REBA skoru 8 ile 4 arasında yüksek ve orta riskli olarak bulunmuştur. Daha sonraki adımda iş rotasyonunu planlamak ve iş yükünü dengelemek için hedef programlama ile REBA yönteminde bulunan değerler, çalışan yetkinlikleri dikkate alınarak her bir çalışanın ne kadar süre ile hangi görevde bulunacakları hedef programlama modeli ile belirlenmiştir. Ergonomik personel çizelgelemesinde görev akışını bozmamak için kadınların çalışmadığı ütü bölümü ve kadınların çalıştığı bölümlerdeki erkek çalışan sayıları da dâhil edilerek personel çalışma süresi belirlenmiştir. Kadınların yoğun olarak çalıştığı bir endüstride iş sağlığı ve güvenliği kapsamında REBA yöntemi ve hedef programlama yönteminin birlikte kullanılarak ergonomik personel çizelgeleme hazırlanması literatüre katkı sağlayacaktır.

Yapılan modelleme ile çalışanlar arasında tekrarlama riskinin dengelenmesini, bazı çalışanların kalıcı olarak yüksek riskli yerlere atanmamasını, çalışanların rotasyonla maruz kaldığı risk seviyelerinde değişkenlik sağlanarak sürekli risk altında çalışmalarının engellenmesi sağlanmıştır. Yapılan bu personel planlama; iş yorgunluğu ve yorgunluğa bağlı risklerin azalmasına, iş verimliliğinin artmasına katkı sağlamış olacaktır.

Yapılacak diğer çalışmalarda fiziksel zorlanmalarda REBA yöntemi yerine farklı yöntemler kullanılarak hedef programlama ile birlikte personel ataması yapılabilir. Fiziksel risklerin yanında ergonomik faktörlere ortamdan kaynaklı riskler ve psikososyal riskler dâhil edilebilir. Farklı sektörlerde ergonomik işgücü planlamasıyla üretim kapasitesini en üst düzeye çıkararak işçiler için fiziksel yükün en aza indirmeye yönelik ergonominin üretim performansları üzerine olan etkisine yönelik araştırmalar yapılabilir.

Etik Standartlara Uygunluk: Firmadan çalışma için izin alınmıştır. Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar (References)

1. Meenaxi, T., & Sudha, B. Causes of Musculo-Skeletal Disorder in Textile Industry. *International Research Journal of Social Sciences*, 1 (4),48-50, 2012.
2. Irimee, S., & Pal, A. Advances In Occupational Ergonomics And Risk Management. *Quality-Access to Success*, 20, 549-555, 2019.
3. Cuesta, S., Diego-Mas, J., Oliver, L., & Cruz, M. A method to design job rotation schedules to prevent work-related musculoskeletal disorders in repetitive work. *International Journal of Production Research*, 50 (24),7467-7478, 2012.
4. Diego-Mas, J. Designing Cyclic Job Rotations to Reduce the Exposure to Ergonomics Risk Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (1073),1-17, 2020.
5. Wongwien, T., & Nanthavanij, S. Objective Ergonomic Workforce Scheduling Under Complex Worker And Task Constraints. *International Journal of Industrial Engineering*, 24 (3), 284-294, 2017.
6. Seçkiner S., Kurt M., Workload Minimization by Integrated Tour-Rotation Scheduling Approach, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 20 (2),161-169, 2005.
7. Sato, T., & Coury, H. Evaluation of musculoskeletal health outcomes in the context of job rotation and multifunctional jobs. *Applied Ergonomics*, 40, 707-712, 2009.

8. Aptel, M., Cail, F.-o., Gerling, A., & Louis, O. Proposal of parameters to implement a workstation rotation system to protect against MSDs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38 (11-12), 900-909, 2008.
9. Keir, P., Sanci, K., & Holmes, M. Task rotation effects on upper extremity and back muscle activity. *Applied Ergonomics*, 42 (6),814-819, 2011.
10. Otto, A., & Scholl, A. Reducing ergonomic risks by job rotation scheduling. *OR Spectrum*, 35 (3),711-733, 2013.
11. Huang, S.-H., & Pan, Y.-C. Ergonomic job rotation strategy based on an automated RGB-D anthropometric measuring system. *Journal of Manufacturing Systems*, 33 (4), 699-710, 2014.
12. Song, J., Lee, C., Lee, W., Bahn, S., Jung, C., & Yun, M. Development of a job rotation scheduling algorithm for minimizing accumulated work load per body parts. *Work*, 53 (3), 511-521, 2016.
13. Vangelova, K., Tzenova, B., & Stanchev, V. Musculoskeletal Disorders In Broadcasting Engineers: The Role Of Ergonomic Factors And Work Organization. *Acta Medica Bulgarica*, 43 (1), 39-46, 2016.
14. Mossa, G., Boenzi, F., Digiesi, S., Mummolo, G., & Romano, V. Productivity and ergonomic risk in human based production systems: A job-rotation scheduling model. *International Journal of Production Economics*, 171, 471-477, 2016.
15. Otto, A., & Battaia, O. Reducing physical ergonomic risks at assembly lines by line balancing and job rotation: A survey. *Computers & Industrial Engineering*. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 467-480, 2017.
16. Dickhout, K., MacLean, K., & Dickerson, C. The influence of job rotation and task order on muscle responses in females. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 68,15-24, 2018.
17. Şenyiğit, E., & Atici, U. Scheduling with Job Dependent Learning Effect and Ergonomic Risk Deterioration. In 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), IEEE, 1-4, 2018.
18. Hochdörffer, J., Hedler, M., & Lanza, G. Staff scheduling in job rotation environments considering ergonomic aspects and preservation of qualifications. *Journal of manufacturing systems*, 46, 103-114, 2018.
19. Moussavi, S., Zare, M., Mahdjoub, M., & Grunder, O. Balancing high operator's workload through a new job rotation approach: Application to an automotive assembly line. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 71, 136-144, 2019.
20. Karhula, K., Hakola, T., Koskinen, A., Lallukka, T., Ojajarvi, A., Puttonen, S., . . . Härmä, M. Ageing shift workers' sleep and working-hour characteristics after implementing ergonomic shift-scheduling rules. *Journal of Sleep Research*, e13227, 2020.
21. Neag, P., Ivascu, L., Mocan, A., & Draghici, A. Ergonomic intervention combined with an occupational and organizational psychology and sociology perspectives in production systems. *MATEC Web of Conferences*, 305, 00031, 2020.
22. Savino, M., Riccio, C., & Menanno, M. Empirical study to explore the impact of ergonomics on workforce scheduling. *International Journal of Production Research*, 58 (2), 415-433, 2020.
23. Adem, A., & Dağdeviren, M. A job rotation-scheduling model for blue-collar employees' hand-arm vibration levels in manufacturing firms. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 1-17, 2020.
24. Adem A., Dağdeviren M., A Personnel Scheduling Model Containing Thermal Comfort and Equivalent Metabolic Rate Factors, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (1),303-317, 2021.
25. Hignett, S., & McAtamney, L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.
26. Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., & Salas, E. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. CRC Press, 2005.
27. Charnes, A., & Cooper, W. *Management models and industrial applications of linear programming*. Wiley, 1961.
28. Simon, H. A behavioural model of rational choice. *The quarterly journal of economics*, 69 (1), 99-118, 1955.
29. Romero, C. *Handbook of critical issues in goal programming*. Oxford:Pergamon Press., 1991.
30. Tütek, H., & Gümüşoğlu, Ş. *Sayısal Yöntemler: Yönetmel Yaklaşım*. Beta Basım Yayın,5.Baskı,İstanbul, 2008.
31. McAtamney, L., & Hignett, S. Rapid Entire Body Assessment. *Human Factors and Ergonomics Methods*, 8-1, 2005.