

Dr. Öğr. Üyesi Ender GÜRGEN (endergurgen@gmail.com,  
ORCID: 0000-0002-1654-3005)  
Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü

Orhan OZGÜVEN (orhan.ozguven@hotmail.com,  
ORCID: 0000-0003-0863-5185)  
Bağımsız Araştırmacı, Singapur-Singapur

Doç. Dr. Mehmet Nasih TAĞ (tag@mersin.edu.tr,  
ORCID: 0000-0002-8605-280X)  
Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü

02.10.2023

Geliş Tarihi  
Submitted

17.10.2023

Kabul Tarihi  
Accepted

Araştırma Makalesi  
Research article

<https://doi.org/10.55044/meusbd.1369817>

## YÖNETİCİ SEZGİSİ YERİNE ALGORİTMA: ALGORİTMİK İŞ YÜKÜ DAĞITIM KARARLARININ BİREYSEL PERFORMANSA ETKİSİ

### Özet

İş yükünün çalışanlar arasında hakkaniyete uygun bir şekilde dağıtımı, örgütsel ve yönetsel adaletin önemli bir parçasıdır. Bu çalışmanın amacı, iş yükü dağıtım kararlarında yönetici sezgisi yerine matematiksel bir algoritma kullanımının işgücü performansına etkisini incelemektir. Bu amaçla geliştirilen 0-1 tamsayılı programlama modeline göre iş yükü dağıtımının işgücü performansını artıracığı varsayılmaktadır. Bu varsayımı test etmek için tasarlanan randomize kontrollü bir deney büyük bir limanın konteyner terminalinde uygulanmıştır. Terminalde çalışan işçilerin yarısı olan 45 operatör (deney grubu) 0-1 tamsayılı programlama yöntemine göre, diğer yarısı olan 45 operatör (kontrol grubu) ise yönetici sezgisine dayalı olarak bir ay boyunca üç görev arasında (RTG, RS ve ES konteyner saha ekipmanları) rotasyona tabi tutulup performansları izlenmiştir. Toplanan verilere uygulanan regresyon analizi, deney grubundaki çalışanların performansının kontrol grubunda olan çalışanların performansına göre önemli ölçüde yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, organizasyonlarda verilen dağıtım kararlarında matematiksel bir algoritma kullanımının dağıtımsal adaleti veya adalet algısını etkileyeceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Adil iş yükü dağıtımı, 0-1 tamsayılı programlama, İşgücü performansı, İşgücü rotasyonu, Konteyner terminal operasyonu planlaması.

## MANAGERIAL INTUITION VS. ALGORITHM: THE EFFECT OF ALGORITHMIC WORKLOAD ALLOCATION ON LABOR PERFORMANCE

### Abstract

Equitable distribution of workload among employees is an important part of organizational and managerial justice. The aim of this study is to examine the effect of using a mathematical algorithm instead of manager intuition in workload distribution decisions on workforce performance. We argue that workload allocation according to the 0-1 integer programming model developed for this study would increase labor performance. A randomized controlled trial designed to test this argument was implemented in the container terminal of a large seaport. Half of the workers (treatment group) employed in the terminal were rotated between three tasks for a month based on the 0-1 integer programming method. The other half (control group) were also rotated between the same tasks based on managerial intuition. We measured the performance of individual workers in both groups for all working days in a month. Regression analysis applied to the collected data shows that the performance of the employees in the treatment group was significantly higher than the performance of the employees in the control group. This result shows that the use of a mathematical algorithm in distribution decisions made in organizations would affect distributive justice and the perception of justice.

**Keywords:** Fair workload allocation, 0-1 integer programming, labor performance, Job rotation, Container terminal operations planning.

## GİRİŞ

Otomasyon teknolojisindeki son gelişmelere rağmen işgücü, organizasyonlar için hala en kritik girdiler arasında yer almaktadır. Bu husus, özellikle işgücü yoğunluğu yüksek üretim teknolojisi kullanan ve hizmetler sektöründe faaliyet gösteren organizasyonlar için geçerlidir. Dolayısıyla, işgücünün etkin bir şekilde motive edilmesi bireysel ve örgütsel performansın en ciddi belirleyicileri arasında yer almaktadır.

İş motivasyonunun içsel ve dışsal olmak üzere iki temel belirleyicisi bulunmaktadır. Ancak bu unsurlar her işte aynı oranda bulunmamaktadırlar. Örneğin, yol, meydan vb. kamusal alanların temizliğinde çalışan işçilerin motivasyon kaynağı büyük oranda dışsaldır. Bu tür işlerde, yapılan işin verdiği hazdan ziyade, bu iş karşılığında kazanılan finansal getiri bir işçiyi çalışmaya devam etmek için motive etmektedir. Bir işte içsel motivasyon kaynaklarının yetersiz olması durumunda, yönetim ücret, taltif (görevde yükseltme), çalışma ortamı ve iş yükü dağıtımı gibi dışsal motivasyon kaynaklarını uygun bir şekilde tasarlayarak çalışanların motivasyonunu canlı tutabilir. Ancak çalışanlar bu tür araçların yeterliliğini sosyal bir ortam içinde göreceli bir şekilde değerlendirmektedir.

Organizasyonlarda en sık verilen kararlardan biri görevlerin çalışanlar arasında dağıtımın nasıl yapılması gerektiği kararıdır. Bir çalışanın yaptığı iş (görev), bu çalışanın iş tatmini ve dolayısıyla motivasyonunu belirleyen en önemli faktörlerden biridir (Janssen, 2001). Bir işte ücretlendirme iş yüküne bağlı olmadığında çalışanlar, farklı iş yükü içeren ve dolayısıyla farklı düzeyde efor (katkı) gerektiren görevlere adil bir şekilde dağıtılmayı bekler. Çoğu zaman bu tür dağıtım kararları yönetsel sezgiye dayalı olarak yapılmaktadır. Son zamanlarda, organizasyonlarda verilen iş yükü dağıtım kararlarında makine (algoritma) kullanımının gittikçe arttığı bilinmektedir (Claire vd., 2023). Ancak çalışanların algoritmik dağıtım kararlarına nasıl reaksiyon gösterdiklerine dair yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, sezgisel bir yöntem yerine dağıtım adaletini optimize etmeyi amaçlayan algoritmik bir yöntem ile yapılan görev dağıtımının çalışanların iş performansını nasıl etkilediğini incelemektir.

Bu araştırma sorusunda adil bir görev dağıtımının iş motivasyonunu etkileyeceği varsayılmaktadır. Bu varsayımı desteklemek için bir teoriye ihtiyaç vardır. Adams'ın hakkaniyet teorisine (Adams, 1963) göre bir çalışan, bir işten elde ettiği kazanımların aynı işe sağladığı katkıya oranını, aynı ya da benzer koşullarda çalışan başkalarının kazanım-katkı oranları ile karşılaştırır. Her çalışan hakkaniyete uygun bir muamele tercih ettiği için, bu oranlar arasında bir denge (eşitlik) olmasını bekler. Dengesizliğin var olması durumunda bir çalışan kazanım miktarını değiştirerek denge sağlaması mümkün değilse, bu çalışan katkı miktarını değiştirmek suretiyle oranlar arasında bir denge sağlamaya çalışacaktır<sup>1</sup>.

Bir organizasyon farklı içeriğe sahip ve çeşitli kabiliyetler gerektiren türlü işler içerir. Bu işler içeriklerine göre genelde sınıflara ayrılır. Aynı sınıf içine giren işlerde önemli bir dışsal motivasyon kaynağı olan ücret, genellikle bireyler arasında önemli bir farklılık göstermemektedir<sup>2</sup>. Ancak, bir işin içerdiği iş yükü, işin içerdiği risk, gerektirdiği efor, fiziki çalışma koşulları ve önceden tahmin edilemeyen iş miktarındaki dalgalanmalar gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bir görev dağıtım kararına bağlı olarak (örneğin, bir gün ya da hafta için yapılan görevlendirme kararına bağlı olarak) çalışanların sorumlu olacağı iş yükünün farklı olması beklenmektedir. Bu durumda kısa vadede (bir görev periyodu süresince) kazanım-katkı oranları arasında çoğu zaman dengesizlik kaçınılmaz olacaktır.

İş yükü dağıtım problemi literatürde farklı açılardan ele alınmaktadır. Üretim yönetimi (yöneylem araştırması) alanındaki literatüre bakıldığında, çoğu araştırmacının çalışanlar ile görev arasında optimum eşleştirmeye dayalı maliyet minimizasyonuna odaklandığı görülebilir. Bu amaçla, kombinatoriyal optimizasyon, doğrusal programlama ya da 0-1 tamsayı programlama gibi algoritmik optimizasyon tekniklerine dayalı modeller geliştirilmiştir (Örneğin bkz. Battarra vd., 2021; Borba ve Ritt, 2014; Pereira ve Ritt, 2023). Maliyet önemli bir kriter olmasına rağmen, genel performansı belirleyen başlıca faktör değildir. Bu yüzden son yıllarda iktisat, üretim yönetimi ve örgütsel davranış gibi alanlarda iş yükü dağıtım kararlarının çalışanlar tarafından nasıl algılandığına ve özellikle iş yükü dağıtımındaki adaletin performans üzerindeki etkisine dair ilginin arttığı görülmektedir (Örneğin bkz. Bertsimas, Lulli ve Odoni, 2011; Claire vd., 2023). Bu doğrultuda ortaya konan bazı formal optimizasyon modellerinde iş yükü adaleti, çalışanlar arasında iş yükü farklılığını minimize eden bir objektif fonksiyonu ya da iş yükü için alt ve üst limit belirleyen birtakım kısıtlar ile sağlanmaktadır (Ye, Zhang ve Dekker, 2017). Bu tür modellerde, iş yükü adaleti çoğunlukla çalışanları farklı işler arasında rotasyona tabi tutarak sağlanmaktadır (Corominas, Pastor ve Rodriguez, 2005; Ernst, Jiang, Krishnamoorthy ve Sier, 2004). Rotasyon, bir departman içindeki çalışanların düzenli aralıklarla (ör. bir gün ya da bir hafta) farklı görev veya işler arasında kaydırılmalarına dayanan bir insan kaynakları uygulamasıdır. Bu uygulama ile yukarıda bahsedilen kazanım-katkı oranları arasındaki dengesizliği göreceli olarak uzun bir vadede gidermek mümkün olmaktadır. Aslında potansiyel olarak adaleti sağlayan mekanizma iş rotasyonu

<sup>1</sup> Dengesizliğe (adaletsizliğe) karşı bir diğer reaksiyon işi ya da organizasyonu terk etmektir.

<sup>2</sup> Ücretin kısmen veya tamamen bireysel performansa bağlı olduğu durumlar yaygın olmakla beraber, bu varsayım iş hayatındaki uygulamaların çoğu ve bu çalışmanın kapsamı ile tutarlıdır.

uygulanması değildir. Bir çalışan, rotasyonun her defasında ortalamanın çok üzerinde iş yükü olan bir göreve atanabilir. Dolayısıyla, iş rotasyonunun varlığından ziyade, bu uygulamanın amacı kritik bir öneme sahiptir. Adil iş yükü dağıtımı, örgütsel ve yönetsel adaletin önemli bir parçasıdır (Cohen-Charash ve Spector, 2001; Colquitt, Conlon, Wesson, Porter ve Ng., 2001). Bu yüzden adil iş yükü dağılımının bireysel ve örgütsel sonuçlarına dair birçok araştırmaya rastlamak mümkündür. Bu araştırmalar, adil iş yükü dağıtımı ile iş performansı gibi önemli birtakım çıktılar arasındaki ilişkinin altında yatan mekanizmalara dair önemli ipuçları vermektedir. Bu konu ile ilgili yapılan ampirik çalışmalara göre, iş yükü dağılımına ilişkin çalışanlar tarafından algılanan adalet yükseldikçe, çalışanların işten kaynaklanan stres düzeyleri azalmakta ve bunun sonucunda iş tatmin düzeyleri ve örgütsel bağlılıkları artmaktadır (Cesani & Steudel, 2005; Eiselt & Marianov, 2008; Podsakoff, LePine & LePine, 2007). Bunun dışında, iş yükü dağıtım kararları şeffaf, tutarlı ve tarafsız bir karar süreci ile alındığında, çalışanların iş yükünden kaynaklanan şikayetleri azalırken, yönetime olan güvenleri, örgütsel bağlılıkları ve sonuç olarak iş performansları artmaktadır (Kim vd., 2021). Diğer taraftan, yönetimin adaletsiz olduğuna dair algı yükseldiğinde, özellikle iyi yetmişmiş ve istihdam olanakları yüksek çalışanların işten çıkma eğilimi artmaktadır (Hull, 2006). Dolayısıyla bir yönetici, uzun vadede kazanç-katkı oranları arasında bir denge (adalet) sağlama amacını gözeterek iş rotasyonu kararlarını verebilir. Çoğu organizasyonda bu tür kararlar yönetsel sezgiye dayalı verilmektedir. Ancak, belirli bir dönemde ortaya çıkabilecek iş yükünün belirsiz olması ve farklı içerikteki görev ve işçi sayısının yüksek olması durumunda karar problemi son derece karmaşık hale gelmektedir. Sezgiye dayalı görev dağıtım kararları, büyük ölçüde subjektif olduğu için çalışanların dağıtım adaletine ilişkin algılarını ve dolayısıyla performanslarını olumsuz etkileyebilmektedir (O'Meara, Jaeger, Misra, Lennartz, & Kuvaeva, 2018). Bu durumda kararların sezgisel bir yöntem ile verilmesi yerine algoritmik bir metot kullanılarak verilmesi durumunda kazanç-katkı oranları arasında hedeflenen dengeyi sağlamak daha kolay olacağı gibi çalışanların kararlara olan güveni de artacaktır. Böylece çalışanların görev dağılımına ilişkin algıladıkları adalet düzeyi ve bu sayede iş performansı artacaktır.

Bu ilişkiyi test etmek için büyük bir limanın konteyner terminali araştırma sahası olarak kullanılmıştır. Terminalde çalışan işçilerin yarısı yönetsel sezgiye dayalı olarak bir ay boyunca Rubber Tyred Gantry Crane (RTG), Reach Stacker (RS) ve Empty Stacker (ES) konteyner elleçleme ekipmanlarına atanmış ve işçilerin diğer yarısı bu çalışmada geliştirilen ve iş yükü dağıtım adaletini optimize eden 0-1 tamsayılı programlama modeline dayalı verilen kararlar doğrultusunda yine aynı ay boyunca ve aynı zaman diliminde RTG, RS ve ES ekipmanlarında çalıştırılarak liman sahasında konteyner elleçleme operasyonunda görev almışlardır.

Her iki gruptaki işçilerin performansları objektif bir kriter kullanılarak (işgücü verimliliği) 31 gün boyunca ölçülmüştür. Bu verilere uygulanan regresyon analizi, 0-1 tamsayılı programlama yöntemine göre rotasyonun yapıldığı grubun performansının diğer grubun performansına göre önemli ölçüde yüksek olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, organizasyonlarda iş yükü dağıtım kararlarının, hem bireysel hem de örgütsel performansı nasıl etkilediğine ilişkin literatüre önemli katkı sunmaktadır.

Bu makalenin geri kalan kısmında öncelikle araştırmanın yapıldığı sahanın özellikleri açıklanacaktır. Daha sonra, geliştirilen optimizasyon modeli verilecektir. Takip eden bölümde araştırmanın veri toplama ve analiz metodu açıklanacaktır. Sonraki bölümlerde araştırmanın sonuçları sunulup tartışılacaktır.

## 1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 1.1. Konteyner Terminali Kavramı, Fonksiyonları ve Kullanılan Ekipmanlar

Konteyner, özellikle denizyolu taşımacılığı bağlantılı karma taşımacılıkta yüklerin taşınması için kullanılan, üst üste istiflenerek hem taşıma aracında hem de depolama alanlarında yerden kazanılmasını sağlayan, uluslararası belirlenmiş standart ebatlardaki taşıma kaplarıdır (Gökmoğol, 2021). Konteynerler'in standart ölçülerde olması, küresel ticaret ağları içerisinde ürünlerin hareket ettiği bütün limanlarda aynı ekipmanların kullanılabilmesine olanak tanırken, karma taşımacılıkta yüklerin daha hızlı yükleme ve boşaltma yapılabilmesi açısından da son derece büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Güler, 2008).

Konteyner terminalleri, limanların hinterlandından karayolu veya demiryoluyla gelen yüklerin, liman sahasına boşaltılması ve gemilere yüklenmesi ile, gemilerden boşaltılan yüklerin yine karayolu ve demiryolu taşıma araçlarına yüklenecek, liman hinterlandında yer alan son noktaya ulaştırılması için bir aktarma işlevi gören, maliyet odaklı tesislerdir (Güler, 2008). Yüklerin liman sahasındaki elleçleme faaliyetleri ve bekleme süreleri önemli maliyet kalemi oluşturduğundan, yüklerin yükleme ve boşaltma faaliyetlerinin en hızlı ve hasarsız şekilde gerçekleştirilerek liman sahasından alıcıya gönderilmesi gerekmektedir. Konteynerlerin elleçlenmesinde kullanılan ekipmanlar, kullanılacak yerlere göre farklılıklar göstermekte olup, her bir ekipmanı kullanacak operatörün de kullanma becerisine ve ehliyetine sahip olması gerekmektedir.

Liman içi konteyner elleçleme sahalarında kullanılan ekipmanlar dört ana grupta toplanabilir (Tümiş, 2008): Gemi operasyon ekipmanları, CFS (Container Freight Station) operasyon ekipmanları, Liman içi aktarma araçları ve Saha operasyon ekipmanları, Gemi operasyon ekipmanları, düşük iş hacimli limanlarda, gemilerden liman sahasına

veya liman sahasından gemilere yükleme boşaltma yapan elleçleme araçlarıdır. CFS operasyon ekipmanları ise, liman sahasındaki konteynerler içindeki yüklerin sahaya çıkartılması veya sahadaki yüklerin konteyner içine yerleştirilmesinde kullanılan ekipmanlardır. Liman içi aktarma araçları ise gemilerden tahliye edilen konteynerlerin, istifleme veya CFS sahasına; istifleme sahasından gemiye yüklenmek üzere gemi yükleme alanına taşıyan ekipmanlardır. Son olarak, Saha operasyon ekipmanları ise yüksek elleçleme hacmine sahip limanlarda kullanılan, yüklerin gemiye yükleme ve boşaltılmasını sağlarken, liman sahasında da elleçleme kabiliyetine sahip araçlardır. Bu çalışmada, konteyner saha operasyonlarında kullanılan üç ekipmanı (RTG, RS ve ES) kullanan operatörlerin, iş yükü dağılımlarına göre verimliliklerinin ölçülerek, ekipmanların kullanım zorluk derecelerinden kaynaklı işgücü verimliliklerinde farklılık olup olmadığı ölçülmüştür.

Bu araştırmada RTG, RS ve ES ekipmanlarının seçilmesindeki en önemli etkenler, bu üç ekipmanın liman sahasında konteynerlerin elleçlenmesinde kullanılan en temel ekipman olmalarıdır. Bu üç ekipman, konteyner elleçlemede benzer işleri yapsalar da her birinin kullanıldıkları yerlerin ve operatörler için kullanım zorluğu farklılıklarından dolayı operatörler arasında tercih edilmeme durumu meydana gelebilmektedir. Konteyner saha operasyon ekipmanlarından olan RTG, RS ve ES'nin genel özellikleri ve tercih edilip edilmeme nedenleri şu şekilde özetlenebilir (Tümiş, 2008).

- Rubber Tyred Gantry Crane (RTG): RTG, yüksek kapasiteli limanlarda, ağır tonajlı konteynerlerin gemiden sahaya, sahadan gemiye ve sahadan taşıyıcı araçlara yüklenmesi için kullanılan bir vinçtir. Lastik tekerler üzerinde hareket etmesiyle, saha içerisinde sınırlı da olsa, konteyner istiflerinin etrafında hareket edebilir. Ekipman, yedi sıralı ve altı katlı olacak şekilde konteynerleri istifleyebilir. Ekipmanın kullanım zorluğu, operatörün ekipmanı kullanırken sürekli aşağı doğru bakıyor olması ve arkasını görememesinden kaynaklı olarak manevra sırasında konteynerlere ve saha içinde yer alan diğer araçlara çarpma riskinin fazla olması, hatalı duruş şekline kaynaklı bekleme süresinin uzun olması gösterilebilir.
- Reach Stacker (RS): RS, dolu konteynerlerin saha içerisinde beş kat istiflemeye olanak tanıması ve buradan araçlara yüklenmesi için kullanılan bir ekipmandır. RTG'lere göre daha hafif konteynerler elleçlenebilmektedir. Teleskopik burnu sayesinde, üç sıra ortada yer alan konteynerlere ulaşabilmektedir. Kullanım zorluğu olarak, orta sıralarda yer alan konteynerler'e ulaşmak için, öncelikli olarak öndekilerin elleçlenmesinin yapılmasıdır. Dolayısıyla bu durum, operatörlerin elleçleme esnasında daha çok manevra yapması zorunluluğunu meydana getirmektedir.
- Empty Stacker (ES): Boş konteynerlerin elleçlenmesi için kullanılmaktadır. Kaldırma kapasitesi RTG ve RS'lere göre düşüktür ve sadece boş konteynerlerin istiflenmesine uygundur. Konteyner kilitleme mekanizması üstte değil yandadır. Yedi katlı konteyner istiflemeye uygun bir ekipmandır. Operatörler açısından, daha kolay kullanılabilen ve göreceli olarak daha düşük riskli bir ekipman olarak değerlendirilebilir.

RTG, RS ve ES ekipmanlarının bu özellikleri göz önünde tutulduğunda, operatörler için kullanması en zor olarak değerlendirilebilecek ekipmanın RTG, daha sonra RS ve ES olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, vardiyalarda kullanmaları için operatörlere bu ekipmanların ayda kaçar tane atanacağı, operatörlerin motivasyonu ve performans etkisi açısından son derece önemli bir konu arz etmektedir. Özellikle RTG operatörünün altı katlı konteynerden daha yukarıdan aşağı doğru bakarak çalışması ve ekipmanı ileri geri doğru hareket ettirerek konteynerlerin elleçlenmesinin sağlanması, daha çabuk yorulma ve kaza yapma riskini de arttırabilmekte olup, operatörlere belirli bir dönemde diğer operatörlere göre daha fazla sayıda RTG atamasının yapılması, motivasyon ve performans düşüklüğüne neden olabilecektir.

Benzer şekilde, bazı operatörlere, kullanımı daha göreceli olarak kolay sayılabilecek bir ekipman olan ES'in, operatörlere, adil kriterlere göre (eşit sayıda) atanmaması durumunda, bu ekipmanda çalışan operatörlere daha fazla avantaj sağlayacak ve diğer operatörlerin ise bu iş yükü dağılımındaki adaletsizlikten dolayı motivasyon kaybına neden olabilecektir.

## 1.2. Konteyner Terminali Operasyon Planlama Mevcut Durum ve Önerilen Atama Sistemi

Çalışmaya konu liman konteyner operasyonu, her gün üç vardiya halinde kesintisiz olarak yürütülmektedir. Bu nedenle, bütün vardiyalarda, konteyner elleçleme faaliyetini yürütecek operatörlerin hangi ekipmanı kullanacağı aylık çalışma takvimi şeklinde hazırlanmaktadır.

İş kanunu ve limanda yetkili sendika ile yapılan sözleşmeye göre, bir operatör belirli bir ayda 25 gün çalışmalı, haftada en az bir gün izinli sayılmalı ve haftada arka arkaya aynı vardiyada üst üste iki günden fazla çalışmamalıdır. Operatörlerin hangi vardiyada çalışacağı, hangi elleçleme ekipmanını kullanacağını planlaması yönetim tarafından geçmiş yıllara ait veri göz önünde tutularak yöneticilerin tecrübelerine göre sezgisel olarak gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, operatörlerin o gün hangi ekipmanı kullanacağı sezgisel planlamaya göre yapılmaktadır. Bu atamalar yapılırken, her dokuz operatör bir takım olacak şekilde takımlar oluşturulmakta ve aynı takımdaki operatörler aynı vardiyada görev yapmaktadırlar. Ancak, sezgisel olarak yapılan bu atamalar sonucunda her operatörün bir ay boyunca sahada kullanacağı RTG, RS ve ES ekipman sayılarında farklılıklar meydana gelmektedir. Bu çalışmadaki



amaç, her bir ekipmanın kullanılmasındaki avantaj ve dezavantajlar göz önüne alındığında, aylık ekipman kullanım sayılarındaki farklılıkların, motivasyonunu etkileyip etkilemediğinin, bir başka deyişle performansını etkileyip etkilemediğini test edilmesidir.

Bu çalışmada, önerilen atama yöntemi, 0-1 tamsayı programlama ile algoritmik bir yöntemle liman sahasında konteynerlerin elleçlenmesinde kullanılan Rubber Tyred Gantry Crane (RTG), Reach Stacker (RS) and Empty Stacker (ES) ekipmanlarının sahada çalışan operatörlere dağıtılmasında, adil iş yükü planlamasına göre bir görevlendirme yapılarak, operatörlerin işgücü verimliliğinin artmasını sağlayacak motivasyonu verebilmektedir.

## 2. VERİ TOPLAM SÜRECİ VE YÖNTEM

### 2.1. Veri Seti

Grup 1 (Deney Grubu) operatörlerine, belirlenen kritere göre adil iş yükü dağıtımı yapılması için oluşturulan 0-1 tamsayı programlama modelinde ve her iki grupta yer alan operatörlerden elde edilen çıktılar (elleçlenen konteyner sayısı) ile işgücü performansının ölçülerek, Deney Grubu ve Kontrol Grubu arasında performans farkının olup olmadığını ölçen regresyon denkleminde kullanılan veri seti şu şekilde özetlenebilir:

#### a-) Operatör Verisi:

Saha araştırmasının yapıldığı konteyner terminalinde 90 operatör çalışmaktadır. Operatörlerin tümü sahada kullanılan her üç ekipmanı da kullanabilme yetki ve becerisine sahiptir. Bu operatörler her biri 9 kişiden oluşan 10 takım şeklinde organize olmuşlardır. On takımdan rastgele seçilen beş takım içindeki toplam 45 operatör geçmiş yıl verisine dayalı tahmin edilen iş yükü dikkate alınarak ve geliştirilen matematiksel model aracılığıyla RTG, RS ve ES ekipmanına atamaları yapılmıştır. Bu gruba "Grup 1" adı verilmiş ve grup içindeki takımlar A, B, C, D ve E şeklinde kodlanmıştır (Deney Grubu). Diğer beş takım içindeki 45 operatör ise, bu çalışma yapıldığı sırada konteyner terminalinde kullanılmakta olan ve yönetici sezgisine dayalı yöntemle üç ekipmana atamaları yapılmıştır. Bu gruba da "Grup 2" adı verilmiş ve grup içindeki takımlar F, G, H, I ve J şeklinde kodlanmıştır (Kontrol Grubu).

#### b-)Aylık Çalışma Gün ve Vardiya Çizelgeleme:

Her gün için vardiyaların oluşturulması, operasyon planlama birimi tarafından yapılmaktadır. Çalışmaya konu olan ayda 31 gün bulunmakta olup, iş kanunu ve sendikayla yapılmış olan sözleşme gereği, her operatör 25 iş günü çalışmalı, her hafta en az 1 gün izinli olması ve aynı haftada arka arkaya 2 günden fazla aynı vardiyada çalışmaması gerekmektedir. Bu kurallara göre, manuel olarak oluşturulan vardiya çizelgesi Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1: Takımlara Göre Vardiya Çizelgesi**

Grup	Takım No	Operatör Sayısı	Hafta 1							Hafta 2							Hafta 3							Hafta 4							Hafta 5			Toplam İş günü		
			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			
G1	A	9	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	25	
	B	9	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	25	
	C	9	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	25
	D	9	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	25
	E	9	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1
G2	F	9	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	25		
	G	9	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	25	
	H	9	2	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	25
	I	9	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	25	
	J	9	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	OFF	2	2	3	3	OFF	1	1	1	2	2	3	3	OFF	1	1	25	

Takımların vardiya atamalarına göre, her vardiyada çalışan operatör sayısı Tablo 2'de gösterilmiştir. Her vardiyada çalışacak toplam operatör sayısı, Tablo 1'de yer alan takımların vardiya atamalarındaki toplam operatör sayılarının toplamıdır: Örneğin birinci gün birinci vardiyada üç takım bulunduğundan, toplam (3x9=) 27 operatör çalışmaktadır. Takımların her gün hangi vardiyada çalışacağı manuel olarak belirlenmiştir. Her takımın hangi ekipmanı kullanacağı vardiyada ihtiyaç duyulan RTG, RS ve ES ekipman sayılarına göre ayarlanmaktadır. Bu çalışma için Grup 1'de (G1) yer alan takımlara, 0-1 tamsayı programlama ile ekipman ataması yapılırken, G2'de yer alan takımlara ekipman atamaları ise manuel olarak yapılmıştır.

**Tablo 2: Her Vardiyada Çalışan Toplam Operatör Sayısı**

Vardiya	Hafta 1							Hafta 2							Hafta 3							Hafta 4							Hafta 5			
	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	
1	27	18	18	18	18	27	36	36	27	18	18	18	18	27	36	36	27	27	27	27	27	36	45	36	27	18	18	18	18	18	27	36
2	27	36	36	27	18	18	18	18	27	36	27	18	18	18	18	18	27	36	27	18	18	18	18	18	18	27	36	27	18	18	18	18
3	18	18	27	36	36	27	18	18	18	18	27	36	27	18	18	18	18	18	27	36	27	18	18	18	18	18	18	27	36	27	18	18

Belirlenen vardiyalara göre ihtiyaç duyulan ekipman sayıları önceki dönemlerdeki elleçlenen yük miktarları ve atanan ekipman türü göz önünde tutularak hazırlanmış ve Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre atanan ekipman türleri toplamı birinci gün (Pazartesi) birinci vardiya için toplamda 26 ekipman (14 RTG, 6 RS ve 6 ES) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3: Günlük İhtiyaç Duyulan Ekipman Sayıları**

Ekipman	Vardiya	Hafta 1							Hafta 2							Hafta 3							Hafta 4							Hafta 5		
		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
RTG	1	14	9	9	9	9	14	18	18	14	9	9	9	9	14	18	18	14	14	14	14	14	18	23	18	14	9	9	9	9	14	18
	2	14	18	18	14	9	9	9	9	14	18	14	9	9	9	9	9	14	18	14	9	9	9	9	9	14	18	14	9	9	9	9
	3	9	9	14	18	18	14	9	9	9	9	14	18	14	9	9	9	9	9	14	18	14	9	9	9	9	14	18	14	14	9	9
RS	1	6	4	4	4	4	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	8	6	6	6	6	6	8	10	8	6	4	4	4	4	6	8
	2	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4
	3	4	4	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4
ES	1	6	4	4	4	4	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	8	6	6	6	6	6	8	10	8	6	4	4	4	4	6	8
	2	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4
	3	4	4	6	8	8	6	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4	4	4	4	6	8	6	4	4

0-1 tamsayı programlama yöntemine göre operatörlere atanmak üzere ihtiyaç duyulan aylık ekipman sayıları hesaplaması Tablo 4'te özetlenmiştir. Geçmiş dönem verileri göz önünde bulundurularak hazırlanan RTG, RS ve ES ekipmanlarının sahada ihtiyaç duyulan vardiya sayıları 1139, 500 ve 500 olmak üzere toplam 2139 adet olarak belirlenmiştir. Bu rakamlara göre bir aylık dönemde kullanılan ekipmanların %53'ü RTG, RS ve ES'e ise %23'er oranda ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir. 25 günlük bir çalışma ayında bir operatörün iş yükü atamaları için 13 gün RTG (25x%53) ve 6'şar gün (25 x %23) RS ve ES ekipmanlarında çalışmaları beklenmektedir. 0-1 tamsayı programlama yöntemiyle yaptığımız Grup 1 takımlarına yapılan ekipman atamalarında bu değerler dikkate alınmaktadır.

**Tablo 4: Aylık Adil İş yükü ekipman ihtiyacı**

Ekipman	İhtiyaç Duyulan Toplam Ekipman Sayısı	İhtiyaç Duyulan Toplam Ekipman %	Her Operatöre Atanması Gereken Ekipman Sayısı
RTG	1139	53%	13
RS	500	23%	6
ES	500	23%	6

### c-)Operatörlerin Fiili Çalışma süreleri ve Elleçlediği Konteyner Sayıları:

Çalışmanın son bölümünde, 0-1 tamsayı programlama yöntemine uygun olarak yapılan atamalarla, sezgisel olarak yapılan ekipman atamalarına göre işçi performansını karşılaştırmada kullanacağımız operatörlerin her ekipmanda fiili çalışma süresi ve elleçledikleri yük miktarları (konteyner adedi) kayıt altına alınmıştır. Bu veri, operatörlerin performansını elleçledikleri yük miktarları bakımından karşılaştırmamızı sağlarken, aynı zamanda fiili çalışma süreleri bakımından farklılık olup olmadığını istatistiksel olarak karşılaştırmamızı sağlamaktadır.

## 2.2. Matematiksel Modelleme (0-1 Tamsayı Programlama)

Grup 1'e dahil operatörlerin atamasında kullanılan 0-1 tamsayı programlama modelindeki kullanılan değişkenler, parametreler, amaç fonksiyonu ve kısıtlar aşağıda gösterilmiştir.

Bu modelde kullanılan karar değişkeni olarak  $X_{(p,d,s,e)}$ 'ye atama yapılacaktır. Eğer ekipman ataması yapılmışsa program, 1 değerini atayacak, yapılmamışsa sıfır olarak kalacaktır. Sadece Grup 1'de yer alan operatörlere atama yapılacağı için atama yapılacak operatör sayısı (p) 45'tir (PER01,PER02, ..PER45). d parametresi ise ayın hangi günü olduğunu göstermektedir (d:1,2,...31). Bir günde 3 vardiya bulunduğu vardiya endeksi s: 1,2 ve 3 olarak veri setinde yer almaktadır. Sahada operatörlerin kullanacağı ve atamasının yapılacağı 3 ekipman bulunmaktadır e:RTG, RS ve ES. Operatörlere atamaların daha kolay yapılabilmesi için matematiksel modelde kullanılmak üzere 5 takım belirlenmiş (TEAM) ve bir aylık zaman çizelgesinde vardiyalara atanması için her takıma 9'ar operatör atanmış ve bu takımlar ay boyunca değişmemiştir.

### Parametreler:

**P=** Bütün operatörler seti

**p=** Operatörlere atanan index numarası

**TEAMp =** Operatör p'nin yer aldığı Takım

**D**= Bir ayda yer alan bütün günlerin seti

**d**= İşlem gününün index numarası

**S**= Bütün vardiyaların seti

**s**= Vardiya indeksi

**E**= Ekipman seti

**e**= Ekipman index numarası

**FAIR<sub>Ie</sub>** = Adil atama için toplam ekipman e sayısı

**ASSIGN\_STATUS<sub>TEAMp, d, s</sub>**: p işçisinden oluşan ekibin d. gün ve s. vardiyadaki atanabilirlik göstergesi.

### Karar Değişkenleri:

$$X_{p,d,s,e} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } p \text{ çalışanı } d \text{ gününde ve } s \text{ vardiyasında } e \text{ ekipmanına atanırsa} \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad (1)$$

### Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} (\sum_{p \in P} \sum_{e \in E} | \text{FAIR}_{Ie} - (\sum_{d \in D} \sum_{s \in S} X_{p,d,s,e}) |) \quad (2)$$

### Kısıtlar:

$$\sum_{e \in E} X_{p,d,s,e} = \text{ASSIGN\_STATUS}_{TEAMp,d,s} \quad \forall p \in P \text{ and } d \in D \text{ and } s \in S \quad (3)$$

$$\sum_{p \in P} \sum_{s \in S} X_{p,d,s,e} \geq \text{REQ\_NUM}_{de} \quad \forall d \in D \text{ and } s \in S \quad (4)$$

$$X_{p,d,s,e} \in \{0, 1\} \quad \forall p \in P \text{ and } d \in D \text{ and } s \in S \text{ and } e \in E \quad (5)$$

*p: 1-90, d: 1-31, s: 1,2,3,ve 4, e: RTG,RS ve ES*

Modeldeki amaç fonksiyonu toplam adil olmayan iş yükü göstergesinin en az yapacak şekilde ekipmanların operatörlere atanmasının yapılmasını hedeflemektedir. Adil iş yükü belirlenmesinde, kriter olarak belirlenilen 13 RTG, 6 RS ve 6 ES ekipmanının (Tablo 4) operatörlere atanmasından, operatörlere aylık atanan RTG, RS ve ES ekipmanları sayısından çıkartılması sonucu elde edilen sayının mutlak değerinin alınmasıyla hesaplanmaktadır. Adil iş yükü kriterlerine uygun ekipman atanmış operatörler için bu değer sıfır olacaktır. Hedef de bu rakamın sıfıra en yakın değer çıkmasıdır.

ASSIGN\_STATUS olarak adlandırılan parametre ise, her gün ve vardiya için belirlenen çalışma takvimine göre (Tablo 1) bir operatörün çalışıp çalışmadığını gösteren bir değişken olup formül (3)'te aylık toplam çalışma süresine eşit olma kısıtını sağlamaktadır.

REQ\_NUM<sub>de</sub> her gün ve vardiya için ihtiyaç duyulan RTG, RS ve ES ekipman sayısını göstermektedir (Tablo 3). Formül 4'teki kısıt, atanan ekipman sayılarının her gün için bu ihtiyacı yerine getirmeyi hedeflemektedir.

En son kısıt ise 0-1 tamsayı kısıtıdır. Belirli gün ve vardiyada çalışan ekipmanların her operatöre atanıp atanmadığını göstermektedir (0: atanmadı ve 1: atandı).

Aylık ekipman talebine göre gerekli olan ekipman sayıları belirlendikten sonra 0-1 tamsayı programlama modelinde uygulanan varsayımlar şu şekilde özetlenebilir:

- İşyeri aylık çalışılabilir işgünü sayısı 31 gündür. Sendika ve iş kanununa göre, 1 işçiye haftada en az 1 gün tatil verilmelidir, işçi ayda en fazla 25 gün çalışabilir ve bir operatör belirli bir haftada aynı vardiyada 2 günden fazla çalışamaz (Tablo 1).
- Bütün operatörler her 3 ekipmanı da kullanabilme becerisine/yetkisine sahiptir.
- Sahada çalışan toplam 90 operatör bulunmaktadır. Bunlardan 45 tanesi Adil İş Yükü Dağılımı ile ekipman ataması kurallarına göre görevlendirmesi yapılmıştır (Grup 1), kalan 45 operatör (Grup 2) ise manuel (sezgisel) olarak takımlara yerleştirilmiştir. Bu operatörler tesadüfi olarak belirlenmiştir.
- Operatörlerin tanımlanması yapılırken her 9 operatör bir takımda yer alacak şekilde tanımlama yapılmış, böylece toplam 10 takım aylık çalışma takviminde programlanmıştır. Bu takımlardan 5 tanesi A, B, C, D ve E Takımları (Grup 1) Adil İş Yükü Dağılımına göre matematiksel model kullanılarak ekipman (RTG, RS ve ES) ataması yapılır. Geri kalan F, G, H, I ve J Takımları (Grup 2) ise manuel atamayla çalışacakları ekipmanlar belirlenir.

- Takımların her gün hangi vardiyada çalışacağı manuel olarak belirlenmiştir. Her takımın hangi ekipmanı kullanacağı vardiyada ihtiyaç duyulan RTG, RS ve ES ekipman sayılarına göre ayarlanmaktadır. Grup 1'de yer alan takımlara, 0-1 tamsayılı programlama ile, adil çalışma yüküne göre ekipman ataması yapılırken, Grup 2'de yer alan takımlara ekipman atamaları ise manuel olarak yapılmaktadır.
- Operatörlerin hangi vardiyada çalışacağı manuel olarak tasarlanmakta olup, sendika sözleşmeleri gereği bir operatörün bir haftada aynı vardiyada 2 günden fazla çalışmaması gerekmektedir.
- Her operatör, günde 1 vardiyada çalışabilir ve sadece 1 ekipman kullanabilir.
- Günlere göre hangi vardiyada toplam kaç operatör çalışacağı verisi (Tablo 2) vardiya döngüsü tablosu Tablo 1'den hesaplanmıştır ve RTG, RS ve ES ekipmanlarından her bir vardiyada kaç adet ekipmana ihtiyaç duyulacağı geçmiş dönem verilerinden tahmin sonucu oluşturulmuştur (Tablo 3).

### 3. VERİ ANALİZ YÖNTEMİ

0-1 tamsayılı programlama yöntemine dayalı olarak iş yükü dağıtımının yapıldığı Grup 1 ve yönetici sezgisine dayalı olarak iş yükü dağıtımının yapıldığı Grup 2'de bulunan operatörlerin performansını karşılaştırmak için doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır.

Regresyon denkleminin bağımsız değişkeni Adil Olmayan İş yükü Göstergesi (Formül 7) olarak yer almaktadır. Bu gösterge sıfırdan büyük veya eşit bir değer almakta olup, gösterge değerinin bir operatör için sıfır olması, o ay o operatörün adil bir iş yükü ile çalıştığını göstermektedir. Bu çalışmada adil iş yükü göstergesi 13 RTG, 6 RS ve 6 ES saha ekipmanının atanmasıdır. Bu nedenle gösterge değeri sıfırdan ne kadar uzaklaşırsa o kadar adil olmayan bir ekipman dağılımı gerçekleştirildiği anlamına gelmektedir.

Regresyon denklemindeki (Formül 6)  $\beta_1$  katsayısı eğimi göstermekte olup, denklemin bağımsız değişkeni olan Adil Olmayan İş yükü göstergesinin artması ya da azalması durumunda işgücü performansına nasıl bir etkisinin olacağı incelenmesi sağlanacaktır. Beklenti, adil iş yükü dağıtımının, işgücü performansına olumlu bir etkisinin olması, bir başka deyişle Adil Olmayan İş yükü Göstergesinin azalması, işgücü performansına (verimliliğe) pozitif yönde bir etkisinin olmasıdır.

İşgücü Performansı (Verimlilik)=

$$\beta_0 + \beta_1 \text{ (Adil Olmayan İşyükü Dağılımı Göstergesi)} \quad (6)$$

Hipotezler:

$H_0$  Adil İşyükü dağılımının işgücü performansına (verimliliğine) hiçbir etkisi yoktur.

$H_1$  Adil İşyükü dağılımının işgücü performansına (verimliliğine) etkisi vardır.

### 4. BULGULAR

Bir önceki bölümde açıklandığı üzere, çalışmada kullanılan iki metottan birincisi olan 0-1 tamsayılı programlama metodu ile, adil iş yükü tanımlanmasına göre bir operatörün bir ayda kullanması beklenen RTG, RS ve ES ekipmanları sayılarına göre (sırasıyla 13, 6 ve 6) atamalar yapılarak bir ay boyunca hangi operatörlerin hangi gün ve vardiyada hangi ekipmanı kullandığını belirlenmiştir. İkinci metotta ise regresyon analizi ile adil olmayan iş yükü göstergesinin çalışan performansına (operatör) etkisinin olup olmadığını araştırmasıdır. Bu bölümde her iki metot ile elde edilen sonuçlar özetlenmektedir.

#### 4.1. 0-1 Tamsayılı Programlama ile Elde Edilen Sonuçlar

0-1 tamsayılı programlama ile hedeflenen amaç, adil iş yükü kriteri olarak belirlenen, bir ayda bir operatörün 13 RTG, 6 RS ve 6 ES ekipmanını kullanacak şekilde ekipman atamasının yapılmasıdır. Tablo 5'te bu yöntemler operatör 1'e bir ay boyunca ataması yapılmış bulunan ekipman listesi örnek olarak sunulmuştur. İş kanunu ve sendika ile yapılmış sözleşme gereği her bir operatöre haftada en az 1 gün izin verilmesi gerekmekte olup, ayda en fazla 25 gün çalışabilmektedir. Bu kurallara göre Operatör 1/PER01), bir ayda 13 RTG, 6 RS ve 6 ES (Tablo 4) kullanacak şekilde Metot 1'de belirtilen matematiksel model ile Grup 1'de yer alan 45 operatöre bu ekipman atamaları yapılmıştır. Grup 2'de yer alan operatörlere ise ekipman atamaları sezgisel olarak planlama yöneticisi tarafından, Tablo 1'deki aylık vardiya çizelgesine göre yapılmıştır.

Tablo 5: Matematiksel modelleme ile Operatör 1'e atanan ekipman çizelgesi

Tablo 6'da yer alan adil olmayan iş yükü göstergesi formülü (6)'ya uygulanarak hesaplanmıştır.

Adil Olmayan İş yükü göstergesi, her bir operatörün adil ekipman dağılımına ne kadar yaklaştığını gösteren bir göstergedir. Bu rakam sıfıra ne kadar yakın ise, adil ekipman dağılımına o kadar yaklaşıldığı anlamına gelmektedir. Teoriye göre, adil ekipman dağılımı, çalışan performansını arttırmasını sağlayacaktır.



**Tablo 5:** Matematiksel modelleme ile Operatör 1'e atanan ekipman çizelgesi

Operatör No	Gün	Vardiya	Ekipman	Hafta	Operatör No	Gün	Vardiya	Ekipman	Hafta
PER01	1	2	ES	Hafta 1	PER01	17	2	RTG	Hafta 3
PER01	2	2	RTG	Hafta 1	PER01	18	2	ES	Hafta 3
PER01	3	3	RTG	Hafta 1	PER01	19	3	RTG	Hafta 3
PER01	4	3	RTG	Hafta 1	PER01	20	3	ES	Hafta 3
PER01	5	TATİL		Hafta 1	PER01	21	TATİL		Hafta 3
PER01	6	1	RTG	Hafta 1	PER01	22	1	ES	Hafta 4
PER01	7	1	RTG	Hafta 1	PER01	23	1	RTG	Hafta 4
PER01	8	TATİL		Hafta 2	PER01	24	TATİL		Hafta 4
PER01	9	2	RS	Hafta 2	PER01	25	2	ES	Hafta 4
PER01	10	2	RTG	Hafta 2	PER01	26	2	RS	Hafta 4
PER01	11	3	RS	Hafta 2	PER01	27	3	RS	Hafta 4
PER01	12	3	RTG	Hafta 2	PER01	28	3	RTG	Hafta 4
PER01	13	TATİL		Hafta 2	PER01	29	TATİL		Hafta 5
PER01	14	1	RS	Hafta 2	PER01	30	1	ES	Hafta 5
PER01	15	1	RTG	Hafta 3	PER01	31	1	RTG	Hafta 5
PER01	16	1	RS	Hafta 3					

Adil olmayan işyükü göstergesi=

$$\sum_{eq \in RTG, RS, ES} | \text{Adil ekipman sayısı}_{eq} - \text{Atanan ekipman sayısı}_{eq, \text{Operatör No}} | \quad (7)$$

$$\forall \text{Operatör No} \in \text{PER01}, \text{PER02}, \dots, \text{PER90}$$

Formül (7)'ye göre her bir operatör için adil ekipman sayısı ile atanan ekipman sayısının arasındaki farkın mutlak değeri alındığı için, Adil olmayan iş yükü göstergesi  $\geq 0$  bir değer almaktadır. Bu sayının sıfır olması, belirlenen operatör için adil iş yükü atamasının tam olarak gerçekleştirildiği şeklinde yorumlanırken, bu değer sıfırdan ne kadar uzaklaşırsa, adil iş yükünden o kadar uzaklaştığı anlamına gelmektedir.

Tablo 6'da bir aylık dönem için her bir operatöre atanan RTG, RS ve ES toplam ekipman sayıları ile bu atamalardan yola çıkarak hesaplanan adil olmayan iş yükü göstergesi sunulmuştur. Bu tabloda Grup 1'de yer alan ilk 45 personel (operatör) (Deney Grubu), çalışmada kullanılan 0-1 tamsayı programlama metoduyla atamaları yapılmış olduğundan, aylık 25 gün çalışılabilir gün üzerinden hesaplanan (Tablo 4) 13 gün RTG, 6 gün RS ve 6 gün ES ekipmanını kullanacak şekilde atamalar yapıldığı için, bu grupta yer alan PER01 ve PER45 arasındaki operatörler adil iş yüküne göre ekipman atamaları yapılarak çalıştıklarından adil olmayan iş yükü göstergesi 0 (sıfır) olarak yer almıştır.

Grup 2'de yer alan operatörler (Kontrol Grubu) ise, operatörlerin çalışacakları gün ve vardiyada kullanacağı ekipmanın manuel olarak belirlendiğinden dolayı, adil iş yükü için Tablo 4'te yer alan ekipman kullanım rakamlarından sapmalar meydana gelebilmektedir. Buna göre operatöre atanması gereken her bir ekipman (RTG, RS ve ES) sayısından sapmalar adil olmayan iş yükü olarak tanımlanır ve bu değer adil iş yükü değerinden fiili olarak atanan ekipman sayısından çıkartılarak elde edilen sayının mutlak değeri alınır. Ör: PER46 için adil olmayan İş yükü göstergesi RTG için  $|13-17|=4$ , RS için  $|6-4|=2$  ve ES için  $|6-4|=2$  olmak üzere toplamda 8 ekipman olarak hesaplanmıştır.

Adil olmayan iş yükü göstergesi, çalışmamızda kullandığımız ikinci yöntem olan regresyon yönteminde bağımsız değişken olarak yer alarak, işgücü verimliliğine etkisi ölçülmüştür.

**Tablo 6:** Operatörlere atanan RTG, RS ve ES ekipmanı sayıları ile Adil Olmayan İş yükü Göstergesi

Gruplar	Operatör No	RTG Kullanım Sayısı	RS Kullanım Sayısı	ES Kullanım Sayısı	Adil İş Yükü (Evet/Hayır)	Adil Olmayan İşyükü Göstergesi
G r u p 1	PER01	13	6	6	Evet	0
	PER02	13	6	6	Evet	0
	PER03	13	6	6	Evet	0
	PER04	13	6	6	Evet	0
	PER05	13	6	6	Evet	0
....	....	....	....	....	....	
G r u p 2	PER46	17	4	4	Hayır	8
	PER47	17	3	5	Hayır	8
	PER48	20	3	2	Hayır	14
	PER49	17	2	6	Hayır	8
	PER50	22	2	1	Hayır	18
....	....	....	....	....	....	

Her operatörün bir aylık çalışma süresi sonunda kayıt altına alınan elleçlenen konteyner sayısı ve fiili çalıştığı süre Tablo 7’de sunulmuştur. Bu çalışmada performans göstergesi olarak, işgücü verimliliği alınmıştır (Formül 8).  
Verimlilik= Çıktı/(Girdi) (8)

İşgücü verimliliği ise her bir operatörün ekipmanda çalıştığı fiili işgücü saati başına kaç konteyner ellilediğini ifade etmektedir. İşgücü verimliliği, operatörün elleçlenen konteyner sayısının (Çıktı), çalıştığı süreye bölünmesiyle elde edilmektedir (Formül 8). Böylece, bu çalışmada işgücü verimliliği, çalışılan birim zamanda (saat), kaç konteynerin elleçlendiğini göstermektedir. Her operatörün ortalama verimliliği regresyon yönteminde bağımlı değişken olarak denklemde yer almıştır.

**Tablo 7:** Operatörlerin her bir ekipmanda elleçlediği konteyner sayısı, çalıştığı fiili süre ve verimliliği (Bazı operatörler için)

Gruplar	Operatör No	Elleçlenen Konteyner Sayısı			Ekipmanda Çalışılan Süre (saat)			Verimlilik Oranı (konteyner/saat)			
		RTG ile	RS ile	ES ile	RTG’de	RS’te	ES’te	RTG	RS	ES	Ortalama
G 1	PER01	968	559	504	85,8	40,2	41,4	11,28	13,91	12,17	12,13
	PER02	940	596	627	88,4	42	45	10,63	14,19	13,93	12,33
	PER03	975	665	614	84,5	43,8	43,2	11,54	15,18	14,21	13,14
	PER04	919	508	643	87,1	45	45	10,55	11,29	14,29	11,69
	PER05	928	546	679	92,3	39	43,8	10,05	14,00	15,50	12,30
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
G 2	PER46	1446	207	419	127,5	27,6	28,4	11,34	7,50	14,75	11,29
	PER47	1300	239	445	124,1	21,6	32,5	10,48	11,06	13,69	11,13
	PER48	940	154	158	150	21,6	13,2	6,27	7,13	11,97	6,77
	PER49	840	193	373	117,3	15	45	7,16	12,87	8,29	7,93
	PER50	1506	73	49	147,4	13,4	6,8	10,22	5,45	7,21	9,71
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

Tablo 7’de verilen her bir operatörün elleçlediği konteyner sayısı, çalıştığı süre ve verimlilik oranı örneği, tüm operatörlerin verisi birleştirilerek Tablo 8’de sunulmuştur. Matematiksel programlama ile ekipman atanan operatörlerin yer aldığı Grup 1 (G1) ve manuel atama yapılan Grup 2 (G2) toplam sayılarına ulaşılmıştır. Bu tablodaki veriye göre, bütün ekipmanlarda elleçlenen konteyner sayısı Adil İş Yükü Dağılımı yöntemine göre atanan operatörlerde daha fazla gerçekleşmiş olup, ortalama G1 verimlilik oranı G2 verimlilik oranına göre yine daha yüksek çıkmıştır. Bu değerlerin istatistiksel olarak birbirinden anlamlı farklılıklarının olup olmamasının analizini ise Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12’de sunulmuştur.

**Tablo 8:** Toplam elleçlenen konteyner sayısı, operatörlerin çalışma süresi ve işgücü verimliliği

Grup	Elleçlenen Konteyner Sayısı				İşgücü Çalışma Süresi (Saat)				İşgücü Verimliliği (konteyner sayısı/saat)			
	RTG	RS	ES	TOPLAM	RTG	RS	ES	TOPLAM	RTG	RS	ES	ORTALAMA
G1	44834	27367	27761	99962	4119,7	1906,2	1907,4	7933,3	10,88	14,34	14,55	12,61
G2	36522	17482	23692	77696	4020,9	1751,8	2125,3	7898	8,97	10,23	11,40	9,95

#### 4.2. Regresyon Analizi Sonuçları

Regresyon denkleminde, her bir operatör için hesaplanan “Adil Olmayan İş yükü Göstergesi” bağımsız değişken olarak yer alırken, her bir operatörün işgücü performansı olarak tanımlanan verimlilik değeri bağımlı değişken olarak yer almıştır (Formül 6).

Regresyon analizi özet tablosunda görüldüğü üzere (Tablo 9), determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) %66,5 değerini alırken Adj  $R^2$  değeri %66,2 olarak yer almıştır ve regresyon denklemi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (p-değeri= 0,0000).

**Tablo 9:** Regresyon Analizi Özet Tablosu

Source	SS	df	MS			
Model	254.660879	1	254.660879	Number of obs =	90	
Residual	128.036807	88	1.45496372	F( 1, 88) =	175.03	
Total	382.697686	89	4.29997401	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.6654	
				Adj R-squared =	0.6616	
				Root MSE =	1.2062	

  

performance	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
unfair_alloc	-.2823983	.0213455	-13.23	0.000	-.324818	-.2399785
_cons	12.6154	.1647897	76.55	0.000	12.28791	12.94288

Metod bölümünde formül 7’da sunulan regresyon denkleminde, adil olmayan iş yükü göstergesinin, iş gücü performansına etkisini ölçmede kullanılan “verimlilik” formülünde yer alan  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  parametrelerine göre oluşturulmuş denklem Tablo 9’daki bulgulara göre şu şekilde oluşturulmuştur.

İşgücü performansı (verimliliği) = 12.6154 – 0.2823 (Adil olmayan işyükü göstergesi)

Adil olmayan iş yükü göstergesi değerinin sıfır olması, adil işyükü dağılımının yapıldığını gösterirken, bu değer artması operatörlere adil olmayan bir işyükü uygulandığını ifade etmektedir. Bu nedenler regresyon denkleminde bağımsız değişken olan adil olmayan iş yükü göstergesi katsayısının eksi işaret alması, adil iş yükü dağılımı yapılmamasının, işgücü (operatör) performansının (verimliliğinin) düşmesine neden olduğu anlamına gelmektedir. Tablo 9’da bağımsız değişken’in aldığı p-değerinin 0,000 çıkması, bu değişkenin istatistiki olarak anlamlı çıktığı ve bağımlı değişkeni tanımlayacak özellikte olduğunu göstermektedir. Özetleyecek olursak, adil işyükü dağılımına göre bir çizelgeleme yapılması durumunun, işgücü verimliliğine olumlu etkisi olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

#### 4.3. Grup 1 ve Grup 2 Operatörlerinin Çıktılarının Karşılaştırılması:

Matematiksel model ile ekipman atamaları yapılmış Grup 1 operatörlerinin ve manuel olarak ekipman atamaları yapılmış Grup 2 operatörlerinin elleçlediği toplam konteyner sayısı, fiili çalışma süreleri ve işgücü verimlilikleri kayıt altına alınmış (Tablo 6) ve bu iki grup ortalama çıktı değerleri açısından anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmek üzere bağımsız örneklem t-test yapılmıştır (Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12).

Tablo 10’da t-test sonuçlarına göre, elleçlenen ortalama konteyner sayısı her iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Elleçlenen Ortalama konteyner sayısına bakıldığında Grup 1 operatörlerinin Grup 2’ye göre daha çok konteyner elleçlediği istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

**Tablo 10:** t-test: Two-Group Mean Comparison Test (Grup 1 ve Grup 2 Arasında Elleçlenen Ortalama Konteyner Sayısı)

##### Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	45	2221.378	20.63811	138.4447	2179.784	2262.971
2	45	1726.578	52.59779	352.8367	1620.574	1832.582
combined	90	1973.978	38.42998	364.5788	1897.618	2050.337
diff		494.8	56.50185		382.5144	607.0856

diff = mean(1) - mean(2)  
Ho: diff = 0

t = 8.7572  
degrees of freedom = 88

Ha: diff < 0  
Pr(T < t) = 1.0000

Ha: diff != 0  
Pr(|T| > |t|) = 0.0000

Ha: diff > 0  
Pr(T > t) = 0.0000

Elde edilen veriler arasında incelenilen bir başka konu ise, operatörlerin fiili çalışma sürelerinde her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığıdır. Her ne kadar her operatör teorik olarak bir günde 8 saat çalışsa da, işin yoğunluğuna göre ekipman boşa olabilir ve böylece operatörlerin fiili olarak ekipmanı kullandığı süreler bir vardiya süresi olan 8 saatten daha az olabilir. Bunu ölçmek için ise her iki grupta yer alan operatörlerin fiili olarak ekipmanları kullandıkları süreler kayıt altına alınmış ve Tablo 11’de her iki grup ortalama çalışma süreleri karşılaştırılmıştır. Buna göre p-değeri 0,4707 olduğu için, her iki grup operatörlerinin ortalama çalışma süreleri arasında anlamlı bir fark olmadığı anlaşılmaktadır.

**Tablo 11:** t-test: Two-Group Mean Comparison Test (Grup 1 ve Grup 2: Çalışılan Toplam İşgücü Saati)

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	45	176.2956	.6854548	4.59817	174.9141	177.677
2	45	175.5111	.8382715	5.623296	173.8217	177.2005
combined	90	175.9033	.5399738	5.122641	174.8304	176.9763
diff		.7844449	1.082842		-1.367477	2.936366
diff = mean(1) - mean(2)					t =	0.7244
Ho: diff = 0					degrees of freedom =	88
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = 0.7646		Pr( T  >  t ) = 0.4707		Pr(T > t) = 0.2354		

Gruplar arasında karşılaştırmalardan sonucunda ise ortalama verimlilikler arasında anlamlı bir farkın olup olmadığıdır. Tablo 12’de, iş gücü performansı (verimlilik) hesaplamalarına göre her iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmakta olup (0,0000), Grup 1 verimliliği Grup 2’ye göre daha fazla gerçekleşmiştir.

**Tablo 12:** t-test: Two-Group Mean Comparison Test (Grup 1 ve Grup 2: İşgücü Performansı (Verimliliği))

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	45	12.60113	.1091171	.7319796	12.38122	12.82104
2	45	9.855888	.3094104	2.075588	9.232312	10.47946
combined	90	11.22851	.2185806	2.073638	10.79419	11.66282
diff		2.745242	.3280873		2.093237	3.397246
diff = mean(1) - mean(2)					t =	8.3674
Ho: diff = 0					degrees of freedom =	88
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = 1.0000		Pr( T  >  t ) = 0.0000		Pr(T > t) = 0.0000		

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Modern işletmeciliğin ilk zamanlarından itibaren, temel araştırma konuları arasında yer alan çalışan performansını artırma hedefi, günümüz yüksek teknoloji girdilerin kullanılmasıyla beraber farklı bir boyut kazanarak, iş yükünün çalışanlara adil bir şekilde dağıtılmasına doğru yönelmiştir. İş yükünün adil dağıtılmaması, çalışanlar arasında çatışmalara sebep olarak motivasyon kaybına neden olabileceği gibi fiziksel güç kaybının adil dağıtılmamasından kaynaklı olarak süreç çıktılarında azalmalara da neden olabilecek ve böylece organizasyonlarda performans düşüklüğüyle neticelenebilecektir.

Bu çalışmada, bir liman saha operasyon faaliyeti olan konteyner elleçlemesi sürecinde kullanılan üç temel ekipmanı olan Rubber Tyred Gantry Crane (RTG), Reach Stacker (RS) ve Empty Stacker (ES)’in liman saha operasyonunda atamalarının adil dağıtımının işgücü performansına etkisi incelenmiştir. Bu üç saha operasyon ekipmanının, belirlenen adil iş yükü dağıtım kriterine göre atanan birinci operatör grubunun (Deney Grubu) çıktısı olan elleçlenen konteyner sayısı ve çalışılan fiili süre ile hesaplanan işgücü verimliliğine etkisini, aynı zaman diliminde aynı işin yapılmasında manuel (sezgisel) olarak atanan ikinci bir operatör grubunun (Kontrol Grubu) çıktılarıyla karşılaştırılması sonucu elde edilen performanslar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır.



Çalışmaya konu olan liman sahasında konteyner elleçleme operasyonu faaliyetinde, ekipmanların adil iş yüküne göre çalışanlara atamalarının yapılması, işgücü performansına (verimlilik) anlamlı bir şekilde olumlu etkisi olmuştur. Adil iş yükü dağıtımı yapılan Grup 1 operatörlerin elleçledikleri ortalama konteyner sayısı, manuel (sezgisel) atamayla aynı işi yapan Grup 2 operatörlerinden daha fazla olurken, performansları da (verimlilikleri) daha yüksek olduğu istatistiksel olarak da gözlemlenmiştir. İki grup arasında çalışılan fiili süre incelendiğinde ise istatistiksel olarak her iki grup ortalama çalışma süreleri bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmayla elde edilen bulgular, iş yükü dağıtımında, yöneticilerin sezgisel yöntemler yerine optimizasyon yöntemlerinin de içinde yer aldığı algoritmik yöntemlerin kullanılmasının çalışanların performansını olumlu etkilediğini göstermektedir. Bulgular ayrıca, belirli kriterlere göre (Ye vd., 2017), çalışanların farklı işlere eşit sayıda dağıtılarak rotasyona tabi tutulmasıyla iş yükünün adil bir şekilde dağıtılmasını sağlayarak (Corominas vd., 2005; Ernst vd., 2004) çalışan performansını arttırabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmadan elde edilen çıktılar, sadece saha çalışması olarak alınan konteyner limanlarında değil, diğer hizmet sektörlerinde ve imalat sanayiinde yer alan organizasyonlarda da kullanılabilir. Böylece farklı sektör uygulamalarıyla, bu çalışmanın konusu olan yöneticilerin algoritmik yöntemler kullanarak verdikleri kararların, çalışanlar üzerinde adil iş yükü algısına etkisinin ölçülmesine olanak sağlayacaktır.

Adil iş yükü dağılımının çalışanlar üzerindeki motivasyon artışı etkisi bireysel işgücü performansı artışını sağlamanın yanı sıra, organizasyonel ve makro ekonomik performans göstergelerine de yansıtacaktır.

Bundan sonraki akademik çalışmalarda ve uygulamalarda kullanılacak algoritmik yöntemler, sadece matematiksel programlama modelleriyle sınırlı kalmayacak, günümüzde çok sıklıkla literatürde yer alan makine öğrenmesi ve yapay zekanın da iş yükü dağılımı kararlarında etkin bir şekilde kullanılacaktır. Bu kompleks yöntemlerin kullanılması için gerekli bilgi, üniversite-sanayi iş birlikleriyle gerçekleştirilebilir.

**KAYNAKÇA**

- Adams, J. S. (1963). Towards an understanding of inequity. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 67(5), 422-436.
- Battarra, M., Fraboni, F., Thomasson, O., Erdoğan, G., Laporte, G., & Formentini, M. (2021). Algorithms for the Calzedonia workload allocation problem. *Journal of the Operational Research Society*, 72(9), 2004-2017.
- Bertsimas, D., Lulli, G., & Odoni, A. (2011). An integer optimization approach to large-scale air traffic flow management. *Operations Research*, 59(1), 211-227.
- Borba, L., & Ritt, M. (2014). A heuristic and a branch-and-bound algorithm for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Computers & Operations Research*, 45, 87-96.
- Cesani, V. I., & Steudel, H. J. (2005). A study of labor assignment flexibility in cellular manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 48(3), 571-591.
- Claire, H., Kim, S., Kizilcec, R. F., & Jung, M. (2023). The social consequences of machine allocation behavior: Fairness, interpersonal perceptions and performance. *Computers in Human Behavior*, 146, 107628.
- Cohen-Charash, Y., & Spector, P. E. (2001). The role of justice in organizations: A meta-analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 86(2), 278-321.
- Colquitt, J. A., Conlon, D. E., Wesson, M. J., Porter, C. O., & Ng, K. Y. (2001). Justice at the millennium: a meta-analytic review of 25 years of organizational justice research. *Journal of applied psychology*, 86(3), 425.
- Corominas, A., Ojeda, J., & Pastor, R. (2005). Multi-objective allocation of multi-function workers with lower bounded capacity. *Journal of the Operational Research Society*, 56(6), 738-743.
- Eiselt, H. A., & Marianov, V. (2008). Employee positioning and workload allocation. *Computers & Operations Research*, 35(2), 513-524.
- Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 3-27.
- Gökmoğol, M.R., (2021). *Lojistik Kavramları Sözlüğü*. GK Kitap Yayınları.
- Güler, N. (2008). *Konteyner Limanı Operasyon Yönetimi*. M. Erdal (Ed.), *Konteyner Deniz ve Liman İşletmeciliği*. (s.165-181) içinde. Beta.
- Hull, R. (2006). Workload allocation models and “collegiality” in academic departments. *Journal of organizational change management*, 19(1), 38-53.
- Janssen, O. (2001). Fairness perceptions as a moderator in the curvilinear relationships between job demands, and job performance and job satisfaction. *Academy of Management Journal*, 44(5), 1039-1050.
- Kim, M., Ford, E., Smith, W., Bowen, S. R., Geneser, S., & Meyer, J. (2021). A system for equitable workload distribution in clinical medical physics. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 22(12), 186-193.
- O’Meara, K., Jaeger, A., Misra, J., Lennartz, C., & Kuvaeva, A. (2018). Undoing disparities in faculty workloads: A randomized trial experiment. *PLoS One*, 13(12), e0207316.
- Pereira, J., & Ritt, M. (2023). Exact and heuristic methods for a workload allocation problem with chain precedence constraints. *European Journal of Operational Research*, 309(1), 387-398.
- Podsakoff, N. P., LePine, J. A., & LePine, M. A. (2007). Differential challenge stressor-hindrance stressor relationships with job attitudes, turnover intentions, turnover, and withdrawal behavior: a meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 92(2), 438.
- Tümiş, O. (2008). *Konteyner Limanı Operasyon Yönetimi*. M. Erdal (Ed.), *Konteyner Deniz ve Liman İşletmeciliği*. (s.83-164) içinde. Beta.
- Ye, Q. C., Zhang, Y., & Dekker, R. (2017). Fair task allocation in transportation. *Omega*, 68, 1-16.