

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İMALAT SEKTÖRÜNDE FORMENLER İÇİN VARDİYA ÇİZELGELEME
PROBLEMİNİN AHP- HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜMÜ

Emre VARLI

MART 2017



ÖZET

İMALAT SEKTÖRÜNDE FORMENLER İÇİN VARDİYA ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN AHP- HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜMÜ

VARLI, Emre

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tamer EREN

Mart 2017, 105 sayfa

Günümüzde her bir kurum veya kuruluşta çalışan personellerin iyi bir çalışma çizelgelerinin yapılması hem ilgili işletmenin verimli bir şekilde faaliyetlerini sürdürmesi hem de çalıştırdığı personelin memnuniyeti açısından çok önemli bir unsurdur. Personellerin verimliliklerinin ve iş tecrübelerinin artırılması, fiziksel ve zihinsel açıdan kendilerini iyi hissetmeleri gibi unsurlar dikkate alınmak istendiğinde personel vardiyalarının doğru ve istenilene uygun planlanması çok büyük bir öneme sahiptir. Vardiyaların en iyi şekilde planlanması, işletmeler açısından ise verilen hizmetin aksatılmaması, çalıştırdığı personellerden en iyi verimin alınması, aylık çalışma planının daha hızlı bir şekilde yapılması gibi unsurlar sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, rulman sektöründe faaliyette olan bir fabrikada çalışan formenlerin fabrikanın çalışma kuralları dikkate alınmıştır. Mevcut çalışma durumu ve ilerleyen zamanlarda oluşabilecek farklı problemler ve özel istekleri dikkate alınarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Oluşturulan matematiksel modeller mevcut durum, senaryo 1, senaryo 2, senaryo 3 ve senaryo 4 olarak ele alınmıştır. Mevcut durumda normal çalışma kuralları, senaryo 1’de formenlerin belirli bölümlerde çalışması veya çalışmaması koşulları kullanılmıştır. Senaryo 2’de formenlere verilen

Özel izin günlerinden, senaryo 3'te formenlere hafta sonu çalışma günlerinde verilen izinlerden bahsedilmiştir. Senaryo 4'te ise Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemini ile formenleri tecrübelerine göre sınıflandırarak belirlenmiş olan vardiyalara formenleri tecrübelerine göre dağıtılmasından bahsedilmiştir. Matematiksel modellerin çözümünde ILOG Cplex Optimizasyon programından yararlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Personel izelgeleme, Hedef Programlama, Analitik Hiyerarşi Prosesi



ABSTRACT

SOLUTION OF THE SHIFT SCHEDULING PROBLEM FOR THE FOREMANS IN THE MANUFACTURING SECTOR WITH AHP-GOAL PROGRAMMING

VARLI, Emre

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, Master Science Thesis

Supervisor: Associate Prof. Dr. Tamer EREN

March 2017, 105 Pages

Nowadays, it is very important to make good working schedules for the personnel working in each company or organization and to be satisfied both in terms of the efficiency of the related business and the satisfaction of the staff that they work with. The correct and desired appropriate planning of the staff's shifts has a very big precaution when desired to take into consideration factors such as the efficiency of the staff and the increase of work experience, and the feeling of being physically and mentally well. In terms of the enterprises where the best planning of the shifts that the service is provided without interruption, the best efficiency is obtained from the employees and the monthly working plan is made faster. In this study, mathematical models were developed using different problems and special requirements that can occur in the current working situation as well as in the future, taking into account the working rules of the foreman working in a factory operating in the bearing industry. The generated mathematical models are discussed as the current situation, scenario 1, scenario 2, scenario 3 and scenario 4, respectively it. In the study, is mentioned that the normal rules of operation in the current situation that the foremen work in certain sections or not in scenario 1 that the foreman given from special holidays in scenario 2 that the holidays given on the weekend working days of the foremen in scenario 3 and that the foreman of the shift is determined by the distribution of the experiences as classifying them according to the foreman of experience with the Analytic

Hierarchy Process method in scenario 4. ILOG Cplex Optimization program is to solve mathematical models.

Key Words: Staff Scheduling, Goal Programming, Analytic Hierarchy Process



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımını esirgemeyen ve bana büyük destek olan tez yöneticisi çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Tamer EREN'e, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm hocam Sayın Arş. Gör. H. Mehmet ALAĞAŐ'a, büyük fedakarlıklarla bana destek olan arkadaşım Bekir ELİTOK'a ve son olarak birçok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da bana manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. PERSONEL ÇİZELGELEME	4
2.1. Vardiya Çizelgeleme	6
3. HEDEF PROGRAMLAMA	8
3.1. Hedef Programlamanın Yapısı	9
3.2. Hedef Programlamanın Formülasyonu	9
3.3. Hedef Programlamada Öncelik Yöntemi	10
3.4. Hedef Programlamada Ağırlıklandırma Yöntemi	11
3.5. Hedef Programlama Modelinin Avantajları ve Dezavantajları	11
4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ	12
4.1. Karar Verme Probleminin Tanımlanması	13
4.2. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması.....	13
4.3. Kriterlerin Yüzde Olarak Önem Dağılımlarının Belirlenmesi	14
4.4. Kriter Kıyaslamasında Tutarlılık Ölçülmesi	15
4.5. Her bir Kriter İçin, x Karar Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımlarının Bulunması.....	17
4.6. Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması	17
5. LİTERATÜR TARAMASI	18

5.1. Vardiya Çizelgeleme	18
5.2. İş Gücü Çizelgeleme	21
5.3. Hemşire Çizelgeleme	28
5.4. Ekip Çizelgeleme	33
5.5. Tur Çizelgeleme	35
5.6. Literatür Sınıflandırma	37
5.7. Diğer Alanlarda Yapılan Çizelgeleme	37
6. UYGULAMA	44
6.1. Problemin Tanımlanması	45
6.2. Oluşturulan Matematiksel Modeller.....	47
6.2.1. AHP Yöntemi ile Formenler İçin Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi ...	48
6.2.2. Kriterler Arasında Karşılaştırma Matrisi İçin Puanların Belirlenmesi	50
6.2.3. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	50
6.2.4. Kriterlerin Yüzde Olarak Önem Dağılımlarının Belirlenmesi.....	51
6.2.5. Kriterlerin Tutarlılıklarının Ölçülmesi.....	52
6.2.6. Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Sınıflandırılması	53
7. SONUÇ	84
KAYNAKLAR	85
EKLER	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Önem Skalası	14
4.2. Rasgele Gösterge Değerleri.....	16
5.1. Vardiya Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler	21
5.2. İş Gücü Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler	27
5.3. Hemşire Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler	32
5.4. Ekip Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler	35
5.5. Tur Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler	36
5.6. Diğer Alanlarda Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler.....	42
6.1. Kriterler ve Formenlere Ait Olan Bilgiler.....	49
6.2. Formenlerin Kriterlere Göre Aldıkları Puanlar.....	50
6.3. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi	50
6.4. Kriterler Arası Elde Edilen Normalize Matris	51
6.5. Kriterler Arasındaki Önem Ağırlıkları.....	52
6.6. D Sütun Vektörü ve E Temel Değer Vektörü	52
6.7. Formenlerin Her Bir Kriter İçin Aldıkları Puanlar	54
6.8. Formenlerin Tecrübelerine Göre Aldıkları Puanlar	55
6.9. Matematiksel Modellemelerde Kullanılan İndisler ve Değerleri.....	56
6.10. Matematiksel Modeller Oluşturulurken Kullanılan Kısıtlar	64
6.11. Mevcut Durum İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı.....	65
6.12. Senaryo 1 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı	67
6.13. Senaryo 2 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı	70
6.14. Senaryo 3 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı	72
6.15. Senaryo 4 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı	75
6.16. Senaryo 4 İçin Ana Binada Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı	78
6.17. Ana Binada Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiyalar	78
6.18. Senaryo 4 İçin Torna Bölümünde Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı ..	79
6.19. Torna Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiyalar	79

6.20. Senaryo 4 İçin Dövme Bölümünde alışan Formenlerin Aylık alışma Planı	80
6.21. Dövme Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiyalar.....	80
6.22. Senaryo 4 İçin Ovalama Bölümünde alışan Formenlerin Aylık alışma Planı	81
6.23. Ovalama Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiyalar.....	81
6.24. Senaryo 4 İçin Isıl İşlem Bölümünde alışan Formenlerin Aylık alışma Planı	82
6.25. Isıl İşlem Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiyalar.....	82



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Genel Hiyerarşik Yapı	12
6.1. Formenlerin Tecrübelerine Göre Sınıflandırılması.....	55



KISALTMALAR DİZİNİ

AY	Aile Yapısı
A	Akşam
AB	Ana Bina
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
CI	Tutarlılık Göstergesi
CR	Tutarlılık Oranı
D	Dövme
FÇY	Fabrikada Çalıştığı Yıl
F	Formen
G	Gece
HP	Hedef Programlama
I	Isıl İşlem
İB	İletişim Becerisi
MD	Mevcut Çalışma Durumu
O	Ovalama
P	Puan
RI	Rasgele Gösterge
S	Sabah
S1	Senaryo 1
S2	Senaryo 2
S3	Senaryo 3
S4	Senaryo 4
SE	Sertifika ve Eğitim
TY	Tecrübe Yılı
T	Torna

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok organizasyonda müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için doğru zamanda, doğru yerde ve doğru becerilere sahip bir çalışan belirlemek önemli bir faktördür. Personel çizelgeleme, personellerin atama ve planlanması için optimize edilmiş çalışma sürelerini düzenleme olarak tanımlanabilir. Bu konu son yıllardır çok fazla ilgi odağı olmuştur ve bir kuruluş, çalıştırdığı personelin memnuniyet konusunda tatmin ederek iç ve dış rekabeti dengeli bir şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır.

Personel atama problemleri bağlı olunan iş yeri anlaşmaları doğrultusunda, bireysel çalışma tercihleri dikkate alınarak farklı hizmet türlerini karşılamak için nitelikli personel tahsis etmeyi gerektirir. Bu problemler son derece karmaşık ve kısıtlı optimizasyon problemleridir. Sektörden sektöre problemlerin çözümü için özel ihtiyaçlar modele eklenebilir. Bu modeller gerçekçi ve doğru çözümler elde etmek adına birçok çözüm tekniğini, bir veya birden daha fazlasını aynı anda kullanılarak ve matematiksel modeller oluşturularak çözülmektedir (Ernst vd. 2004a).

Bu konuda ilk yapılan çalışmalar ve üzerinde tartışılan çalışma Edie tarafından 1954'te günün farklı zaman dilimlerinde belirli hizmeti sağlamak için operatör sayısını ve gişe sayılarını hesaplamak için olasılık teorisini kullanarak problemi çözmeyi hedeflemiştir.

Bir diğer çalışmada Dantzing tarafından 1954'te araç kabin operatörlerini planlamak adına liner programlamayı kullanmıştır. Çalışmasında ihtiyaç duyulan iş gücünün yeterli sayıda ya da bundan daha fazla olması şartı ile maliyeti minimize etmek istemiştir. Kullandığı modelde iş gücü için atanan personel eksikliğini engellerken iş gücünün olması gerektiğinden fazla olmasına izin vermiştir. Fakat amaç fonksiyonunda maliyeti en küçüklediği için fazla işgücü konusunu sınırlamıştır.

Personel çizelgeleme problemi, çalışılan yere göre ihtiyaç duyulan personel sayısını belirlemek ve bazen personel isteklerini dikkate alarak bazen de istekleri varsayarak personelin yıllık ve haftalık izin günleri, fazla mesai, vardiya günleri, çalışması gereken işgücü zamanı, hangi iş dalında uzman ise o iş dalına atama yapılması, çalışılan yıla göre kıdem düzeylerini belirlemek gibi problemleri geliştirilen

matematiksel model ile gerçeğe uygun bir şekilde çözmeyi kapsamaktadır. Amaç personel memnuniyetini artırarak verimliliği maksimize etmek veya izin günleri, vardiyalar, fazla mesai ve buna benzer konularda düzenlemeler yaparak maliyeti minimize etmek olabilir. Her işletmenin kendine özgü bir çalışma standardı olduğundan literatürde ve yapılan çalışmalarda çok fazla farklı kısıt ve modele rastlanılmıştır. Günümüz çalışmaları her geçen gün artan teknolojik gelişmeler sayesinde daha kolay ve zaman anlamında daha çabuk çözüme ulaşıldığını göstermektedir.

Personel çizelgelemenin kullanıldığı pek çok alan vardır. Bunlara değinecek olursak hemşire vardiyalarının düzenlenmesi, spor müsabakalarında yapılan spora göre program oluşturulması, uçaklarda, otobüslerde ve trenlerde çalışan personelin çalışma günlerinin planlanması ve vasıtaların ulaşım yerlerinin planlanması, bankalarda veya fabrikalarda çalışan personellerin iş gücünün planlanması, turizm ve otel işletmelerinde çalışan personellerin atamaları, perakende sektöründe çalışan personeller gibi alanlardaki bir çok problemin çözümünde personel çizelgelemede kullanılan modeller ve teknikler yoğun bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada rulman sektöründe öncü bir fabrikada çalışan formenlerin belirli bir çalışma periyodundaki vardiyalara dengeli, adaletli ve fabrikanın iş gücü aksatılmadan vardiya çizelgeleme üzerine birkaç matematiksel model geliştirilmiştir. Oluşturulan matematiksel modellemelerde mevcut çalışma sistemi ve ilerleyen zamanlarda oluşabilecek bazı durumlar farklı açılardan ele alınmıştır. 5 farklı matematiksel model geliştirilmiştir. Bunlar: Mevcut çalışma durumu, senaryo 1, senaryo 2, senaryo 3 ve senaryo 4 olarak tanımlanmıştır. Matematiksel modellerde şu şekilde kriterler baz alınmıştır. Mevcut çalışma durumunda fabrikanın iş kuralları, senaryo 1’de birkaç formenin bazı bölümlerde çalışması veya çalışmaması, senaryo 2’de formenlerin istedikleri günlerde izinli olması, senaryo 3’te formenlere aylık çalışma planında hafta sonları izin verilmesi, senaryo 4’te ise Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanarak formenleri tecrübelerine göre sınıflandırma ve bu elde edilen sonuca göre tecrübesi çok olan formenler ile tecrübesi az olan formenlerin aynı vardiyaya atanması gibi farklı açılardan personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışmada fabrikanın Dövme Torna İmalat Müdürlüğü’ne bağlı bölümler dikkate alınarak formenlerin vardiyalara atamaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde personel çizelgelemenin öneminden ve vardiya çizelgeleme probleminden, üçüncü bölümünde hedef programlamanın yapısından, dördüncü bölümünde analitik hiyerarşi prosesi yönteminden, beşinci bölümünde yapılan literatür taramasından altıncı bölümünde fabrikada yapılan uygulamadan ve son olarak yedinci bölümünde elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir.



2. PERSONEL ÇİZELGELEME

Personel çizelgeleme problemi son yıllarda her kurum ve kuruluşun ilgilendiği popüler bir problem haline gelmiştir. Geçmişten günümüze kadar pek çok alanda çalışan personellerin haftalık, aylık veya yıllık çalışma çizelgelerinin en iyi şekilde hazırlanması hem piyasada rekabet etme açısından hem de işletmelerde çalışan personeli daha verimli kullanmak açısından büyük bir öneme sahiptir. Çalışan personellerin fiziksel ve zihinsel durumlarının tatmin edilmesiyle insanlara verilen hizmet arasında pozitif anlamda bir ilişki vardır. Buna bağlı olarak her bir personelin çalışma sürelerinin ve çalışma koşullarının iyi planlanması gerekmektedir. Personel çizelgeleri her işletmenin çalışma kurallarını benimseyerek personellerin çalışma alanları ile ilgili özel istekleri birlikte düşünülerek hazırlanmaktadır. Personel çizelgeleme problemleri sistematik bir süreçtir ve ilk olarak iş gücü gereksinimlerini daha sonra her bir çalışan personelin yapacağı iş sürelerinin belirlenmesi gereklidir (Ernst vd. 2004b).

Personel çizelgeleme problemleri ile geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalarda çok farklı çizelgeleme sınıflandırmaları yapılmıştır. Bu alanda ilk sınıflandırma Baker tarafından (1976) yılında gerçekleştirilmiştir. Baker personel çizelgeleme problemini 3 ana grupta incelemiştir. Bunlar: Vardiyaların planlanması, izin günlerinin çizelgelenmesi ve nöbetlerin çizelgelenmesidir. Tien ve Kamiyana (1982) yılında başka bir sınıflandırma yapmıştır. Yazarlar bu problemi 5 alt grupta incelemiştir. Bunlar: zamana göre personel ihtiyacı, toplam personel gereksinimi, dinlenme ve izin unsurları, çalışma çizelgeleri ve vardiya çizelgelemedir. Caprara vd. (2001) yılında uçaklarda çalışan personellerin çizelgelerini için sınıflandırma yapmıştır. Bunlar: ekip eşleştirmelerinin oluşturulması, ekip eşleştirme optimizasyonu ve ekip atamalarıdır. Van den Bergh vd. (2013) yılında personel çizelgeleme problemlerini çok farklı açılardan sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırmalar şu şekildedir: Personel karakteristiklerine göre iş sözleşmeleri, nitelikleri ve bireysel veya takım halinde çalışmalarıdır. Karar türlerine göre; görevleri, vardiya sıralamaları, iş süreleri ve diğer karar türleridir. Vardiyalardaki esnekliklere göre; çakışan vardiyalar, vardiya başlama zamanları ve vardiya uzunluklarıdır. Kısıtlara göre; sıkı kısıtlar ve gevşek kısıtlardır.

Çözüm tekniğine göre; matematiksel programlama, sezgisel yöntemler, simülasyon, kısıt programla, kuyruk modelleri ve diğer yöntemlerdir.

Yukarıda bahsedilen pek çok yazar personel çizelgeleme problemlerini farklı açılardan sınıflandırmışlardır. Literatürde yapılan bu sınıflandırmalar ve incelenen çalışmalar birlikte değerlendirilerek personel çizelgeleme alanında ele alınan başlıca alt problemler şu şekildedir: Vardiya çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, görevli atama ve nöbet çizelgeleme problemleridir. Bu problemler personel çizelgeleme problemleri arasında en popüler problemler olarak gösterilebilir. Yapılan bu çalışmada bir fabrikada çalışan personellerin vardiya çizelgeleme problemleri ele alınmıştır. Dolayısıyla vardiya çizelgeleme problemleri her açıdan değerlendirilerek anlatılmıştır.

Personel çizelgeleme problemleri konusunda neredeyse her alanda pek çok çalışma vardır. Ulaşım sistemlerinde, sağlık sistemlerinde, sivil ve kamu hizmetlerinde, koruma ve acil servislerde, turizm ve otelcilik alanında, perakende yönetiminde çok farklı prensipler ve kurallar ışığında literatürde çalışmalar mevcuttur.

Ulaşım Sistemleri: Bu alanda yapılan çalışmalar genellikle ekip çizelgeleme olarak bilinirler. Ulaşım sistemlerinde uçaklar, trenler, toplu taşıma araçları ve otobüsler dahildir. Bu tür problemlerin ortak özellikleri için dikkate alınması gereken hususlar şunlardır: Her işin başlama zamanı ve yeri, bitiş zamanı ve yeri tanımlanmalıdır ve tüm işlerin yerine getirilebilmesi için personellere verilen süreler tanımlanmalıdır. Örnek olarak tren yolculuğunda birden fazla tren güzergahı, bir yolculukta birden fazla otobüs durağı, uçak güzergahları gibi bu ulaşım çeşitlerinin hepsinde iş süreleri baz alınarak çizelgelenmeler oluşturulur (Ernst vd. 2004a).

Sağlık Sistemleri: Sağlık sistemlerinde personel çizelgelenmeleri için geliştirilen en önemli unsur hemşire çizelgeleme alanında olmuştur. Bir hastanede farklı tıbbi kliniklere ihtiyaç duyulan personelin sağlanması gerekmektedir. Geçici ve kalıcı personellerin sağlanması, çalışan tercihlerini dikkate alarak verilen izin günleri, gece ve hafta sonu vardiyaları adil ve dengeli bir şekilde dağıtılmalıdır (Ernst vd. 2004a).

Sivil ve Kamu Hizmetleri: Bu bölümde personel çizelgelemenin önemi halka sunulan hizmetlerin ve aynı zamanda maliyetlerin iyileştirilmesidir. Askeri hizmetler, posta servisleri, diğer sosyal güvenlik hakları, pansiyonlara gelen talepler sivil ve kamu hizmetleri bu alanda yapılan çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Koruma ve Acil Servisler: Bu alanda yapılan çalışmalar polis, ambulans, itfaiye ve güvenlik hizmetleri gibi alanlarda çalışan personelleri kapsamaktadır. Bu tür olayların olma sıklığı değişkenlik gösterir çünkü herhangi bir günde, haftada ve mevsimde farklı zaman dilimlerinde farklı planlama yapılması gerekebilir.

Turizm ve Otelcilik: Turizm ve otelcilik konusu turistik tatil köyleri, oteller ve fastfood restoranlarını kapsar. Bir otel işletmesinin maaş bordrosu ve ilgili masraflar toplam maliyetin en büyük kısmına sahiptir, o yüzden personel çalışma planlarının bu maliyeti azaltmak konusunda önemli bir yere sahiptir. Bu sektörlerde gece ve hafta sonları vardiya ihtiyaçları ve çeşitli niteliklere göre sınıflandırılmış çalışanlar vardır. Örneğin garson, otel odalarının temizlenmesi ve bakımı için çalıştırılan görevli, resepsiyon, muhasebeci ve buna benzer çalışan işçilerdir (Ernst vd. 2004a).

Perakende: Personel çizelgelemenin önemli olduğu bir diğer sektörde perakende işleridir. Bu alanda uygulamalar çağrı merkezinin planlanmasında kullanılan yöntemlerle benzerlik göstermektedir çünkü alışveriş yapan müşteriler tezgahtar olarak veya çağrı tutan personeller gibi modellenmiş olabilir (Tomas Olive, 2010).

2.1. Vardiya Çizelgeleme

Vardiya çizelgeleme her bir vardiyada ihtiyaç duyulan çalışan sayısını karşılayarak onların en uygun vardiyalara atanması problemidir (Wright ve Mahar, 2012). Vardiya çizelgelemede, her bir çalışan personelin işletmenin belirlediği vardiyalara dengeli ve adaletli bir şekilde atanmaları çok önemlidir. Vardiya atamaları her bir işletmenin farklı iş kuralları dikkate alınarak yapıldığında bir veya birden fazla iş kuralıyla çalışmak gereklidir. Çizelgelemenin ilk safhasında vardiyaları sınıflandırmak dikkate alırsa her bir çalışma durumu farklı olacaktır (Ernst vd. 2004a). Vardiyalar planlanırken personellerin ardı ardına olan vardiyalara atanmaması, yemek molaları, çalışma zamanları gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Genellikle üç vardiya çalışan işletmeler veya işletmenin gece vardiyalarında çalışan tüm personelinin vardiya atamaları adil ve dengeli bir şekilde olması çok önemlidir. İşletmelerin vardiya çizelgeleme problemin etkin bir şekilde kullanarak çalıştırdıkları personellerin memnuniyetini, kalitesini, işletme giderlerini ve atıl zaman gibi konularda

iyileştirmeler yapabilirler. Bunlara ek olarak işletmenin iş kuralları matematiksel modellemelerde kullanılarak gerçeğe uygun ve farklı vardiya çizelgeleri elde edilebilir (Varli ve Eren 2016).

Vardiya çizelgeleme yapılırken sadece çizelgeleme yapılmasından ziyade personellerin izin günleri, aylık izinleri ve işletme dışı görevlendirmelerde çalışmadığı günler ayrı ayrı veya bir arada dikkate alınarak vardiya çizelgeleri oluşturulmaktadır. Vardiya çizelgeleri yapılırken çalışan personelin istekleri doğrultusunda izin günleri veya yıllık tatil günleri de aynı anda değerlendirilebilir (Al-Yakoob ve Sherali 2007a). Personellere verilen tatil günlerinin de vardiya çizelgesinin bir parçası olarak kullanılabilir (İllig 2007).

Vardiya çizelgelerinde bir de personellerin uzman oldukları iş kollarında veya bölümlerde ağırlıklı olarak çalıştırılması bazen istenilmektedir. Bu tarz problemlerin hem vardiya çizelgelerinin yapılması hem de personellerin uzman oldukları alanlarda çalıştırılması birlikte düşünüldüğünde zaman anlamında uzun sürmektedir. Ek olarak bu problemin uzman bir kişi tarafından el ile yapılması çok zordur. Böyle problemler için matematiksel bir model geliştirilerek yapılması her açıdan fayda sağlamaktadır. Öte yandan en optimal çizelgeleme elde edilmiş olacaktır.

3. HEDEF PROGRAMLAMA

Hayatımızın birçok bölümünde bazı kararlar alırız. Bu kararların tümünün istenilen şekilde gerçekleşmesi çoğu zaman mümkün olmayabilir. Hedef programlama, birden fazla kararın istenilen hedeflere ulaşılması ya da bu hedeflere yakın sonuçlar elde edilmesi adına kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Hedef programlamada (HP) her bir hedef kısıtını birer amaca dönüştürerek bu amaçlardaki sapmaları minimize etmek amacıyla hedeflere ulaşılması sağlanmaktadır (Tamiz ve Jones, 1997).

Hedef Programlamada tüm hedefleri gerçekleştirmek zordur. Bu nedenle problemdeki istenilen optimal sonuçlar kümesinde en iyi tatmin eden çözüm elde edilmeye çalışılır. HP' de tatmin edici çözüm elde edilmesi için ilk olarak hedefler ve bu hedefler için öncelikleri belirlenmesi gerekmektedir. Öncelik sırasına göre istenilen hedefler gerçekleştirilir (Öztürk, 2004).

Hedef programlama diğer optimizasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik "tatminkarlık" unsurudur. Yapılan çalışmalarda modeldeki tek bir amaç fonksiyonu maksimize veya minimize yapılmaya çalışılmaz. Hedef programlama modeli ile modeli oluşturan kişiler hedeflerini en yakın değerde gerçekleştirmeye çalışırlar (Ignizio ve Romeo, 2003). HP modelinin tümü birçok hedeflere ulaşmayı sağlar. Bu hedeflere mümkün olduğu kadar yakın elde etmek HP' nin temel amacıdır. Bu nedenle "tatminkarlık" HP' nin başlangıç temelini oluşturur (Jones ve Tamiz, 2009).

Hedef Programlama ile ilk olarak (1955) yılında Charnes ve arkadaşlarının yaptığı çalışma olmuştur daha sonra Charnes ve Choper (1961)' de hedef programlama ile ilgili başka bir çalışma yapmışlardır. (1972) yılında Lee'nin yaptığı çalışmayla hedef programlama geliştirilmiştir. Bu yöntem çok kriterli karar verme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Dağdeviren ve Eren, 2001).

3.1. Hedef Programlamanın Yapısı

Hedef programlama beş ana bileşenden oluşur. Bunlar: Karar değişkenleri, sistem kısıtları, hedef kısıtları, amaç fonksiyonları ve birleşik amaç fonksiyonudur (Öztürkoğlu, 2004).

Karar Değişkenleri: Modelde karar verici tarafından belirlenmek istenen bilinmeyen değişkenlerdir.

Sistem Kısıtları: Modelde kullanılan olmazsa olmaz kısıtlardır. Hiçbir şekilde taviz verilmeyen katı kısıtlar da denebilir. Bu kısıtlar elde kıt kaynakları tanımlar.

Hedef Kısıtları: Ulaşılmak istenilen amaçlar için oluşturulmuş kısıtlardır. Bu kısıtlar sistem kısıtları gibi katı ve değişmez değerlerdir. Hedef kısıtlarına eklenen sapma değişkenleri en küçüklenecek şekilde, sistem kısıtlarından sonra istenilen hedefler gerçekleştirilmeye çalışılır. Tam anlamıyla hedefe ulaşılmışsa sapma değişkenleri sıfırdır. Hedef tam anlamıyla sağlanmamışsa negatif veya pozitif sapma değişkenleri meydana gelir.

Amaç Fonksiyonları: Modelde kullanılan amaç fonksiyonuna istenilen hedef kısıtlarındaki sapma değişkenlerinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Birleşik Amaç Fonksiyonu: Modeldeki tüm amaç fonksiyonlarının belirli bir öncelik sıralarına göre veya ağırlıklarına göre toplam şekilde yazılmasıdır.

3.2. Hedef Programlamanın Formülasyonu

HP' de doğrusal optimizasyondaki gibi amaç fonksiyonu doğrudan maksimize veya minimize yapılmaya çalışılmaz. Burada hedef kısıtlarda kullanılan sapma değişkenler en küçükleme yapılmaya çalışılır. Sapma değişkenler negatif veya pozitif yönde değerler alabilir.

Hedef programlama matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Charnes ve Cooper, 1977):

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

$$\sum_{j=1}^n k_{ij}y_j + d_i^+ + d_i^- = l_i$$

$$d_i^+ * d_i^- = 0$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1\dots k \quad j=1\dots n$$

Değişkenler

y_j : j. Karar değişkeni

k_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

l_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni

3.3. Hedef Programlamada Öncelik Yöntemi

Bu yöntemde hedefler modeli oluşturan kişiler tarafından öncelik sırası en yüksekten en düşüğe göre sıralanır. Öncelik sırasına göre hedef kısıtlarındaki fonksiyonlar sırasıyla yazılarak model çalıştırılır. Daha sonra çıkan sonuç modele eklenir ve diğer öncelikli hedef amaç fonksiyonunda çalıştırılır. Bu aşamalar tekrarlanarak hedeflere ulaşılmaya çalışılır. Amaç fonksiyonunda P_1, P_2, \dots, P_n önem derecelerini gösterir (Taha, 1987). n hedefli bir hedef programlama modelinde öncelik yöntemi kullanılarak oluşturulan örnek amaç fonksiyonu:

$$\text{Min}Z = P_1(d_1^-) + P_2(d_2^+) + P_3(d_3^+) + \dots + P_n(d_n^+)$$

3.4. Hedef Programlamada Ağırlıklandırma Yöntemi

Bu yöntemde gerçekleşmesi istenen hedeflere ağırlık puanları verilerek hedefler tek bir amaç fonksiyonuyla kullanılır. k hedefli bir hedef programlama modelinin ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak oluşturulmuş örnek amaç fonksiyonu;

$$\text{Min}Z = W_1G_1 + W_2G_2 + W_3G_3 + \dots + W_nG_n$$

Burada W_i , $i=1,2,\dots,k$, her bir hedefe karar vericinin verdiği önemi yansıtan pozitif ağırlıklardır. W_i değerleri toplamı 1 olması gerekir ve kişisel yöntemlerle belirlenirler. (Taha, 1987).

3.5. Hedef Programlama Modelinin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

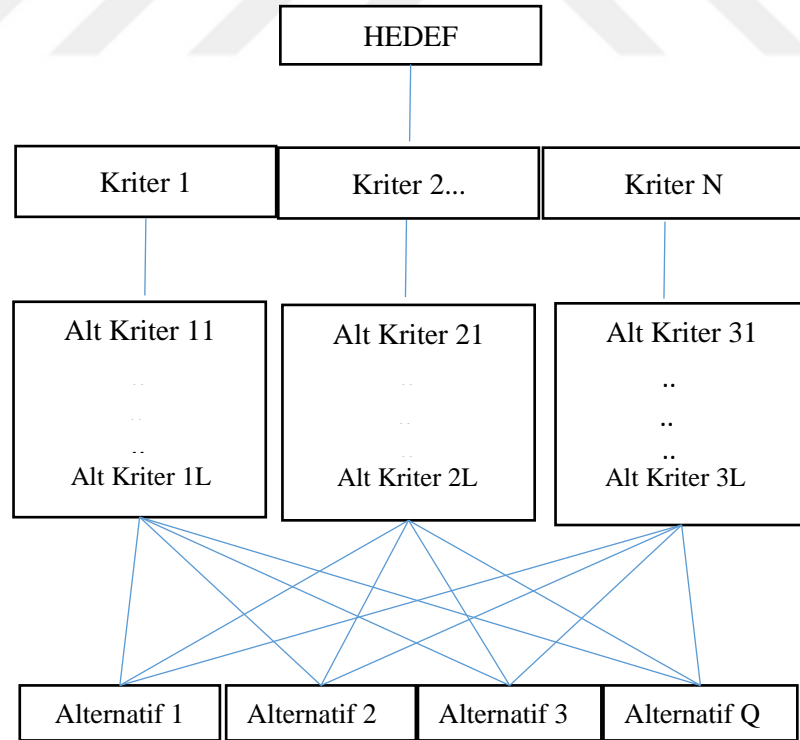
- Hedef programlama ile birden fazla amaca sahip modeller çözülebilir.
- Kullanılan her çalışmada hedeflerin öncelikleri bakımından optimal bir sonuç verirken, birbirleriyle ters olan amaç fonksiyonlarının birlikte kullanılmasına olanak sağlar.
- Modelde kullanılan hedef kısıtları olmazsa olmaz katı çizgiler yerine daha esnek bir tutumla belirlenir.
- Matematiksel hesaplanmasında Simpleks yöntem kullanıldığından elde edilen sonuç hızlı hesaplanır.
- Doğrusal programlamada çözüm bulunmadığında, Hedef programlama ile uygun bir çözüme yakın sonuç elde edilebilir.

Dezavantajları

- Elde edilen sonuç her zaman beklenen veya istenilen sonuçları doğurmayabilir.
- Modelde kullanılan hedef kısıtlarının öncelikleri veya ağırlıkları modeli oluşturan kişi tarafından verildiğinden öznel bir yapıya sahiptir.
- İki veya daha fazla amaç fonksiyonu kullanıldığından karmaşık bir modelleme ile çalışılabilir.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ilk olarak Myers ve Alpert tarafından (1968)' de ortaya atılmış daha sonra (1977) yılında Saaty tarafından bir model geliştirilerek belirli bir kriterler ile karar verme yöntemi haline getirilmiştir (Yaralıoğlu, 2001). AHP karar kriterlerinin oluşturulması halinde, kararı etkileyen faktörler tarafından karar kriterlerinin yüzdelik olarak dağılımını veren bir karar verme yöntemi olarak tanımlanabilir (Saaty, 1994). Saaty çalışmaları sonucunda günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan, sistematik bir karar verme yöntemi olan AHP yöntemini geliştirmiştir (Aydın, 2008). AHP çözülebilmesi güç problemleri basite indirgeyerek, anlaşılır bir durumda tüm kriterleri hiyerarşik bir vaziyette analiz ve bu analizden sonuç elde edilmesine olanak vermektedir (Çam ve Toraman, 2003). AHP yöntemiyle hiyerarşik bir karar verilmek istendiğinde aşağıdaki Şekil 4.1'deki yapı kullanılmaktadır.



Şekil 4.1. Genel Hiyerarşik Yapı

AHP yöntemi ile bir karar verme probleminin çözülebilmesi için aşağıda verilen aşamalar izlenmektedir.

- Karar verme problemi tanımlanır.
- Kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.
- Kriterlerin yüzde olarak önem dağılımları belirlenir.
- Kriterler arası kıyaslamada tutarlılık ölçülür.
- Her bir kriter için, x karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.
- Karar noktalarındaki sonuç dağılımı bulunur.

4.1. Karar Verme Probleminin Tanımlanması

Bu aşama iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda problem için kullanılacak olan karar noktaları belirlenmesi gereklidir. İkinci adımda ise belirlenen karar noktalarını etkileyen kriterler veya faktörlerin belirlenmesi gereklidir. Burada örnek olarak karar noktasına x, kriterlere ise y ile gösterilerek sembolize edilmiştir.

4.2. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Kriterler arası oluşturulan karşılaştırma matrisi, $y \times y$ boyutlu bir karesel matristir. Bu matrisin köşegen değerleri 1'dir. Karşılaştırma matrisi aşağıda verilmiştir.

$$K = \begin{bmatrix} 1 & k_{12} & \dots & k_{1y} \\ k_{21} & 1 & \dots & k_{2y} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ k_{y1} & k_{y2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Karşılaştırma matrisinde kriterlerin karşılaştırılması için Çizelge 4.1'de gösterilen Saaty'nin (1990) önem skalası kullanılır. Bu matriste köşegenin üstünde kalan değerler için Çizelge 4.1'deki değerler kullanıldıktan sonra köşegenin altında kalan değerler için de Eşitlik 4.1'den yararlanılır.

$$k_{ji} = \frac{1}{k_{ij}} \quad (4.1)$$

Çizelge 4.1. Önem Skalası

Önem Değerleri	Tanımlar
1	Kriterler arası önem eşittir
3	Bir kriter diğer bir kritere göre orta düzeyde öneme sahiptir
5	Bir kriter diğer bir kritere göre kuvvetli düzeyde öneme sahiptir
7	Bir kriter diğer bir kritere göre çok kuvvetli düzeyde öneme sahiptir
9	Bir kriter diğer bir kritere göre aşırı kuvvetli düzeyde öneme sahiptir
2, 4, 6, 8	Ara değerler

4.3. Kriterlerin Yüzde Olarak Önem Dağılımlarının Belirlenmesi

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için karşılaştırma matrisinde oluşturulan sütun vektörlerinin her bir sütun ilk olarak toplanır ve toplam değer sütundaki her bir değere bölünerek elde edilir. Karşılaştırma matrisindeki tüm sütunlar için bu işlem gerçekleştirilir. Aşağıda verilen matris örnek olarak gösterilmiştir.

$$L_i = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{y1} \end{bmatrix}$$

Yukarıda anlatılan her sütunu toplayıp daha sonra her birini bölme işlemi aşağıda verilen Eşitlik 4.2 ile elde edilir.

$$l_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{i=1}^y k_{ij}} \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2 ile elde edilen değerler bir araya getirilerek M matrisi oluşturulur. M matrisine Normalize Matris de denilmektedir.

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1y} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2y} \\ \vdots & & & \\ \vdots & & & \\ m_{y1} & m_{y2} & \dots & m_{yy} \end{bmatrix}$$

M matrisi kullanılarak kriterlerin birbirine göre önem değerleri yüzdeler olarak belirlenir. Bunu gerçekleştirebilmek için Eşitlik 4.3 kullanılarak M matrisindeki her bir satırın aritmetik ortalaması alınır ve yeni oluşturulan matris N sütun vektörü denilmektedir.

$$n_i = \frac{\sum_{j=1}^y m_{ij}}{y} \quad (4.3)$$

N sütun vektörü aşağıda verilmiştir.

$$N = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ n_y \end{bmatrix}$$

4.4. Kriter Kıyaslamasında Tutarlılık Ölçülmesi

AHP yönteminde her şey sistematik bir şekilde olsa da kriterler arası karşılaştırmaları karar verici kişi tarafından yapıldığından belirli bir tutarlılık ölçüsüne bağlı olması gerekmektedir. Yapılan işlemlerde elde edilecek sonuca Tutarlılık Oranı (CR) ismi verilmektedir. Tutarlılık oranının hesaplanması için şu şekilde adımlar uygulanır. İlk önce elde edilen K karşılaştırma matrisi ile N sütun vektörü çarpılarak bir D vektörü elde edilir daha sonra elde edilen D vektörü ile N sütun vektörü karşılıklı olarak bölünerek bir E temel değer vektörü bulunur. E vektörünün aritmetik ortalaması alınarak temel değer elde edilmektedir. Bulunan temel değer λ ile gösterilmiştir. λ değerini kullanarak Eşitlik 4.6 ile Tutarlılık Göstergesi (CI) bulunur ve son olarak

tutarlılık göstergesi ile rasgele gösterge tablosundaki uygun değer birbirine bölünerek Tutarlılık Oranı (CR) elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1y} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2y} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ k_{y1} & k_{y2} & \dots & k_{yy} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ n_y \end{bmatrix}$$

E vektörünün elde edilmesi için Eşitlik 4.4 kullanılır daha sonra Eşitlik 4.5 ile de temel değer elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (4.4)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^y E_i}{y} \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.6 ile Tutarlılık Göstergesi (CI) hesaplanır ve Çizelge 4.2'de verilen Rasgele Gösterge (RI) değerlerinden uygun olan değer seçilerek Eşitlik 4.7' deki Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır. Çizelge 4.2'de verilen rasgele gösterge değeri kriter sayısına göre seçilir.

$$CI = \frac{\lambda - y}{y - 1} \quad (4.6)$$

Çizelge 4.2. Rasgele Gösterge Değerleri

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,9	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.7)$$

Tutarlılık oranı eğer 0,10'dan büyük çıkarsa karşılaştırma matrisinde verilen değerler tekrar gözden geçirilerek yukarıdaki bütün adımlar tekrarlanır eğer 0,10'dan küçük ise tutarlılık sağlanmış olur.

4.5. Her bir Kriter İçin, x Karar Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımlarının Bulunması

Bu aşamada yukarıda anlatılan her bir adım alternatifler içinde tekrarlanır. Her bir alternatif için sütun vektörü oluşturulur. Aşağıda sütun vektörü matrisi verilmiştir.

$$S_i = \begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ S_{x1} \end{bmatrix}$$

4.6. Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması

Bu son aşamada ise elde edilen alternatif vektörler birleştirilerek T alternatifler matrisi oluşturulur ve kriterler için elde edilen N sütun vektörü ile T alternatifler matrisi birbirleriyle çarpılır. Sonuç olarak bulunan R matrisi de karar noktalarının yüzde dağılımını vermektedir.

$$R = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1y} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2y} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ S_{x1} & S_{x2} & \dots & S_{xy} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ r_{x1} \end{bmatrix}$$

5. LİTERATÜR TARAMASI

Yapılan çalışmalar incelendiğinde personel çizelgeleme konusunda çok fazla çalışma bulmak mümkündür. Çünkü çalışan personelin olduğu her yerde farklı modellemeler ve farklı personel çeşitleri kullanılarak personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Aşağıda geçmişten günümüze kadar personel çizelgeleme ile ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar verilmiştir. Çalışmalar vardiya, iş gücü, hemşire, ekip, tur, literatür ve diğer alanlarda yapılan çizelgelemeler olmak üzere 7 farklı sınıflandırma ile ele alınmıştır. Ek olarak literatürde yapılan çalışmalarda hangi optimal yöntemin kullanıldığı detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Personel çizelgeleme alanında kullanılan optimal yöntemler sırasıyla Dinamik Programlama (DİP), Doğrusal Programlama (DOP), Hedef Programlama (HP), Karışık Tamsayılı Programlama (KTP), Kesme Düzlem Yöntemi (KDY), Literatür Sınıflama (LS), Sütun Oluşturma (SO), Tamsayılı Programlama (TP) olarak ifade edilmiştir.

5.1. Vardiya Çizelgeleme

Alfares (2006), modeli oluştururken ilk olarak gerekli iş gücünü belirlemiştir. Problemi her hafta en az 3 günlük iş günü ve dört farklı izin günü kısıtlarını kullanarak ele almıştır. Kullanılan izin günleri kısıtları: Ardı ardına olan haftaların hafta sonları çalışma günlerinin belirlenmesi, her çalışan için en fazla çalışma günü ardı ardına dört iş günü olması, her çalışanın izin gününün en az iki tanesinin peş peşe olması ve hafta sonları çalışma günleri olduğunda yeterli sayıda personel çalıştırılmasıdır. Problemin çözümü için tam sayılı programlama kullanılmıştır.

Costa vd. (2006), çalışmalarında tatil günlerini planlama problemi ele almışlardır. Farklı tatil günlerinde işçiler için izlenen yol şunlardır: Haftanın iki veya üç günlük ardışık izin günleri her işçi için dengeli olması, aylık en az üç gün ardı ardına olan izin günlerinin her işçi için dengeli olması kısıtları ile modelin çözümü için tam sayılı programlama kullanarak sonuç elde etmişlerdir.

Al-Yakoob vd. (2007b), Kuveyt'teki bir petrol şirketinde çalışan personellerin belirlenmiş olan işlere atanması üzerinde çalışmışlardır. Bu şirketin çalışma yeri olarak 86 istasyonu vardır ve iş atamaları bu istasyonlara yapılması amaçlanmıştır. Yazarlar modeli oluştururken iki adımda problemi çözmek istemişleridir: birinci adımda personellerin atanması, ikinci adımda ise her bir personelin vardiyalarının ve izin günlerinin belirlenmesi olmuştur.

Alfares (2007), çalışmasında petro kimya şirketinde yardım masası operatörleri için personel ve çizelgeleme oluşturmuştur. Amaç 24 saatlik çalışma süresi boyunca iş gücünü karşılamak için gerekli personel seviyesini ve çalışanların haftalık tur programlarını belirleyerek maliyetlerini en aza indirmektir.

Lilly vd. (2007), çalışmalarında Nijerya'daki Güç Holding şirketinde bakım işlemi için dört günlük çalışma haftası kapsamında etkinliği artan talepler tatmin edilirken, bakım iş gücü maliyetleri en aza indirmeyi amaçlamışlardır.

Bhulai vd. (2008), çalışmalarında birden fazla beceriye sahip çağrı merkezi personelinin vardiya çizelgeleme problemi için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Problemin çözümünde doğrusal programlamayı kullanmışlardır.

Kabak vd. (2008), çalışmalarında iki aşamalı bir model kullanmışlardır. İlk aşamada satış modeli için saatlik personel ihtiyacını belirlemişler, ikinci aşamada satış modelindeki çıkış, karma tamsayılı programlama modeli ile girdi olarak kullanmışlardır ve böylece günlük vardiya personelleri için optimal atama bulmuşlardır.

Sungur (2008b), çalışmasında kullanılan parametrelerin eksik veya elde edilmemiş olduğundan bulanık matematiksel programlama kullanılarak vardiya çizelgeleme problemi ele almıştır.

Topaloglu (2009), çalışmasında hastanede çalışan stajyer doktorlar için bir çalışma planı geliştirmiştir. Bu plan için modeli oluştururken stajyer doktorların kıdem seviyelerini baz alarak modeli oluşturmuş ve karışık tam sayılı modelleme yöntemini kullanmıştır.

Brunner vd. (2009), çalışmalarında Almanya Üniversite Hastanesindeki doktorların vardiyalarının çizelgelenmesi üzerine çalışmışlardır. Amaç doktorların memnuniyetini

en üst düzeyde tutmak ve fazla mesaiyi minimize ederek maliyeti düşürmeyi amaçlamışlardır ve problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Cote vd. (2011), çalışmalarında karar değişkenleri üzerinde kısıtlamalar içeren bir optimizasyon probleminin çözümü için tam sayılı programlama kullanmışlardır. Çalışmada tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Aly ve Louly (2012), çalışmalarında mühendisler için aylık çalışma planı oluşturmuşlardır. Mühendislerin belirlenmiş olan vardiyalara atanması ve işletmenin çalışma kurallarının gerçekleştirilmesi için bir hedef programlama modeli önermişlerdir.

Stolletz ve Brunner (2012), çalışmalarında belirli bir çalışma periyodundaki doktorların vardiyalara atama problemi ile ilgili çalışmışlardır. Esnek vardiya başlangıçları, vardiya uzunlukları ve ara molalar dikkate alınarak modeli çözmüşlerdir.

Kassa ve Tizazu (2013), bir otelde çalışan personellerin haftalık çalışma planlarının dengeli ve adaletli bir şekilde yapılabilmesi için bir model oluşturmuşlardır.

Labidi vd. (2014), çalışmaları Arabistan'da bir bankada çalışan operatörler ve personellerin ihtiyaç duyulan iş gücüne dengeli ve adaletli bir şekilde atanmalarını yaparak ve bu doğrultuda fazla mesaiyi minimum seviyeye düşürerek maliyet kalemini minimize etmeyi amaçlamışlardır. Problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Varli vd. (2016a), çalışmalarında Ankara Batıkent metro hattında çalışan vatmanları işletmenin belirlediği vardiyalara istenilene uygun bir şekilde atanması konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Varli vd. (2016b), çalışmalarında Ankara metrosunda çalışan vatmanları ilk önce AHP yöntemini kullanarak tecrübelerine göre sınıflandırmışlardır. Daha sonra bu tecrübe bilgisiyle vatmanların çalışma planlarının yapılmasını sağlamışlardır.

Varli ve Eren (2016), çalışmalarında bir fabrikada çalışan şefleri AHP yöntemi ile kıdemlerine göre sınıflandırmışlardır. Kıdemi çok olan şef ile kıdemi az olan şef aynı vardiyaya atanması için bir hedef programlama modeli oluşturmuşlardır.

Çizelge 5.1. Vardiya Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Alfares	2006	TP	
2	Costa vd.	2006	TP	
3	Al-Yakoob ve Sherali	2007	KTP	
4	Alfares	2007	TP	
5	Lilly vd.	2007	TP	
6	Bhulai vd.	2008	KTP	
7	Kabak vd.	2008	KTP	
8	Sungur	2008	TP	Bulanık Küme
9	Topaloglu	2009	KTP	
10	Brunner vd.	2009	TP	
11	Cote vd.	2011	TP	
12	Stolletz ve Brunner	2012	KTP	
13	Kassa ve Tizazu	2013	TP	
14	Labidi vd.	2014	TP	
15	Varlı vd.	2016	HP	
16	Varlı vd.	2016	HP	
17	Varlı ve Eren	2016	HP	

5.2. İş Gücü Çizelgeleme

Alfares (2001), güvenlik personeli için iş gücü planlaması üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir

Cezik ve Gunluk (2004), çalışmalarında ulaşım kısıtları içeren liner programlama modeli üzerinde çalışmışlardır. Bilinen iki problem olan personel iş gücü ve çizelgeleme problemi konularında çalışmışlar ve personel çizelgeleme ve tur çizelgeleme problemlerini ele almışlardır.

Volgenant (2004), çalışanları kıdemlerine göre sınıflandırarak tecrübesi çok olan ve tecrübesi az olan çalışanı gerekli iş gücüne atanması konusunda çalışmıştır.

Azmat vd. (2004), çalışmalarında iş gücü çizelgeleme problemi için bir model önermişlerdir ve modelde kullandıkları çalışma saatlerini İsviçre'nin yasal kanunlarına göre belirlemişleridir.

Bard (2004a), çalışmasında hizmet oluşturabilmek için kalıcı bir işgücü modeli planlandığında en iyi veri setini seçme konusunda araştırmalar yapılmıştır. Talebin gün içinde veya hafta boyunca değişkenlik göstermesinden dolayı veri girişi seçimi çok büyük öneme sahiptir. Düşük hacimli bir hafta seçilirse çözümde işçi sayısı yetersiz olabilir ya da yüksek hacimli bir hafta seçilirse aşırı bekleme süresi olabilir. Personel çizelgeleme için posta işleme ve dağıtma merkezlerinde ABD'de zemin sağlanmak istemiştir. Böyle işletmelerde, kritik amaçlar fazla mesai, part time geçici işçileri yönetmektir. Onun için yüksek hacim olduğunda ek maliyetler minimum tutulur ya da düşük hacim olduğunda sürekli olan işgücü hiçbir zaman boşa kalmaz. Problemin çözümünde optimizasyon modelini çalıştırırken verimlilik tahminleri yapılarak elde edilmiş ve son veri setini küçük bir hata payını kabul ederek seçmiştir.

Bard (2004b), çalışmasında hizmet veren kuruluşlarda sürekli değişen talebin birden fazla niteliğe sahip işgücü planlanma problemini ele almıştır. Amaç optimal işçiyi belirlemektir. Böylece talep edilen şirket sözleşmeleri, sendika anlaşmaları ve işçi kuralları ihmal edilmeden karşılanmak istemiş ve her çalışanın işgücü için tam zamanlı, yarı zamanlı ve geçici olarak varsaymıştır. ABD posta işleme ve dağıtım merkezlerinde personel ihtiyacını karşılamak için karma tam sayılı programlama geliştirmiştir.

Corominas vd. (2004), çalışmalarında personellerin haftalık çalışma saatleri ve haftalık tatil günlerinin dengeli ve adil bir şekilde planlanmasını sunmuşlardır. Problemi karışık tam sayılı programlama ile çözmüşlerdir.

Eitzen vd. (2004), çalışmalarında Avusturalya'nın Quenensland eyaletindeki CS Enerji Swenbank santralindeki bir problemi ele almışlardır. Bu santraldeki birden fazla beceriye sahip personellerin atanması problemi ile ilgilenmişlerdir. Çalışmada Ernst vd. (2004)' de önerdiği 6 aşama benimsenmiştir. Bunlar: talep modelleme, vardiya başlama zamanları, görev planlama, izin günlerini planlama, çalışma günlerini düzenleme, personellerin vardiyalara atanması.

Felici ve Gentile (2004), çalışmalarında müşterilere devamlı hizmet sağlamak adına verimli bir personel çizelgeleme problemi formüle etmişlerdir. Çalışmada tamsayı programlama kullanarak kısıtlar oluşturulmuş ve iş yükünün dengelenmesi, vardiya uyumluluğu ve izin günlerinin dağılımı gibi unsurlarda düzenlemeler yapmışlardır.

Judice vd. (2005), çalışmalarında posta nesnelerinin birbirine bağlı bir üretim sürecinde posta işleme için analiz etmişlerdir. Üretim miktarı ve makineler arasındaki aktarılan miktarları günlük çalışma süresi boyunca belirlenmesi gereklidir. Amaç gereksinimleri karşılamak için personelleri eşleştirerek, üretim planı ile bağlantı süreçlerinde ihtiyaç duyulan insan kaynağının maliyetlerini en aza indirmeyi hedeflemişlerdir.

Joubert ve Conradie (2005), çalışmalarında tam sayılı programlama için kesinlik varsayımları sağlanmadığında belirsiz bir ortamda sağlamlılığı arttırmak amacıyla bir çözüm önermiştir. Gerekli iş gücünü rasgele değişkenlerle belirleyerek, çalışan ücretlerini dikkate alarak stokastik programlama ve tam sayılı programlama kullanmıştır.

Yaoyuenyong ve Nanthavanij (2005), çalışmalarında en az işçi sayısını kullanarak fiziksel görevleri gerçekleştirmek için bir plan oluşturmak istemişlerdir. Çalışma sezgisel yöntemler ve tam sayılı programlama birlikte dikkate alınmışlardır.

Yan vd. (2006), çalışmalarında insan gücü, esnek yönetim stratejileri ve işletme için gerekli kısıtlamaları birleştirilerek, hava kargo terminalinde daha etkin ve daha uzun bir model geliştirmek istemişlerdir. Çalışmada karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Corominas vd. (2007), çalışmalarında birçok üretim sürecinde faaliyet gösteren insan gruplarının çalışma saatleri ve üretim planlama probleminin çözümü için karışık tam sayılı programlama kullanarak problemi çözmüşlerdir.

Sinreich ve Jabali (2007), çalışmalarında vardiyaların ve kaynakların planlanmasını yapabilmek için doğrusal modelleme ve simülasyon tabanlı bir algoritma önermişlerdir.

Seckiner vd. (2007), çalışmalarında Billionet tarafından geliştirilen bir tam sayılı programlama modeli kullanarak yoğun bir çalışma periyodundaki iş gücü atamalarını gerçekleştirmişlerdir.

Thompson ve Pullman (2007), çalışmalarında iş gücü planı yapabilmek için çalışanların dinlenme molaları ve vardiya değişikliği gibi konularda üzerinde durularak çalışmışlardır.

Bard vd. (2007), çalışmalarında personellerin planı ve çizelgelenmesini ele almıştır. ABD Servis mail süreleri ve dağıtımını kullanarak analiz için iki aşamalı stokastik tam sayılı programlama geliştirmişlerdir.

Elshafei ve Alfares (2008), çalışmalarında her işçinin iş sırasına bağlı olarak maliyet yapısı ve tatil günleri kısıtları ile iş gücünün planlanması problemini çözmek için dinamik tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Fowler vd. (2008), çalışmalarında birden fazla döneme ilişkin çalışan personelin kararları ve iş gücünün belirlenmesi ile ilgili maliyetleri en aza indirmek için çalışmışlardır. Ek olarak büyük makine grupları ile gerçek bir üretim sistemi için sezgisel yöntemlerden biri olan genetik algoritmayı kullanmışlardır.

Ogulata vd. (2008), çalışmalarında haftalık personel planı oluşturulması için hiyerarşik matematiksel model geliştirmişlerdir. Hiyerarşik aşamalar:1-Hasta personellerinin seçimi, 2-Personel hastalarının atanması, 3-Bir gün boyunca hastaların planlanması. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Pastor ve Olivella (2008), çalışmalarında haftalık çalışma programının adaptasyonu ve seçimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Perakende giyim sektöründeki personelleri seçme ve uyum süreci ile ilgilidir. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Yan (2008), çalışmasında hava kargo terminalleri için iki stokastik talep iş gücü arz planı modeli geliştirmiştir. Amaç her iki modeli kullanarak adam-saat maliyetini en aza indirmektir ve problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmıştır.

Yan vd. (2008), çalışmalarında hava kargo terminalinde stokastik talep modeli oluşturularak iş gücüne göre problemin çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Bard ve Wan (2008), çalışmalarında haftanın 7 günü ve günün 24 saati içinde iş istasyon grupları tarafından belirlenen talep olduğunda, bir tesisin çalışabilmesi için kalıcı bir iş gücü tanımlanması problemi dikkate almışlardır. Tam sayılı programlama problemin çözümünde kullanılmış ve Amerikan posta servisinde uygulamışlardır.

Eiselt vd. (2008), çalışmalarında alınan görüşlere göre bir yaklaşım benimsemişlerdir. İlk olarak çalışanlar ile ilgili görevlerdeki beceriler eşleştirilmiş daha sonra uygun görevlere atamalar belirlendikten sonra çalışanlar en aza indirgenecek şekilde görevlere atanmışlardır. Bireysel çalışanların iş yükünü ve ücretlerini en aza indirmeyi amaçlamışlardır.

Sukhorukova vd. (2009), çalışmalarında gerekli olan iş yükü kapsamında tatil günleri ve çalışma günleri için bir model oluşturulmak istemişlerdir.

Choi vd. (2009), çalışmalarında Kuzey Kore'deki Seul Restoran'da çalışan personellerin iş gücü planlanması için çalışmışlardır. İki unsuru dikkate alarak çözümü elde etmişlerdir. Bunlar: personel fazlalığı ve yetersiz kadrolardır. Problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Jarray (2009), çalışmasında çalışan personel adına tatil günlerinin dengeli bir şekilde planlanması için çalışmıştır. Tatil günleri için 3 farklı kısıt yazmış ve problemin çözümü tamsayı programlama ile gerçekleştirmiştir.

Sungur (2009), çalışmasında iş gücü çizelgeleme problemi için Billionet modelini kullanmıştır.

Li ve Womer (2009), çalışmalarında DDX Donanması'nın yeni bir teknoloji için mürettebatının ya da ekibinin belirlenmesinde bir model sunmuşlardır. Çalışmada tabu arama yöntemi ve karışık tam sayılı programlamayı birlikte kullanmışlar.

Chen vd. (2010), çalışmalarında stokastik ve karışık deterministik talepler altında toplu taşıma araçlarının bakımı için çözüm algoritmaları ve iki arz planlama modeli geliştirmişlerdir. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Heimerl ve Kolisch (2010), çalışmalarında proje çalışmalarındaki kişisel verimlilik ile iç ve dış insan kaynakları personelinin atanması problemini ele almışlardır. Çalışmadaki amaç işçi ücretlerini minimize etmek olmuştur. Problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Hertz vd. (2010), çalışmalarında yıllık çalışma saatleri altında birden fazla vardiyalı işgücü planlama sorununu çözmek için esnek bir karma tam sayılı programlama modeli önermişlerdir.

Stolletz (2010), çalışmasında havaalanındaki check-in sistemi için iş gücü planlanması adına bir model önermiştir. Zamana bağlı talepler ile hiyerarşik iş gücü planındaki problemler için farklı iş görevleri karakterize etmiştir. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmıştır.

Safaei vd. (2011), çalışmalarında amaç uçakların uçuş programlarını yapmak için bir model üzerine çalışmışlardır. Şebeke akış yapısı, görevler ve bakım onarım arasında bir simülasyon kullanılmış ve problemin çözümünde karma tam sayılı programlamadan yararlanmışlardır.

Li vd. (2012), çalışmalarında personel planlanması için hedef programlama ve meta sezgisel arama hibrid bir yaklaşım sunmuşlardır. Amaç hemşire atamalarını dengeli ve adil bir biçimde prosedüre uygun bir şekilde yapabilmektir.

Shahnazari-Shahrezaei vd. (2012), çalışmalarında iş verenin hedefleri ve çalışanların tercihlerinin belirsizlik altındaki değerleri dikkate alınarak birden fazla beceriye sahip iş gücü planlanması problemi için yeni bir bulanık çok amaçlı bir matematiksel model sunmuşlardır.

Corominas vd. (2012), çalışmalarında entegre bir üretim, insan kaynakları, nakit yönetim kararları önemli rol oynamıştır. Planlama problemindeki özellikler şunlardır: 1-Üretim kapasitesi personel boyutu doğrusal olmayan bir fonksiyondur. 2-İşten çıkarılan işçinin maliyetleri ele alınmıştır. 3-Çalışma süreleri belirli hesaplamalar altında yönetilmektedir. 4-İşe alınan işçilerin belirli bir eğitim dönemleri vardır. 5-Yönetim dahildir. Problemin çözümü bu 5 madde ile karışık tam sayılı programlama kullanarak çözmüşlerdir.

Firat ve Hurkens (2012), çalışmalarında birden fazla beceriye sahip teknisyenlerin ihtiyaçlarını ve görevlerini atama problemi ele almışlardır. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Bektur ve Hasgul (2013), bir restoranda hizmet veren birtakım personel için çalışma planı yapmışlardır. Bu çalışma planını yaparken her bir personeli tecrübesine göre

sınıflandırarak uzmanlık alanlarına göre atanmalarını yapmak ve tecrübesi çok olan personellere haftalık çalışma günlerinde verilen izin günlerinde iyileştirmeler yapmayı amaçlamışlardır. Modeli çözümü için hedef programlama metodunu kullanmışlardır.

Salazar vd. (2016), çalışmalarında ilk olarak personellerin çalışma kuralları ışığında personellere anket yapmışlardır. İkinci aşamada ise bu anketlerden çıkan sonuçlarla iş gücü çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi sunmuşlardır.

Laesanklang vd. (2016), çalışmalarında zamana bağlı olarak değişen iş gücü için personelin çalışma çizelgelerinin en iyi şekilde yapılması üzerine bir iş gücü çizelgeleme problemini ele almışlardır.

Çizelge 5.2. İş Gücü Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Alfares	2001	TP	
2	Cezik ve Gunluk	2004	DOP	
3	Volgenant	2004	DOP	
4	Azmat vd.	2004	KTP	
5	Bard	2004	KTP	
6	Bard	2004	TP	
7	Corominas vd.	2004	TP	
8	Eitzen vd.	2004	TP	
9	Felici ve Gentile	2004	TP	
10	Judice vd.	2005	KTP	
11	Joubert ve Conradie	2005	TP	
12	Yaoyuenyong ve Nanthavanij	2005	TP	
13	Yan vd.	2006	KTP	
14	Corominas vd.	2007	KTP	
15	Sinreich ve Jabali	2007	KTP	
16	Seckiner vd.	2007	TP	
17	Thompson ve Pullman	2007	TP	
18	Bard vd.	2007		Stokastik
19	Elshafei ve Alfares	2008	DİP	
20	Fowler vd.	2008	DOP	Genetik Algoritma
21	Ogulata vd.	2008	DOP	
22	Pastor ve Olivella	2008	KTP	
23	Yan	2008	KTP	Stokastik
24	Yan vd.	2008	KTP	Stokastik

Çizelge 5.2. (devam) İş Gücü Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
25	Bard ve Wan	2008	TP	
26	Eiselt ve Marianov	2008	TP	
27	Sukhorukova vd.	2009	KTP	
28	Choi vd.	2009	TP	
29	Jarray	2009	TP	
30	Sungur	2009	TP	
31	Li ve Womer	2009		Tabu Arama
32	Chen vd.	2010	KTP	
33	Heimerl ve Kolisch	2010	KTP	
34	Hertz vd.	2010	KTP	
35	Stolletz	2010	TP	
36	Safaei vd.	2011	KTP	
37	Liv d.	2012	HP	
38	Shahnazari-Shahrezaei vd.	2012	HP	Tabu Arama
39	Corominas vd.	2012	KTP	
40	Firat ve Hurkens	2012	KTP	
41	Bektur ve Hasgul	2013	HP	
42	Salazar vd	2016	TP	
43	Laesanklang vd	2016	KTP	

5.3. Hemşire Çizelgeleme

Bu bölümde hemşire çizelgeleme ile ilgili yapılan çalışmalara ek olarak diğer sağlık personellerinin çizelgenmeleri için yapılan tüm çalışmalar verilmiştir.

Moz ve Pato (2004), hemşire çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Oluşturdukları modelde hemşirelerin hastanenin belirlediği iş yüküne atanmalarını sağlamak amacıyla bir model önermişlerdir ve bu modeli Portekiz'deki bir hastanede uygulamışlardır.

Azaiez ve Al Sharif (2005), hemşire çizelgeleme problemi konusunda bir model oluşturmuşlardır. Oluşturulan bu modelde hemşirelerin istekleri, önerileri ve hastanenin çalışma kuralları çerçevesinde kısıtlar belirlenmiştir. Hastanenin kuralları: sürekli ve kesintisiz hizmet, fazla mesailerden kaçınmak, hemşirelerin beceri ve

sayılarını belirlemektir. Hemşire istek ve önerileri; hemşirelerin çalışma tercihlerine göre anket yapılmıştır, hafta sonu gece vardiyası, tatil günleri, hafta sonu tatilleri gibi unsurları dikkate almışlardır. Problemin çözümünde hedef programlamadan yararlanmışlardır.

Bard ve Purnomo (2005), çalışmalarında hemşire hizmetlerinin planlanmasını yapmak istemişlerdir. Her vardiya başlamadan önce 24 saat çalışma saati olacak şekilde planlama ve hemşire sayısının belirlenmesi yani hemşire sayısında bir sorun varsa her birim için yeterli miktarda hemşire tahsis edilmesi gerekir. Tam sayılı programlama modeli ile beklenen taleplerin ve hemşire havuzu ve düzen için nöbet çizelgeleme oluşturulmak istemişlerdir. Böylelikle de eldeki kaynaklarla en çok verim almaya çalışmışlardır.

Bard ve Purnomo (2005), çalışmalarında hemşire çizelgeleme adına yeni bir metodoloji sunulmuşlardır. Çalışmada 24 saatlik dilim dikkate alınarak tam sayılı programlama ile çözmüşlerdir.

Topaloglu (2006), çalışmasında bir aylık planlama dönemi boyunca hem gevşek hem de sıkı kısıtlar kullanarak bir hedef programlama sunmuştur. Oluşturulan modeli büyük bir yerel hastanenin acil servisinde uygulamıştır.

Trilling vd. (2006), Fransa'da bir hastanede çalışan anestezi hemşireleri için çalışma planı oluşturmuşlardır. Amaç adaletli bir atamayı maksimize etmektir. Problemin çözümünde tam sayılı programla kullanmışlardır.

Wright vd. (2006), çalışmalarında etkin bir hemşire çizelgeleme planı hazırlayarak maliyeti minimize etmek ve hastane politikaları doğrultusunda bir model geliştirmişlerdir. Problemin çözümünde tam sayılı programla kullanmışlardır.

Punnakitikashem (2007), çalışmasında hemşire personelinin temini ve atanması konuları üzerinde çalışmıştır.

Ovchinnikov ve Milner (2008), çalışmalarında Vermont Tıp Üniversitesindeki acil rotasyonlar için stajyer doktorların atama problemini ele almışlardır.

De Grano vd. (2009), çalışmalarında hemşire tercihleri ve hastane kısıtları dikkate alınarak iki aşamalı bir yaklaşım anlatmışlardır. Bu çalışmayı York Hastanesinde bir vaka çalışması üzerinden göstermişlerdir.

Li ve Kozan (2009), çalışmalarında ambulans ekip atama problemini çözmek ve ambulans ekip sayısını en aza indirgeyerek bütün planlama boyunca isteklerini karşılamak adına bir model geliştirmişlerdir. Probleminde çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Glass ve Knight (2010), çalışmalarında hastanede çalışan hemşirelerin atama problemleri ile ilgili çalışmışlardır. Problemi çözmek için karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Wright ve Bretthauer (2010), çalışmalarında ABD'deki hemşire sıkıntısını gidermek için bir çalışma yapmak istemişlerdir. Ana hususlar: 1-İyi bir çalışma takvimi ve çalışma ortamı sunmak, 2-Yeni ve mevcut hemşireleri tespit etmek, 3-En verimli şekilde kullanılacak şekilde hemşire kümesi oluşturmaktır.

Burke vd. (2010), çalışmalarında modern bir hastanede çok kısıtlı bir hemşire atama problemini değişken komşu arama ve tam sayılı programlamayı birleştirerek çok amaçlı hibrit model kullanarak çözmüşlerdir.

Ronnberg ve Larsson (2010), hemşire çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır.

Jenal vd. (2011), çalışmalarında hedef programlama kullanarak hemşire çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Belirlenmiş olan çalışma saatlerini karşılayacak şekilde hemşireleri dengeli bir şekilde atamayı gerçekleştirecek bir model oluşturmuşlardır.

Bağ vd. (2012), Kırıkkale'deki bir hastanede çalışan hemşirelerin aylık çalışma planının düzenlenmesi için bir model önermişlerdir. Problemin çözümü için hedef programlamadan yararlanmışlar ve hedef programlamada kullandıkları hedefler için tanımlanan ağırlıkları analitik ağ prosesi (AAP) yöntemiyle belirlemişlerdir.

Atmaca vd. (2012), çalışmalarında sağlık sektöründe faaliyet gösteren bir hastanede hemşire çizelgeleme problemi üzerinde durmuşlardır. Müşteri memnuniyetini

sağlayacak, hastane verimliliğini artıracak, maliyetleri minimize edecek her vardiyada çalışması gereken hemşire sayısını bulmayı istemişlerdir.

Maenhout ve Vanhoucke (2012), çalışmalarında hastanede çalışan hemşirelerin memnuniyetini artırmak ve iş gücü planının dengeli ve adaletli bir şekilde yapılarak atama problemine çözüm bulunmasını amaçlamışlardır. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Yılmaz (2012), çalışmasında hemşirelerin iş vardiya sorununun çözümü için bir model önermiştir. Modelin amacı haftada planlanan çizelge boyunca hemşirelerin toplam boşta bekleme sürelerini en aza indirmek olmuştur.

Valouxis vd. (2012), çalışmalarını PATAT-2010 Lider Konferans Sponsorluğunda Birinci Uluslararası Hemşire atama yarışmasında sunmuşlardır. İlk aşamada günlük gerekli iş yükü belirlenirken ikinci aşamada her gün ki vardiyalara atamalar gerçekleştirilmişler ve problemi matematiksel programlama ile çözmüşlerdir.

Öztürkoğlu ve Çalışkan (2014), çalışmalarında hemşire çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Oluşturdukları matematiksel modelde, hemşireler için belirlenmiş esnek çalışma saatleri için hemşirelerin görüşleri doğrultusunda iş saatlerine atamalarını gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Problemin çözümü için tam sayılı modelleme yöntemini kullanmışlardır.

Elomri vd. (2015), stajyer doktorlar için hastanenin Onkoloji ve Hematoloji bölümlerinde ihtiyaç duyulan iş gücünü karşılamak adına bir çalışma çizelgesi oluşturmuşlardır.

Agyei vd. (2015), Gana'da hizmet veren bir hastanede çalışan hemşireler için bir matematiksel model önermişlerdir. Aylık çalışma periyodunda hemşirelerin gece vardiyalarına dengeli bir şekilde atanmaları istenmiştir.

Thongsanit vd. (2015), çalışmalarında hemşire vardiyalarını dengelemek ve hemşireleri tecrübelerine göre sınıflandırarak vardiyalara atayarak istenilen işgücünü karşılamak için bir model sunmuşlardır.

Sulak ve Bayhan (2016), çalışmalarında hemşire çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Oluşturulan matematiksel modelde hastanenin belirlediği vardiyalara,

hemşireler için dengeli bir atama yapmak ve hastanenin isteklerini birer kısıt haline getirerek hemşirelerin aylık çalışma planlarını elde etmeyi amaçlamışlardır.

Hidri ve Labidi (2016), bir hastanenin yoğun bakım ünitesinde belirlenmiş olan üç bölüme doktorları 6 takıma ayırarak vardiyalara atanmaları konusunda bir model geliştirmişleridir. Problemin çözümü için tam sayılı modellemeyi kullanmışlardır.

Varli ve Eren (2017) çalışmalarında bir hastanenin yoğun bakım, acil ve ameliyathane birimlerinde çalışan hemşirelerin belirli bir periyotta çalıştıkları vardiyaları planlamak üzere bir çalışma yapmışlardır.

Çizelge 5.3.Hemşire Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Moz ve Pato	2004	TP	
2	Azaiez ve Al Sharif	2005	HP	
3	Bard ve Purnomo	2005	TP	
4	Bard ve Purnomo	2005	TP	
5	Topaloglu	2006	HP	
6	Trilling vd.	2006	KTP	
7	Wright vd.	2006	TP	
8	Punnakitikashem	2007	TP	
9	Ovchinnikov ve Milner	2008	TP	
10	De Grano vd.	2009	KTP	
11	Li ve Kozan	2009	KTP	
12	Glass ve Knight	2010	KTP	
13	Wright ve Bretthauer	2010	KTP	
14	Burke vd.	2010	TP	Komşu Arama
15	Ronberg ve Larsson	2010	TP	
16	Jenal vd.	2011	HP	
17	Bağ vd.	2012	HP	
18	Atmaca vd.	2012	HP	
19	Maenhout ve Vanhoucke	2012	KTP	
20	Yilmaz	2012	KTP	
21	Valouxis vd.	2012	TP	
22	Öztürkoğlu ve Çalışkan	2014	TP	
23	Elomri vd.	2015	HP	
24	Agyei vd.	2015	HP	
25	Thongsanit vd.	2015	TP	
26	Sulak ve Bayhan	2016	HP	
27	Hidri ve Labidi	2016	TP	
28	Varli ve Eren	2017	HP	

5.4. Ekip Çizelgeleme

Freling vd. (2003), çalışmalarında tek bir tren istasyonu ile kentsel toplu taşıma sistemi üzerinde bir çalışma yapmışlardır.

Sodhi (2004) çalışmasında Londra metrosunun çizelgenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Cappanera ve Gallo (2004), çalışmalarında belirli bir zaman diliminde uçak ekip personeli için iş atamalarını ele almışlardır. Kısıtlama olarak personelleri eşleştirerek atamalarını, dinlenme sürelerini, yıllık ve haftalık izinlerini, sendika faaliyetleri dikkate alarak tam sayılı programlama yardımıyla problem çözmüşlerdir.

Yunes vd. (2005), çalışmalarında Brezilya'da Bela Horizonte şehrindeki transit otobüs şirketindeki personellerin planlanması problemi ile ilgili çalışmışlardır. Problemin çözümünde hibrit algoritmalar ve tam sayılı programlama birlikte kullanmışlardır.

Lezaun vd. (2006), İspanya'da halka hizmet veren Bilbao metrosundaki gerekli olan işgücünü düzenlemek için bir çalışma yapmışlardır. Problemin çözümü için tam sayılı modelleme yönteminden yararlanmışlardır.

Chu (2007), iş gücü çizelgeleme problemi üzerinde çalışmıştır. Oluşturduğu modeli Hong Kong Uluslararası Havayollarında çalışan personelleri için geliştirmiştir. Planlamayı yaparken kullanılmayan vardiyaları minimize etmeyi amaçlamıştır. Ek olarak esnek, istenilene uygun ve adaletli bir iş gücü planlaması yapmak istemiştir. Problemin çözümü için hedef programlamadan yararlanmıştır.

Horn vd. (2007), çalışmalarında Avusturalya Kraliyet Donanması Karakol Botları Kuvvetlerinin belirli görevlere atanma faaliyetleri üzerinde çalışmışlardır. Ekip çizelgeleme modeli kurmak istenmiş ve çalışmada sezgisel yöntemler kullanmışlardır.

Lezaun vd. (2007), çalışmalarında tren sürücülerinin iş gücünü dengeli bir şekilde atayabilmek için bir model önermişlerdir. Problemin çözümünde tam sayılı modellemeden yararlanmışlardır.

Saddoune vd. (2009), çalışmalarında hava yolu ekip planını yapmak için belirli kısıtlamalar altında maliyeti minimum edebilecek şekilde bir ekip planlama problemi

çözmek istemişlerdir. Çalışmada sütun oluşturma metodu ve tam sayılı programlama kullanmışlardır.

de Matta ve Peters (2009), Indiana'da şehirlerarası taşımacılık yapan bir otobüs firmasının belirlenmiş olan çalışma günleri için vereceği hizmetin planlanması adına bir çalışma yapmışlardır.

Erdogan vd. (2010), çalışmalarında planlama süresi boyunca ambulans ekiplerinin planlanması problemini çözmek için çalışmışlardır. Problemden ambulansların tepki sürelerinin olasılıkları ile kapsadığı alanları maksimize etmek için bir alt problem içermektedir. Dolayısıyla bir tabu arama algoritması geliştirmişlerdir.

Lezaun vd. (2010), İspanya'da hizmet veren Ferrocaries Espanolos de via Estrecha demiryolu firmasında çalışan personellerin yıllık belirlenen işlere atanmaları konusunda bir model geliştirmişlerdir. Problemin sonuçlarını karışık tam sayılı modelleme yardımıyla elde etmişlerdir.

Hung-Tso vd. (2012), ekip çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada kullanılan müşterilere ayrılan hizmet zamanları bulanık küme ile tanımlanmış ve problemin çözümü için hedef programlamadan yararlanmışlardır. Çalışmanın uygulaması ise Tayvan'da hizmet veren bir mağazada gerçekleştirmişlerdir.

Goel vd. (2012), çalışmalarında Avusturalya'daki kamyon sürücülerinin planlanması problemi üzerine çalışmışlardır. Bütün yapılan faaliyetler Avusturalya Ağır Vasıta Sürücü Yorgunluk Kanunu'na uygun olmak zorundadır. Problemin temel sorunu belirli bir zamanda verilen bölgeye zamanında gidip gidemeyeceğinin sorununu çözmek veya bu aksaklıkları en aza indirmek için çalışmışlardır.

Bach vd. (2016) çalışmalarında Tren geliş zamanlarının çizelgenmesi için bir ekip çizelgeleme problemini ele almışlardır.

Bayliss vd. (2016) çalışmalarında havayollarında çalışan bir takım personelin bazı zaman dilimlerinde bulunmadığında oluşan belirsizlikleri ve gecikmeleri en aza indirmek için ekip çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır.

Çizelge 5.4. Ekip Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Freling vd.	2003	TP	
2	Sodhi	2004	KTP	
3	Cappanera ve Gallo	2004	TP	
4	Yunes vd.	2005	TP	Hibrit Algoritma
5	Lezaun vd.	2006	TP	
6	Chu	2007	HP	
7	Horn vd.	2007	TP	Ceza Yöntemi
8	Lezaun vd.	2007	TP	
9	Saddoune vd.	2009	KTP	
10	de Matta ve Peters	2009	TP	
11	Erdogan vd.	2010	TP	Tabu Arama
12	Lezaun vd.	2010	TP	
13	Hung-Tso vd.	2012	HP	Bulanık Küme
14	Goel vd.	2012	KTP	
15	Bach vd.	2016	SO	
16	Bayliss vd	2016	KTP	Simülasyon

5.5. Tur Çizelgeleme

Bard vd. (2003) çalışmalarında, posta işleme tesislerinde çalışan işçilerin haftalık çizelgelerini geliştirmişlerdir ve çalışma günleri, vardiya uzunluğu, başlama zamanları ve mola zamanları gibi kriterleri bu çalışmada kullanmışlardır.

Topaloglu ve Ozkarahan (2004), çalışanların tercihlerini dikkate alarak bir matematiksel model önermişlerdir. Önerilen modelde çalışanların vardiyalara dengeli atanmaları, ara vakitleri ve çalışma günlerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Problemin çözümü için hedef programlama yönteminden yararlanmışlardır.

Isken (2004), çalışmasında bir sağlık merkezinde çalışanlar için tur çizelgeleme modeli geliştirmiştir. Çalışanların işe başlama zamanları esnek çalışma süreleri ve full-part time çalışan personel ihtiyaçları belirlemiştir ve problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmıştır.

Hochbaum ve Levin (2006), çalışmalarında çoklu vardiya planlanmasını kapsayan bir programlama üzerine çalışmışlardır.

Sungur (2008a), çalışmasında bir güzellik salonunda gerekli iş gücü sayını minimum maliyetle karşılamak için bir model sunmuştur.

Rong (2010), tur çizelgeleme problemi üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada hafta sonu izin günlerini ele alarak modeli oluşturmuştur ve problemin çözümü için tam sayılı modelleme yönteminden yararlanmıştır.

Restrepo vd. (2015) çalışmalarında tur çizelgeleme problemini ele almışlardır.

Gérard vd. (2016), çalışmalarında zamana göre değişen talepler ile birlikte tur çizelgeleme problemini ele almışlardır. Bir haftalık çizelgeleme periyodunda farklı talepleri en aza indirgeyerek, çalışan personellerin çizelgenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Çizelge 5.5. Tur Çizelgeleme Alanında Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Bard vd.	2003	TP	
2	Topaloglu ve Ozkarahan	2004	HP	
3	Isken	2004	KTP	
4	Hochbaum ve Levin	2006	DOP	
5	Sungur	2008	HP	
6	Rong	2010	TP	
7	Restrepo vd.	2015	SO	
8	Gérard vd.	2016	KTP	

5.6. Literatür Sınıflandırma

Ernst vd. (2004a), çalışmalarında personel çizelgeleme adına yapılmış çalışmaları incelemişler ve incelediği çalışmaları uygulama alanı, kullanılan yöntem ve buna benzer kriterlere göre sınıflamışlardır.

Ernst vd. (2004b), çalışmalarında personel çizelgeleme için yapılmış çalışmaları detaylı bir şekilde incelemişler ve inceledikleri çalışmaları uygulama alanı, kullanılan yöntem ve buna benzer kriterlere göre sınıflamışlardır.

Jorne vd. (2012), çalışmalarında personel çizelgelemede yapılan çalışmaları geniş bir yelpazede ele alarak bu konuda yapılan çalışmaları uygulama alanlarına, kullanılan tekniğe ve diğer kriterleri dikkate alarak sınıflandırma yapmışlardır.

5.7. Diğer Alanlarda Yapılan Çizelgeleme

Haase (1999) çalışmasında, perakende işlerindeki personellerin planı için bir uygulama sunmuştur.

Gordon ve Erkut (2004), çalışmalarında Yıllık Edmonta Halk Müziği Festivalinde gönüllü çalışan personellere zaman kazandırmak ve mümkün olduğunca gönüllü çalışanların tercihlerini karşılamak için planlanma sürecini düzenlenmesi üzerine çalışmışlardır.

Atlason vd. (2004), çalışmalarında hizmet seviyelerinin gereksiniminde personel maliyetlerinin en aza indirmek için yinelemeli kesme yöntemi kullanılmışlardır. Hizmet düzeyinin hesaplanması kolay olmadığından bu değerler simülasyon kullanılarak değerlendirilmesi varsayılmıştır.

Morton ve Popova (2004), çalışmalarında gerçek problemi çözmek için yuvarlama biçimi ile stokastik programlama ve bayes tahmininden yararlanarak model kurmak istemişlerdir. Üretim planlanmasında kullanılan belirsiz süreler belirsiz üretim oranları gibi unsurlar kullanmışlardır.

Bard ve Wan (2006), çalışmalarındaki amaç işçilerin günlük vardiyalardaki doğan problemleri araştırmaktır. Homojen (dengeli) bir iş gücü için iş istasyonlarının belirli bir sırada olması işgücü içinde gelen talebin belirli bir düzende olması gerekmektedir. Amaçları iş istasyon grupları arasındaki geçişleri ağırlıklı toplamını en aza indirgeyecek her işçi için bir program geliştirmektir.

Qi ve Bard (2006), çalışmalarında Amerikan Posta Servisindeki posta işleme ve dağıtım merkezlerini düzenlemek ve iki karar destek sistemi ile simülasyon modeli tanıtmışlardır. İlk sistem ekip programları ve kalıcı iş gücü büyüklüğünü optimize etmeyi amaçlamış. İkinci sistem üretim ve iş gücü taleplerini dağıtmaya yarar ve problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Techawiboonwong vd. (2006), çalışmalarında MPS-T adı verilen yeni bir model sunmak istemişlerdir. Bu modelde vasıflı veya vasıfsız geçici işçilerin planlanmasında karışık iş istasyonlarındaki akış hatları ile modeli değerlendirmişlerdir. İşçileri iki boyutta sınıflandırmışlardır: 1-Sürekli veya geçici, 2- Vasıflı veya vasıfsız. Problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Avramidis vd. (2007), çalışmalarında çağrı merkezinde personel çizelgeleme probleminin çözümünde simülasyon tabanlı algoritma gösterilmişlerdir. Amaç, beklenen hizmet düzeyi için çağrının tipi ve zamanı gibi kısıtlar altında personelin toplam maliyetini minimize etmektir. Problemin çözümünde geleneksel kesme, tam sayılı programlama ve simülasyon kombine edilerek sonuçları elde etmişlerdir.

Beliën ve Demeulemeester (2007), çalışmalarında sütun oluşturma ile personel çizelgeleme problemini çözmek için iki teknik arasında karşılaştırma yapmışlardır. İlk teknikte gerekli personel belirlenmiş, ikinci teknikte personel tarafından yapılacak olan faaliyetler belirlenmiştir. Her iki teknik içinde branch-ücret algoritmasını uygulamışlardır.

Canon (2007), çalışmasında çağrı merkezinde ortaya çıkan 3 problem ele almıştır. Çağrı merkezinin boyutunun problemi, yıllık yapılan plan problemi, vardiyaları düzenleme problemi, bu problemlerin çözümü için matematiksel programlama kullanmıştır.

Cote vd. (2007), çalışmalarında deterministik sonlu otomat (robot)lar kullanılmışlardır. Tutarlı bir algoritma oluşturmak için karışık tam sayılı programlama kullanılarak model geliştirmişlerdir. Bu yeni üretilen model klasik tam sayılı programlama ile karşılaştırıldığında hesaplamalarda azalmalar olduğunu öngörmüşlerdir.

Ikegami ve Uno (2007), çalışmalarında ev yardımındaki personellerin planlanma sorununu matematiksel programlama ile formülize etmişlerdir. Belirli bir günde ihtiyaç duyulan yardımcı sayısı için iki alt sınır türü önermişlerdir. Üst sınırı belirlerken de sezgisel yöntemlerden faydalanmışlardır ve daha sonra bu sınırlar birlikte kullanarak detaylı bir plan oluşturmuşlardır.

Li vd. (2007), çalışmalarında hizmet kuruluşundaki personel esnekliğini dikkate alınarak gerekli iş gücünü karşılamak ve kuruluşun politikalarını analiz ederek bütünlük bir personel boyutlandırma sistemi sunmuşlardır.

Norman vd. (2007), çalışmalarında bel yaralanma olasılığını azaltmak için sağlam iş rotasyonları geliştirilmek istemişlerdir. Belirsiz görev talepleri ve farklı işçi profilleri için simülasyondan yararlanmışlardır.

Atlason vd. (2008), çalışmalarında çağrı merkezindeki personellerin maliyetlerinin en aza indirgenmesi amaçlamışlardır. Personel çizelgeleme birkaç dönem ile vardiyalar şeklinde ve bu vardiyaların gereksinimlerinde personel düzeyleri ve ücretleri dikkate alınarak planlama yapmışlardır. Problemin çözümünde simülasyon tabanlı kesme düzlem metodu kullanmışlardır.

Ertogral vd. (2008), çalışmalarında yerel telekomünikasyon şirketinin iki dili (Arapça ve İngilizce) çağrı merkezlerinde personel programlarını geliştirmek için kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. İki ana yaklaşımı benimsemişlerdir: simülasyon modeli ve acente çizelgelerini düzenlemek için optimizasyon modelidir.

Lusa vd. (2008), çalışmalarında beklenen toplam kapasite açığını en aza indirgenmeyi amaçlamışlardır. Bunun içinde bir yıl boyunca mesai saatlerinin toplam sayısının düzensizliği düzeltmeyi amaçlamışlar ve stokastik optimizasyon modeli sunmuşlardır.

Mohan (2008), çalışmasında tamamen part time çalışan personeller üzerine bir çalışma yapmıştır. Part time çalışanlar için vardiya tercihleri ve kıdem seviyeleri vardır ve bunlar dikkate alınarak atama yapmıştır.

Pot vd. (2008), çalışmalarında birden fazla beceriye sahip çağrı merkezindeki personeller için metot geliştirmişlerdir.

Sabar vd (2008), çalışmalarında montaj merkezindeki personel tercihlerini, her işlem için gerekli olan personel sayısını belirlemek ve her ürün için hatları dengelemek için bir matematiksel programlama modeli önermişlerdir.

Castillo vd. (2009), çalışmalarında birden fazla beceriye sahip çağrı merkezi personel ücretlerini minimize etmek istemişlerdir. Çözüm için tam sayılı programlama ve kesme düzlem algoritmaları birlikte kullanılarak yapılmışlar ve hizmet düzeyleri de simülasyon ile tahmin ederek elde etmişlerdir.

Detienne vd. (2009), çalışmalarında belirli bir şirkette çalışanları çizelgeleme problemi konusunu ele almışlardır. Bu çalışmada çeşitli araştırmalar yürütmüşler ve düşük bağlı Lagrange gevşeme, bir kesim oluşturma sürecine dayalı sezgisel yöntem, Benders ayrışması ile kesin bir yöntem gibi konuları bütünleşik kullanarak problemi çözmüşlerdir.

Hurkens (2009), çalışmasında karmaşık bir plana karşı polihedral (çok yüzlü) bir teknik yaklaşım sunmuştur. Çalışmanın ana problemi Fransız Telekom şirketindeki teknisyenlerin atama problemleri ile ilgilidir. Problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmıştır.

Liao vd. (2009), çalışmalarında maliyet optimizasyonu için newboys tipi bir model personel probleminde sunmuşlardır. Çalışmada çağrı merkezine gelen rasgele çağrılar ele alınarak stokastik yaklaşım kullanılmış ve problemin çözümünde tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Rong ve Grunow (2009), çalışmalarında iş gücü gereksinimlerini belirlemek için karışık tam sayılı doğrusal programlama kullanılarak ilgili personelin vardiya ve iş gücünü en aza indirgemede hava kargo terminalinde birim malzemenin maliyetini en aza indirgemeyi amaçlamışlardır.

Sabar vd. (2009), çalışmalarında çok ürünlü bir montaj merkezinde personel çizelgeleme için birçok yaklaşım sunmuşlardır. Amaç çalışanların günlük atamalarını gerçekleştirmek ve aynı zamanda işlem maliyetlerini ve personellerin olumsuz davranışlarını en aza indirmeyi amaçlamışlardır.

Avramidis vd. (2010), çalışmalarında 2007'deki çalışmalarına benzer olarak aynı model yapısını kullanmışlardır sadece modele küçük değişik varyasyonda kısıt ekleyerek sonuç elde etmişlerdir.

Corominas vd. (2010), çalışmalarında çalışma zamanlarını sınıflandırmışlar ve formülize etmişlerdir. Çalışma zamanlarını planlamak için liner programlama kullanmışlardır.

Ingolfsson vd. (2010), çalışmalarında her zaman değişen planlamadaki hizmet düzeylerini bulmak ve en düşük maliyetli vardiya programlarını bulmak için bir yöntem açıklamışlardır. İki adımlı bir prosedür benimsemişlerdir: 1-Personel gereksinimlerini belirlemek. 2-Her dönemde gerekli personel sayısını bularak minimum maliyetli bir planlama yapmak. Problemin çözümünde tam sayılı programla kullanmışlardır.

Hojati ve Patil (2011), çalışmalarındaki amaç vardiyaların belirlenmesi ve çalışanların ilgili vardiyalara atamaları için küçük bir tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Kaluzny ve Hill (2011), çalışmalarında Vancouver 2010 Olimpiyat Oyunları sırasında görev alacak güvenlik personellerinin planlanması için çalışmışlar ve problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Knust ve Schumacher (2011), çalışmalarında küçük bir petrol şirketindeki tankerlerin vardiyalara göre atanmaları problemini ele almışlardır. Çalışma saatlerini, çalışan işçilerin atanmalarında esneklik, dengeli bir iş gücü gibi unsurlar ele almışlar ve problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Naudin vd. (2012), çalışmalarında branch ve ücret metodu kullanarak çalışmışlardır. Amaç hizmet sektöründe personel atamasının yapılmak istenmesidir. Problemin çözümünde karışık tam sayılı programlama kullanmışlardır.

Çizelge 5.6. Diğer Alanlarda Kullanılan Optimal ve Sezgisel Yöntemler

No	Yazar	Yıl	Optimal Yöntem	Sezgisel /Ek Yöntemler
1	Haase	1999	SO	
2	Gordon ve Erkut	2004	HP	
3	Atlason vd.	2004	KDY	Simülasyon
4	Morton ve Popova	2004	TP	Bayes Tahmini ve Stokastik
5	Techawiboonwong vd.	2006	KTP	
6	Bard ve Wan	2006	TP	Tabu Arama
7	Qi ve Bard	2006	TP	
8	Beliën ve Demeulemeester	2007	DİP	
9	Ikegami ve Uno	2007	DOP	
10	Li vd.	2007	DOP	
11	Canon	2007	KDY	
12	Avramidis vd.	2007	TP	Simülasyon
13	Cote vd.	2007	TP	
14	Norman ve Tharmmaphornphilas	2007	TP	Stokastik
15	Lusa vd.	2008	DOP	
16	Pot vd.	2008	KTP	
17	Sabar vd.	2008	KTP	
18	Atlason vd.	2008	KDY	Simülasyon
19	Ertogral ve Bamuqabel	2008	TP	
20	Mohan	2008	TP	
21	Hurkens	2009	KTP	
22	Rong ve Grunow	2009	KTP	
23	Sabar vd.	2009	KTP	
24	Castillo vd.	2009	TP	
25	Detienne vd.	2009	TP	
26	Liao vd.	2009		Stokastik
27	Corominas vd.	2010	DOP	
28	Ingolfsson vd.	2010	KTP	
29	Avramidis vd.	2010	KDY	Stokastik
30	Kaluzny ve Hill	2011	KTP	
31	Knust ve Schumacher	2011	KTP	
32	Hojati ve Patil	2011	TP	
33	Aly ve Louly	2012	HP	
34	Naudin vd.	2012	KTP	

Yapılan literatür araştırması değerlendirildiğinde tam sayılı programlama yönteminin daha çok kullanıldığı görülmüştür. Ek olarak matematiksel modeller ile birlikte stokastik, bulanık mantık gibi durumlar da kullanıldığı dikkate alınmıştır. Hemşire çizelgeleme alanında yapılan çalışmalar diğer alanlarda yapılan çalışmalara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak birden fazla bölüm değerlendirilerek çalışma çizelgeleri oluşturulmuştur. Personelleri tecrübelerine göre sınıflandırma işleminin AHP yöntemiyle kullanılması ve personellerin ilgili vardiyalara atanması hususu da bu çalışmada değerlendirilmiştir. Personellere verilen izin günleri ve personellerin bazı bölümlerde çalışması veya çalışmaması kriterinin bir fabrikada uygulanması çalışmada kullanılan bir başka husustur. Tüm bu hususları bir arada değerlendirerek belirlenen kriterler ve problemler farklı açılardan incelenmiştir. Hedef programlama yöntemi kullanılarak istenilen hedef kısıtlarına mümkün olduğunca ulaşılması amaçlanmıştır.

6. UYGULAMA

Günümüzde her bir kurum veya kuruluştta çalışan personellerin iyi bir çalışma çizelgelerinin yapılması hem ilgili kurumun verimli bir şekilde faaliyetlerini sürdürmesi hem de çalıştırdığı personelin memnuniyet açısından tatmin edilmesi çok önemli bir unsurdur. Her bir personel için belirlenmiş vardiyaların haftalık, aylık veya yıllık periyotlarda en iyi şekilde planlanması, ilgili işletmenin piyasada rekabet etmesi açısından çok büyük bir öneme sahiptir. Vardiyaların eşit, adil ve dengeli bir biçimde olması gerekmektedir. Çünkü çalışan personellerin fiziksel ve zihinsel anlamda niteliklerinin artırılması vardiyaların düzenli ve sistemli bir şekilde olmasına bağlıdır.

Bu çalışma rulman sektöründe faaliyette olan sektöründe öncü bir fabrikada çalışan formenlerin, aylık çalışma çizelgelerinin belirlenmiş olan vardiyalara farklı iş unsurları dikkate alınarak atamalarının yapılması amaçlanmıştır. Yaklaşık olarak 2000 çalışanı ile fabrika uzun yıllardır bu sektörde faaliyetlerini sürdürmektedir. Fabrikanın çalışma düzeninde 1475 sayılı İş Kanunu ve işçilerin bağlı olduğu Türk Metal Sendikası tarafından kabul edilen Toplu İş Sözleşmesi'nin hükümleri uygulanmaktadır. Bu iş kuralları dikkate alınarak oluşturulan matematiksel modellerdeki kısıtlar yazılmıştır.

Fabrikanın yapısal olarak organizasyonları şu şekildedir: Mühendislik, Dövme Torna İmalat, Mamul Dizayn ve Uygulama, Kalite Güvence, Planlama ve İmalat, Bakım ve Tesis, Montaj İmalat, Satın Alma, İnsan Kaynakları, Muhasebe, Yurt İçi Pazarlama, İhracat ve son olarak İthalat müdürlükleri olmak üzere fabrikada 12 farklı iş kalemi bulunmaktadır. Bu çalışma Dövme Torna İmalat Müdürlüğüne bağlı Ana Bina (AB), Torna(T), Dövme (D), Ovalama (O) ve Isıl İşlem (I) bölümlerinde çalışan sorumlu formenler baz alınarak yapılmıştır. Dövme Torna İmalat Müdürlüğü, fabrikada en fazla çalışana sahip ve en önemli çalışma kalemlerinden biri olduğundan yapılan uygulama bu müdürlüğe bağlı olan bölümlerde gerçekleştirilmiştir.

6.1. Problemin Tanımlanması

Bu çalışmada bir fabrikada çalışan formenlerin aylık çalışma planlarının en iyi şekilde yapılması için normal çalışma koşulları ve ilerleyen zamanlarda oluşabilecek her türlü iş senaryosunu ayrı ayrı ele alarak fabrikada sürdürülebilir bir üretim yapılması ve işler aksatılmadan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi istenmiştir. Fabrikada çalışan formenler çalıştıkları her bir vardiyada işçilerin başında sorumlu olarak çalışmaktadırlar. Bir kişinin formen olabilmesi için en az 3 yıllık tecrübeye sahip olması gerekmektedir. Formenler haftada en fazla 6 gün çalışmaktadır ve pazar günleri fabrikada çalışan her bir personel izinlidir. İşçiler ve formenler için çalışma saatleri 3 vardiyaya göre düzenlenmiştir. Bu vardiyalar,

- 1. Vardiya: 06.30 – 14.30
- 2. Vardiya: 14.30 – 22.30
- 3. Vardiya: 22.30 – 06.30

saat dilimlerine göre belirlenmiştir. 1. Vardiya Sabah (S), 2. Vardiya Akşam (A), 3. Vardiya Gece (G) vardiyasıdır.

Matematiksel modellerde aşağıda verilen toplu iş sözleşmesindeki kurallar, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallar, formenlerin istek ve önerileri kullanılmıştır. Aşağıda verilen tüm kurallar ayrı ayrı dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Yani her bir oluşturulan modelde birbirinden farklı kurallar kullanılmıştır.

Modellerin çözümünde birbiriyle çakışan bazı kısıtlar olduğunda ve yerine getirilmesi gereken kurallardan bazıları, hedef programlama yöntemi kullanılarak sapma değişkenleri minimize edilmeye çalışılmıştır.

Toplu İş Sözleşmesindeki Kurallar

- 1- Her formen ve işçi haftalık çalışma süresi boyunca en fazla 48 saat çalışmalıdır.
- 2- Her formen ve işçiye sabah ile akşam vardiyalarında 1 saat mola verilirken gece vardiyasında 1 buçuk saat mola verilmelidir.
- 3- Her formen ve işçiye haftalık çalışma periyodunda en az 1 gün izin verilmelidir.

Fabrikanın İhtiyaç Duyduğu Gereksinimler ve Kurallar

- 1- Belirlenmiş olan vardiyalarda ihtiyaç duyulan formen sayısı karşılanması gerekmektedir.
- 2- Her hafta pazar günleri tüm formenler izinlidir.
- 3- Formenler ardışık olarak en fazla 6 gün çalışabilir.
- 4- Her formen her gün sadece 1 vardiyada çalışmalıdır.
- 5- Her formen gece vardiyasında çalıştıktan sonra ertesi gün sabah ve akşam vardiyalarında çalışılmamalıdır.
- 6- Her formen akşam vardiyasında çalıştıktan sonra ertesi gün sabah vardiyasında çalışmamalıdır.
- 7- Her formen 8 saat çalıştıktan sonra en az 12 saat izinli olmalıdır.
- 8- Bazı formenler sadece istenilen bölümlerde çalışmalıdır veya çalışmamalıdır.
- 9- Gece vardiyaları mümkün olduğu kadar eşit ve dengeli dağıtılmalıdır.
- 10- Aylık çalışma planında her bir formenin toplam vardiya atamaları mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.
- 11- Her bir formenin gece vardiyalarında çalıştıkları günler olabildiğince ardı ardına olması gerekmektedir.
- 12- Her bir formenin atandığı sabah, akşam ve gece vardiyaları mümkün olduğu kadarıyla ardı ardına olmasıdır.

Formenlerin İstek ve Önerileri

- 1- Her bir formen için aylık çalışma planında izin istedikleri hafta içi çalışma günlerinden, en az 2 gün izin verilmelidir.
- 2- Aylık çalışma planında olan hafta sonlarının hepsi dikkate alınarak her bir formene hafta sonları için en az 2 gün izin verilmelidir.
- 3- Formenler tecrübelerine göre sınıflandırılarak tecrübesi çok olan formen ile tecrübesi az olan formen aynı vardiyaya atanmalıdır.

Varsayımlar

- 1- Formenlerin ve işçilerin sabah ve akşam vardiyalarında aldıkları 1 saat mola ile gece vardiyasında aldıkları 1 buçuk saatlik mola varsayılmıştır.
- 2- Vardiya değişikliklerinden kaynaklanan atıl sürelerin olduğu varsayılmıştır.

6.2. Oluşturulan Matematiksel Modeller

Çalışmada ilk olarak mevcut çalışma durumu dikkate alınarak bir model oluşturulmuştur. Daha sonra 4 farklı senaryo için ayrı ayrı matematiksel modeller geliştirilerek farklı iş senaryoları dikkate alınmıştır. Her bir matematiksel modelin işleyişi yukarıda verilen toplu iş sözleşmesi kuralları, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimleri ve kuralları, formenlerin istekleri ve önerileri baz alınarak geliştirilmiştir.

Mevcut Çalışma Durumu (MD): Bu modelde fabrikanın mevcut aylık çalışma kuralları dikkate alınmıştır. Modeli oluştururken toplu iş sözleşmesindeki 1. ve 3. Maddeler, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallardan 1.-7. ve 9.-11. Maddeler kullanılarak model oluşturulmuştur.

Senaryo 1 (S1): Bu modelde fabrikanın belirlediği formenlerin sadece istenilen bölümlerde çalışması veya çalışmaması değerlendirilmiştir. Böylelikle ilgili formenlerin bilgisi az olduğu bölümlerde çalışmaması veya uzmanlaştıkları bölümlerde çalışması sağlanmıştır. Bu özel kısıtlarla birlikte vardiyaları dengelemek için yazılan kısıtlar birlikte düşünüldüğünde çok karmaşık ve çözülmesi zor çözüm kümesi elde edilmiştir. Modeli oluştururken iş sözleşmesindeki 1. ve 3. Maddeler, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallardan 1. ve 3.-11. Maddeler kullanılarak model oluşturulmuştur.

Senaryo 2 (S2): Bu modelde her bir formenin aylık çalışma planındaki hafta içi çalışma günlerinden belirledikleri günler için en az 2 gün izin verilmesi dikkate alınmıştır. Bu izin günleri hedef kısıtları olarak modele eklenmiştir. Böylelikle formenlerin istedikleri izin günlerini mümkün olduğu kadar yerine getirilmiştir. Modeli oluştururken toplu iş sözleşmesindeki 1. ve 3. Maddeler, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallardan 1., 3.-7., 9., 10. ve 12. Maddeler, formenlerin istek ve önerilerinden 1. Madde kullanılarak model oluşturulmuştur.

Senaryo 3 (S3): Bu modelde aylık çalışma planında olan hafta sonlarının hepsi dikkate alınarak her formene hafta sonlarından en az 2 gün izin verilmesi problemi ele alınmıştır. Modeli oluştururken toplu iş sözleşmesindeki 1. ve 3. Maddeler, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallardan 1., 3.-7., 9., 10. ve 12. Maddeler, formenlerin istek ve önerilerinden 2. Madde kullanılarak model oluşturulmuştur.

Senaryo 4 (S4): Bu modelde Dövme Torna İmalat Müdürlüğü'ne bağlı tüm formenler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanarak tecrübelerine göre gruplandırılmıştır. Tecrübesi çok olan formenler A grubunda, tecrübesi yeterli olan formenler B grubunda, tecrübesi az olan formenler ise C grubunda yer almaktadır. Böyle bir gruplandırılmanın yapılmasının sebebi tecrübesi çok olan formen ile tecrübesi az olan formeni aynı vardiyaya atayarak hem formenler arasında tecrübe unsurunu artırmak hem de fabrikanın faaliyetlerinin hızlı, doğru ve kaliteli bir şekilde yerine getirilmesini sağlamaktır. Modeli oluştururken toplu iş sözleşmesindeki 1. ve 3. Maddeler, fabrikanın ihtiyaç duyduğu gereksinimler ve kurallardan 1., 3.-7., 9., 10. ve 12. Maddeler, formenlerin istek ve önerilerinden 3. Madde kullanılarak model oluşturulmuştur.

6.2.1. AHP Yöntemi ile Formenler İçin Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi

Senaryo 4' te kullanılmak üzere formenleri tecrübelerine göre sınıflandırmak için kullanılan kriterler ve formenlerin bu kriterlere göre bilgileri Çizelge 6.1'de verilmiştir. Bu yöntemde kullanılan kriterler fabrikada çalışan en az 10 yıl tecrübeli formenlerin ve formenlerden sorumlu kişilerin görüşleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kullanılan kriterler: Tecrübe yılı, sertifika ve eğitim, aile yapısı, fabrikada çalıştığı yıl ve iletişim becerisidir.

Tecrübe Yılı (TY): Her formenin toplam çalıştıkları yılı göstermektedir.

Sertifika ve Eğitim (SE): Her formenin aldıkları sertifikaların ve eğitimlerin toplamını göstermektedir.

Aile Yapısı (AY): Formenlerin sahip oldukları çocuk sayılarıdır.

Fabrikada Çalıştığı Yıl (FÇY): Her formenin sadece bu fabrikada çalıştıkları yılı göstermektedir.

İletişim Becerisi (İB): Formenlerin diğer çalışan personeller ile anlaşabilme ve çevresindekilerle olan davranışları gibi konulardaki becerilerini puanlama yaparak dikkate alınmasıdır. Bu puanlama yapılırken formenlerden sorumlu olan üst yönetimden bilgi alınarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.1. Kriterler ve Formenlere Ait Olan Bilgiler

Formen	TY	SE	AY	FÇY	İB
1	5	2	1	4	7
2	4	2	Yok	2	9
3	13	7	1	10	9
4	8	4	2	5	7
5	11	5	2	11	7
6	12	5	1	11	9
7	4	Yok	1	4	9
8	9	2	3	5	5
9	9	2	1	6	3
10	10	4	2	8	9
11	17	6	4	13	7
12	8	5	2	4	9
13	7	2	1	3	9
14	9	2	2	8	7
15	6	3	1	2	7
16	5	3	2	5	7
17	7	1	1	5	7
18	7	1	1	3	9
19	15	5	3	13	9
20	12	6	2	10	9
21	10	4	2	6	7
22	13	4	4	12	7
23	8	2	2	8	9
24	4	3	Yok	1	9
25	8	2	1	4	7
26	12	1	1	12	9
27	16	4	3	10	7
28	9	2	1	7	9
29	8	3	1	5	9
30	4	2	2	4	7

6.2.2. Kriterler Arasında Karşılaştırma Matrisi İçin Puanların Belirlenmesi

Aşağıda verilen Çizelge 6.2’de, Çizelge 6.1’de verilen formenlere ait olan bilgiler karşılaştırma matrisinde kullanılması için puanlara dönüştürülmüştür. Bu tabloda sadece iletişim beceresi kriterinde alınan değerler aynen kullanılmıştır.

Çizelge 6.2. Formenlerin Kriterlere Göre Aldıkları Puanlar

TY	P	SE	P	AY	P	FÇY	P	İB	P
5' ten az	1	0 ile 1 arası	3	0 ile 1 arası	3	0 ile 2 arası	1		1
5 ile 7 arası	3	2 ile 3 arası	5	2 ile 3 arası	5	3 ile 5 arası	3		3
8 ile 10 arası	5	4 ile 5 arası	7	4 ile 5 arası	7	6 ile 8 arası	5		5
11 ile 13 arası	7	5 ' ten fazla	9	5 ' ten fazla	9	9 ile 11 arası	7		7
13 ' ten fazla	9					11' den daha fazla	9		9

6.2.3. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Bu bölümde kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karşılaştırmalar yapılırken Saaty'nin (1990) yılında kullandığı önem skalası kullanılmıştır.

Çizelge 6.3. Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	TY	SE	AY	FÇY	İB
TY	1	3	9	5	7
SE	0,33	1	7	3	5
AY	0,11	0,14	1	0,2	0,33
FÇY	0,2	0,33	5	1	3
İB	0,14	0,2	3	0,33	1

Çizelge 6.3'teki köşegenin üstünde kalan sayılarda Saaty'nin 1-9 skalası kullanılmıştır. Köşegenin altında kalan sayılarda ise Eşitlik 4.1' ten yararlanılmıştır.

6.2.4. Kriterlerin Yüzde Olarak Önem Dağılımlarının Belirlenmesi

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için karşılaştırma matrisinde oluşturulan sütun vektörlerinin her bir sütun ilk olarak toplanır ve toplam değer, sütundaki her bir değere bölünerek elde edilmiştir. Karşılaştırma matrisindeki tüm sütunlar için bu işlem gerçekleştirilmiştir. Her bir sütun vektörünün toplanıp, sütundaki her bir değere bölünmesi işleminde Eşitlik 4.2'den yararlanılmıştır. Bu formülden elde edilen değerler bir araya getirilerek Normalize Matris oluşturulur. Çizelge 6.4'te elde edilen Normalize Matris verilmiştir.

Çizelge 6.4. Kriterler Arası Elde Edilen Normalize Matris

Kriterler	TY	SE	AY	FÇY	İB
TY	0,560	0,642	0,360	0,524	0,429
SE	0,187	0,214	0,280	0,315	0,306
AY	0,062	0,031	0,040	0,021	0,020
FÇY	0,112	0,071	0,200	0,105	0,184
İB	0,080	0,043	0,120	0,035	0,061

Normalize Matristeki her bir satır toplanıp aritmetik ortalaması alınarak aşağıda verilen sütun vektörü oluşturulmuştur. Bu oluşturulan vektör, kriterlerin önem ağırlıklarını göstermektedir.

Çizelge 6.5. Kriterler Arasındaki Önem Ağırlıkları

Kriterler	Kriter Ağırlıkları
TY	0,50
SE	0,26
AY	0,04
FÇY	0,13
İB	0,07

6.2.5. Kriterlerin Tutarlılıklarının Ölçülmesi

Bu bölümde kriterler için elde edilmiş ağırlıkların tutarlı olup olmadığı gösterilmiştir. Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması için şu şekilde adımlar uygulanmıştır.

1.adım: Çizelge 6.3'te gösterilen kriterler arası karşılaştırma matrisi ile Çizelge 6.5'te gösterilen kriterler arası önem ağırlıkları çarpılır. Elde edilen bu vektöre D sütun vektörü denilmiştir. D sütun vektörü ile de Çizelge 6.5'te verilen kriterler arası önem ağırlıkları karşılıklı olarak bölünür ve elde edilen vektöre E temel değer vektörü denilmiştir. D sütun vektörü ve E temel değer vektörü Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. D Sütun Vektörü ve E Temel Değer Vektörü

Kriterler	D Sütun Vektörü	E Temel Vektörü
TY	2,74	5,455
SE	1,41	5,431
AY	0,17	5,092
FÇY	0,69	5,203
İB	0,34	5,029

E Temel Vektörünün Aritmetik Ortalaması=5,242'dir. Elde edilen bu değer temel değerdir ve λ ile gösterilmiştir.

2.adım: E vektörünün aritmetik ortalaması alınarak temel değer elde edilmiştir. λ değerini kullanarak Eşitlik 4.6 ile Tutarlılık Göstergesi (CI) bulunmuştur.

$$CI = \frac{5,242 - 5}{5 - 1} = 0,060$$

3.adım: Son olarak tutarlılık göstergesi değeri ile Çizelge 4.2'de verilen rasgele göstergedeki uygun değer birbirine bölünerek Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmıştır. Rasgele gösterge değeri kriter sayısı 5 olduğundan 1,12 olarak alınmıştır.

$$CR = \frac{0,060}{1,12} = 0,054$$

Elde edilen tutarlılık oranı 0,10'dan küçük olduğuna göre formenler için kullanılan kriterler tutarlıdır.

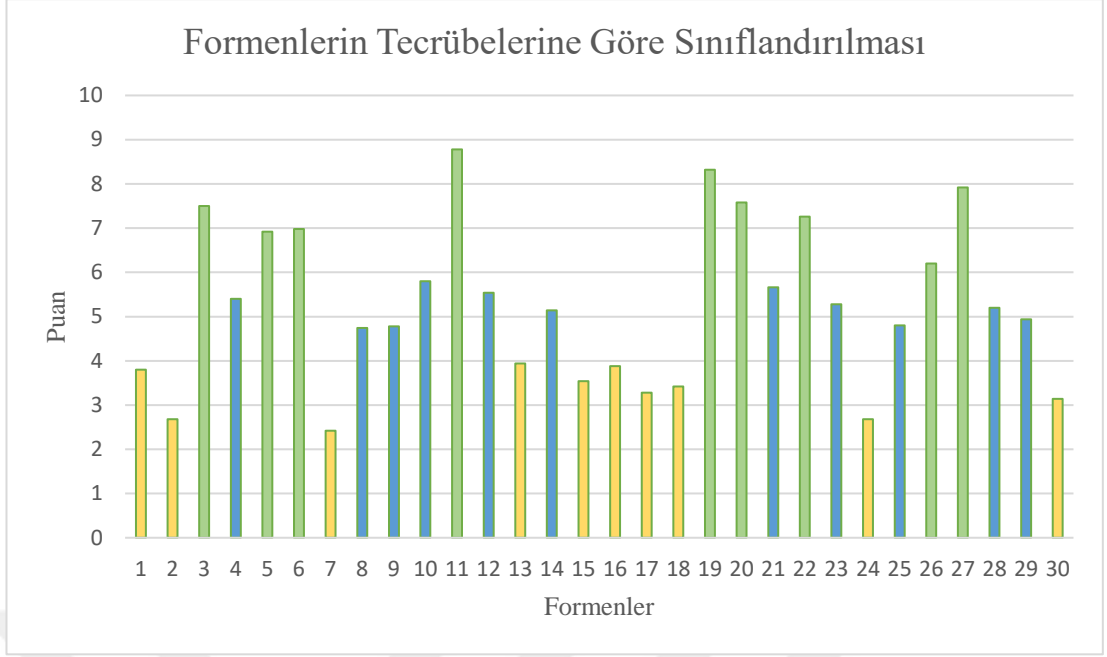
6.2.6. Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Sınıflandırılması

Analitik hiyerarşi prosesi yöntemindeki yukarıda verilmiş olan bütün adımlar, her bir formen için tekrarlanarak hesaplanması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında sadece kullanılan kriterler için AHP yöntemi uygulanmış ve kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Formenlerin her bir kriter için karşılaştırma matrisleri, yüzde önem dağılımları ve tutarlılık ölçüleri hesaplanmamıştır. Bunun sebebi ise 30 formen dikkate alınarak yöntemin uygulanmasıdır. Formenlerin tecrübelerinin sınıflandırılması için elde edilen kriter ağırlıkları ile bu kriterlerde aldıkları 1 ile 9 aralığındaki puanlar birbirleriyle çarpılarak tecrübe puanları elde edilmiştir ve aşağıda verilen Çizelge 6.7'de gösterilmiştir. Formenlerin aldıkları puanlar Çizelge 6.1'de verilen formen bilgileri, Çizelge 6.2 kullanılarak dönüştürülmüştür. Daha sonra 4 ve altında puan alan formenler C, 4,01 ve 6 aralığında puan alan formenler B, 6,01 ve üzeri puan alan formenler ise A gruplarında yer almışlardır. Grup A en tecrübeli formenlerden, Grup B tecrübesi yeterli olan formenlerden ve Grup C tecrübesi az olan formenlerden oluşmaktadır. Bu gruplar Çizelge 6.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Formenlerin Her Bir Kriter İçin Aldıkları Puanlar

Formen	TY	SE	AY	FÇY	İB	Puan	Grup
	0,5	0,26	0,04	0,13	0,07		
1	3	5	3	3	7	3,8	C
2	1	5	3	1	9	2,68	C
3	7	9	3	7	9	7,5	A
4	5	7	5	3	7	5,4	B
5	7	7	5	7	7	6,92	A
6	7	7	3	7	9	6,98	A
7	1	3	3	3	9	2,42	C
8	5	5	5	3	5	4,74	B
9	5	5	3	5	3	4,78	B
10	5	7	5	5	9	5,8	B
11	9	9	7	9	7	8,78	A
12	5	7	5	3	9	5,54	B
13	3	5	3	3	9	3,94	C
14	5	5	5	5	7	5,14	B
15	3	5	3	1	7	3,54	C
16	3	5	5	3	7	3,88	C
17	3	3	3	3	7	3,28	C
18	3	3	3	3	9	3,42	C
19	9	7	5	9	9	8,32	A
20	7	9	5	7	9	7,58	A
21	5	7	5	5	7	5,66	B
22	7	7	7	9	7	7,26	A
23	5	5	5	5	9	5,28	B
24	1	5	3	1	9	2,68	C
25	5	5	3	3	7	4,8	B
26	7	3	3	9	9	6,2	A
27	9	7	5	7	7	7,92	A
28	5	5	3	5	9	5,2	B
29	5	5	3	3	9	4,94	B
30	1	5	5	5	7	3,14	C

Oluşturulan matematiksel modelde A grubunda yer alan formenler ile C gurubunda yer alana formenler veya B grubunda olan iki formen aynı vardiyaya atanması amaçlanmıştır. Matematiksel modelde aşağıdaki Çizelge 6.8’de verilen puanlar baz alınarak kullanılmıştır.



Grup A B C

Şekil 6.1. Formenlerin Tecrübelerine Göre Sınıflandırılması

Şekil 6.1 'de formenlerin aldıkları puanlar sonucunda tecrübelerine göre nasıl sınıflandırıldığı gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. Formenlerin Tecrübelerine Göre Aldıkları Puanlar

Gruplar	Formen	Puan
A	3, 5, 6, 11, 19, 20, 22, 26, 27	3
B	4, 8, 9, 10, 12, 14, 21, 23, 25, 28, 29	2
C	1, 2, 7, 13, 15, 16, 17, 18, 24, 30	1

Kullanılan İndisler

i: Formen indeksi,

n: Fabrikada çalışan formen sayısı

m: Gün sayısı

j: Gün indeksi,

t: Vardiya sayısı

k: Vardiya indeksi

p: Bölüm sayısı

l: Bölüm indeksi

Çizelge 6.9. Matematiksel Modellemelerde Kullanılan İndisler ve Değerleri

İndisler	MD	S1	S2	S3	S4
n	17	18	18	20	30
m	30	30	30	30	30
t	3	3	3	3	3
p	5	5	5	5	5

Çizelge 6.9’da verilen mevcut durumdaki formen sayıları Dövme Torna İmalat Müdürlüğü’ ne bağlı bölümlerde çalışan formenler dikkate alındığında 17 kişidir. Senaryo1, Senaryo 2, Senaryo 3 ve Senaryo 4’ teki formen sayıları ise fabrikanın diğer bölümlerinde çalışan bazı formenler eklenerek matematiksel modeller oluşturulmuştur.

Kullanılan Parametreler

a_{jkl} : j. gün k. vardiyanın l. bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayısı (Mevcut Durum)

b_{jkl} : j. gün k. vardiyanın l. bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayısı (Senaryo 1,2,3)

c_{jkl} : j. gün k. vardiyanın l. bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayısı (Senaryo 4)

t_i : i. formenin aldığı tecrübe puanı (Senaryo 4)

U_s : Aylık planlamada her bir formenin sabah vardiyası için en fazla atanması gereken toplam sayı

U_a : Aylık planlamada her bir formenin akşam vardiyası için en fazla atanması gereken toplam sayı

U_g : Aylık planlamada her bir formenin gece vardiyası için en fazla atanması gereken toplam sayı

L_s : Aylık planlamada her bir formenin sabah vardiyası için en az atanması gereken toplam sayı

L_a : Aylık planlamada her bir formenin akşam vardiyası için en az atanması gereken toplam sayı

L_g : Aylık planlamada her bir formenin gece vardiyası için en az atanması gereken toplam sayı

U_t : Aylık planlamada her bir formenin tüm vardiyalar için en fazla atanması gereken toplam sayı

L_t : Aylık planlamada her bir formenin tüm vardiyalar için en az atanması gereken toplam sayı

- U_s, U_a, U_g değerleri, aylık planlamadaki tüm sabah, akşam veya gece vardiyalarının, toplam formen sayısına oranı ile elde edilen sonucun bir üst tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilmiştir. Örneğin, toplam sabah vardiyası=150 toplam formen sayısı=17, $150/17=8,82$ sayısının 9'a yuvarlanması ile U_s değeri elde edilmiştir.
- L_s, L_a, L_g değerleri, aylık planlamadaki tüm sabah, akşam veya gece vardiyalarının, toplam formen sayısına oranı ile elde edilen sonucun bir alt tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilmiştir. Örneğin, toplam sabah vardiyası=150 toplam formen sayısı=17, $150/17=8,82$ sayısının 8'e yuvarlanması ile L_s değeri elde edilmiştir.
- U_t değeri, aylık planlamadaki tüm vardiyaların, toplam formen sayısına oranı ile elde edilen sonucun bir üst tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilmiştir. Örneğin, toplam vardiya sayısı=450 toplam formen sayısı=17, $450/17=26,47$ sayısının 27'ye yuvarlanması ile U_t değeri elde edilmiştir.
- L_t değeri, aylık planlamadaki tüm vardiyaların, toplam formen sayısına oranı ile elde edilen sonucun bir alt tamsayıya yuvarlanmasıyla elde edilmiştir. Örneğin, toplam vardiya sayısı=450 toplam formen sayısı=17, $450/17=26,47$ sayısının 26'ya yuvarlanması ile L_t değeri elde edilmiştir.

- Mevcut durumda her bölümün her vardiya için ihtiyaç duyduğu formen sayısı EK 1 'de verilmiştir.
- Senaryo 1, 2 ve 3'te her bölümün her vardiya için ihtiyaç duyduğu formen sayısı EK 1 'de verilmiştir.
- Senaryo 4'te her bölümün her vardiya için ihtiyaç duyduğu formen sayısı EK 1 'de verilmiştir.
- Senaryo 2'de aylık çalışma planında her bir formenin istediği izin günleri EK 2'de verilmiştir.

Karar Değişkenleri

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1, & i. \text{ formen } j. \text{ gündeki } k. \text{ vardiyaya } l. \text{ bölüme atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ formen } j. \text{ günde izinli ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m$$

$$d(i) = \text{ hedef kısıtlarındaki sapma değişkenleri} \quad i=1,\dots,8$$

Kısıtlar

1- Mevcut durumda, her gün her vardiyanın her bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayılarını karşılamaktır.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijkl} = a_{jkl} \quad j=1,2,\dots,m / (7,14,21,28) \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.1)$$

2- Her bir formenin pazar günleri çalışmamasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^n X_{i(7)kl} = 0 \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i(14)kl} = 0 \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i(21)kl} = 0 \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.4)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i(28)kl} = 0 \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.5)$$

3- Senaryo 1, 2 ve 3'te her günün her vardiyasının her bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayılarını karşılamaktadır.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijkl} = b_{jkl} \quad j=1,2,\dots,m \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.6)$$

4- Her formen günlük belirlenmiş olan vardiyalardan sadece birinde çalışmaktadır.

$$\sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^p X_{ijkl} \leq 1 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (6.7)$$

5- Eğer bir formen herhangi bir gün izinliyse, izinli olduğu gün çalışmamasını sağlamaktadır.

$$\sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^p X_{ijkl} \leq (1 - h_{ij}) \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (6.8)$$

6- Her bir formenin ardı ardına en fazla 6 gün çalışmasını sağlamaktadır

$$h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} + h_{i(j+6)} \geq 1 \quad i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m-6 \quad (6.9)$$

7- Aylık planlama dönemi boyunca her bir formenin sabah, akşam veya gece vardiyalarına toplam en fazla atanması gereken sayıları göstermektedir.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij1l} \leq U_s \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.10)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij2l} \leq U_a \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.11)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij3l} \leq U_g \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.12)$$

8- Aylık planlama dönemi boyunca her bir formenin sabah, akşam veya gece vardiyalarına toplam en az atanması gereken sayıları göstermektedir.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij1l} \geq L_s \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.13)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij2l} \geq L_a \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.14)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ij3l} \geq L_g \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.15)$$

9- Her bir formen gece vardiyasında çalıştığında ertesi gün sabah ve akşam vardiyalarında çalışmamalıdır.

$$\sum_{l=1}^p X_{ij3l} + X_{i(j+1)1l} + X_{i(j+1)2l} \leq 1 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-1 \quad (6.16)$$

10- Her bir formen akşam vardiyasında çalıştığında ertesi gün sabah vardiyasında çalışmamalıdır.

$$\sum_{l=1}^p X_{ij2l} + X_{i(j+1)1l} \leq 1 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-1 \quad (6.17)$$

11- Aylık planlama dönemi boyunca her bir formenin toplam vardiya sayılarının en fazla atanması gereken sayıyı göstermektedir.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^t X_{ijkl} \leq U_t \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.18)$$

12- Aylık planlama dönemi boyunca her bir formenin toplam vardiya sayılarının en az atanması gereken sayıyı göstermektedir.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^t X_{ijkl} \geq L_t \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.19)$$

13- 3., 4., 5. ve 6. formenler ana binada çalışmamasını sağlamaktadır.

$$X_{ijk1} = 0 \quad i=3,\dots,6 \quad j=1,2,\dots,m \quad k=1,2,\dots,t \quad (6.20)$$

14- 16., 17. ve 18. formenler sadece ovalama ve ısıtma bölümlerinde çalışmalarını sağlamaktadır.

$$X_{ijkl} = 0 \quad i=16,\dots,18 \quad j=1,2,\dots,m \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1..3 \quad (6.21)$$

15- Aylık planlamadaki hafta sonlarında her formen en az 2 gün izinli olmalıdır.

$$h_{i6} + h_{i7} + h_{i13} + h_{i14} + h_{i20} + h_{i21} + h_{i27} + h_{i28} \geq 2 \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.22)$$

16- Senaryo 4'te her gün her vardiyanın her bölümünde ihtiyaç duyulan formen sayılarını karşılamaktadır.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijkl} = c_{jkl} \quad j=1,2,\dots,m \quad k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.23)$$

Hedef Kısıtları

Hedef 1- Her bir formenin aylık çalışma planında atandıkları toplam vardiya sayıları mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^t X_{ijkl} + d1_i^- - d1_i^+ = L_t \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.24)$$

Hedef 2- Aylık çalışma planında formenlerin atandıkları gece vardiyaları mümkün olduğu kadar ardı ardına olmalıdır.

$$\sum_{l=1}^p X_{ij3l} + X_{i(j+1)1l} + X_{i(j+1)2l} + h_{i(j+1)} + d2_{ij}^- - d2_{ij}^+ = 1 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-1 \quad (6.25)$$

Hedef 3- Aylık çalışma planında izinli olma-gece vardiyasında çalışma- izinli olma durumu mümkün olduğu kadar en aza indirgenmelidir.

$$\sum_{l=1}^p h_{ij} + X_{i(j+1)3l} + h_{i(j+2)} + d3_{ij}^- - d3_{ij}^+ = 2 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-2 \quad (6.26)$$

Hedef 4- Aylık çalışma planında gece vardiyasında çalışma-izinli olma-gece vardiyasında çalışma durumu mümkün olduğu kadar en aza indirgenmelidir.

$$\sum_{l=1}^p X_{ij3l} + h_{i(j+1)} + X_{i(j+2)3l} + d4_{ij}^- - d4_{ij}^+ = 2 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-2 \quad (6.27)$$

Hedef 5- Her bir formenin aylık planlama dönemi boyunca izin istedikleri günler arasından 2'sinin mümkün olduğu kadar gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

$$h_{1(2)} + h_{1(8)} + h_{1(18)} + h_{1(24)} + h_{1(29)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=1 \quad (6.28)$$

$$h_{2(1)} + h_{2(9)} + h_{2(15)} + h_{2(23)} + h_{2(29)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=2 \quad (6.29)$$

$$h_{3(3)} + h_{3(9)} + h_{3(17)} + h_{3(22)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=3 \quad (6.30)$$

$$h_{4(1)} + h_{4(12)} + h_{4(16)} + h_{4(22)} + h_{4(30)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=4 \quad (6.31)$$

$$h_{5(4)} + h_{5(11)} + h_{5(18)} + h_{5(26)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=5 \quad (6.32)$$

$$h_{6(5)} + h_{6(10)} + h_{6(19)} + h_{6(26)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=6 \quad (6.33)$$

$$h_{7(2)} + h_{7(9)} + h_{7(15)} + h_{7(24)} + h_{7(29)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=7 \quad (6.34)$$

$$h_{8(2)} + h_{8(12)} + h_{8(19)} + h_{8(24)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=8 \quad (6.35)$$

$$h_{9(5)} + h_{9(10)} + h_{9(19)} + h_{9(25)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=9 \quad (6.36)$$

$$h_{10(1)} + h_{10(10)} + h_{10(19)} + h_{10(25)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=10 \quad (6.37)$$

$$h_{11(4)} + h_{11(10)} + h_{11(17)} + h_{11(23)} + h_{11(30)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=11 \quad (6.38)$$

$$h_{12(4)} + h_{12(8)} + h_{12(16)} + h_{12(26)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=12 \quad (6.39)$$

$$h_{13(1)} + h_{13(8)} + h_{13(15)} + h_{13(26)} + h_{13(29)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=13 \quad (6.40)$$

$$h_{14(3)} + h_{14(11)} + h_{14(17)} + h_{14(23)} + h_{14(29)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=14 \quad (6.41)$$

$$h_{15(5)} + h_{15(12)} + h_{15(18)} + h_{15(23)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=15 \quad (6.42)$$

$$h_{16(5)} + h_{16(11)} + h_{16(16)} + h_{16(25)} + h_{16(30)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=16 \quad (6.43)$$

$$h_{17(2)} + h_{17(8)} + h_{17(19)} + h_{17(22)} + h_{17(30)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=17 \quad (6.44)$$

$$h_{18(3)} + h_{18(8)} + h_{18(15)} + h_{18(25)} + d5_i^- - d5_i^+ = 2 \quad i=18 \quad (6.45)$$

Hedef 6- Aylık çalışma planında izinli olma- çalışma günü- izinli olma durumu

mümkün olduğu kadar en aza indirgenmelidir

$$\sum_{i=1}^p h_{ij} + X_{i(j+1)1l} + X_{i(j+1)2l} + X_{i(j+1)3l} + h_{i(j+2)} + d6_{ij}^- - d6_{ij}^+ = 2$$

$$i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-2 \quad (6.46)$$

Hedef 7- Aylık çalışma planında çalışma günü- izinli olma- çalışma günü durumu mümkün olduğu kadar en aza indirgenmelidir.

$$\sum_{l=1}^p X_{ij1l} + X_{ij2l} + X_{ij3l} + h_{i(j+1)} + X_{i(j+2)1l} + X_{i(j+2)2l} + X_{i(j+2)3l} + d7_{ij}^- - d7_{ij}^+ = 2 \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m-2 \quad (6.47)$$

Hedef 8- Tüm bölümlerin sabah ve akşam vardiyalarına mümkün olduğu kadar tecrübesi çok olan formen ile tecrübesi az olan formen aynı vardiyaya atanmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n (t_i * X_{ijkl}) + d8_{ijk}^- - d8_{ijk}^+ = 4 \quad j=1,2,\dots,m \quad k=1,2 \quad l=1,2,\dots,p \quad (6.48)$$

Amaç Fonksiyonları

Mevcut Durum

$$MinZ = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d2_{ij}^- + d2_{ij}^+ + d3_{ij}^- + d3_{ij}^+ + d4_{ij}^- + d4_{ij}^+) \quad (6.50)$$

Senaryo 1

$$MinZ = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d2_{ij}^- + d2_{ij}^+ + d3_{ij}^- + d3_{ij}^+ + d4_{ij}^- + d4_{ij}^+) \quad (6.51)$$

Senaryo 2

$$MinZ = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+ + d5_i^- + d5_i^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d6_{ij}^- + d6_{ij}^+ + d7_{ij}^- + d7_{ij}^+) \quad (6.52)$$

Senaryo 3

$$MinZ = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d6_{ij}^- + d6_{ij}^+ + d7_{ij}^- + d7_{ij}^+) \quad (6.53)$$

Senaryo 4

$$MinZ = \sum_{i=1}^n (d1_i^- + d1_i^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t (d8_{ijk}^- + d8_{ijk}^+) \quad (6.54)$$

Modelin çözümünde “Intel (R) Core (TM) i5-3210 M CPU@2.50 GH” işlemcisi, 8 GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. İlgili verilerin girilmesiyle model ILOG CPLEX Studio IDE programında yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Oluşturulan matematiksel modellemelerde kullanılan her bir kısıt Çizelge 6.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. Matematiksel Modeller Oluşturulurken Kullanılan Kısıtlar

Kısıtlar	MD	S1	S2	S3	S4
K1	×				
K2	×				
K3		×	×	×	
K4	×	×	×	×	×
K5	×	×	×	×	×
K6	×	×	×	×	×
K7	×	×	×	×	×
K8	×	×	×	×	×
K9	×	×	×	×	×
K10	×	×	×	×	×
K11	×	×	×	×	×
K12	×	×	×	×	×
K13		×			
K14		×			
K15				×	
K16					×
H1	×	×	×	×	×
H2	×	×			
H3	×	×			
H4	×	×			
H5			×		
H6			×	×	
H7			×	×	
H8					×

Çizelge 6.11. Mevcut Durum İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam			
1	AB		A																S																			
	T									G	G		S																									
	D	S		A			A														S													8	8	7	23	
	O			A					G									S	S				A			G	G		G	G								
	I				A								S				S							A	A													
2	AB																				S		S		A													
	T		S	S	S							G													A	A		A		G	G							
	D					S																	S												8	8	7	23
	O						A		A	A		G						A																				
	I	S									G						G		G																			
3	AB			G														S										S		A								
	T				G	G							G						S				A	A														
	D		G						A	A		G								S						S				G				8	7	8	23	
	O										A																											
	I	G									A							S			S						S											
4	AB		G						G	G									S																			
	T	G										A								S	S																	
	D			G																			S			A	A							7	8	8	23	
	O																S	S	S					A	A					A								
	I				G	G	G						A																									
5	AB	G											A	A					S	A			A			G												
	T																							G		G	G											
	D								S							S	S																		8	7	8	23
	O				S	S							A												G													
	I		G			S					S																											
6	AB					S						S	S												G				S									
	T	A		G												S	A			A							G											
	D									S								A			A			A	G									8	7	8	23	
	O		G										S																									
	I							G											A							G	G			S								
7	AB																								G													
	T				S								G								A																	
	D											G														G									8	8	7	23
	O		S								G																											
	I			S	S	S		A	A				G						A	A	A			S					G									
8	AB				G					S	S									G	G						S											
	T					G										G																						
	D	A	A		G							S	S	S							G													8	7	8	23	
	O																	G																				
	I			A				S																														

Çizelge 6.11. (devam) Mevcut Durum İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam	
9	AB										G			A									A	A												
	T	S																					S						S							
	D								G							A		S	A											A		7	8	8	23	
	O			G	G	G	G																													
	I	S								G		G					S		A						A	S										
10	AB						A				G					G	G							S	S											
	T	A	A		A																										A					
	D							S		G			G													S						7	8	8	23	
	O								G								G		S								S									
	I	A			A							G													S				A							
11	AB			A				S				S						A		A				G			G									
	T										S		S					A																		
	D			A														A								G	G		S	S		8	8	7	23	
	O	G							S	S							A																			
	I						A									A							G	G												
12	AB			A	A					A		G				S		G		G																
	T								A	A								G							S				A							
	D																				G				S		A				7	8	8	23		
	O		S								G	G											S		S					A						
	I																G							S												
13	AB	A			G							A						A					A													
	T							S									G		G					S	S											
	D					G	G			A												G					S				8	8	7	23		
	O	A	A						S							G									S			S	S							
	I											A																								
14	AB															A	A							S						G						
	T	G							S	A								G						S		A										
	D	G					S									A													G		8	7	8	23		
	O				S				S				S																							
	I		G									A								G	G				S	A										
15	AB	S		S		G		A												S					A			G								
	T			A						S												G														
	D	S									A	A				G	G	G												7	7	8	22			
	O				A						S												G	S	A											
	I																													G						
16	AB			S	S												A										A									
	T					S		G															G							S						
	D								G																						7	8	8	23		
	O	A										A				A		G	G	G				G	A											
	I	A									S	S						G								A			S							
17	AB	S							A			A	G					S																		
	T					A												S							G											
	D			S	S	A					A													G			G		A		8	8	7	23		
	O	S									A																									
	I																		S	S						G	G									

Çizelge 6.12. Senaryo 1 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam				
1	AB					G	G		G							A	A			S	S		S			S		G											
	T											S		A					A												G								
	D	A							G																									8	8	9	25		
	O					G																	S		A														
	I		G		A								S				A												S										
2	AB				S	S			G			S	A		G								A							G									
	T		S	A		S																		A		G		G		G									
	D							S	G			S							A	A	A				A									8	9	8	25		
	O															A												G											
	I	S																																					
3	AB																																						
	T			A	G	G			A			A					G				S	A					S												
	D	A	A											S	S						S				G	G		S	S	S					8	9	8	25	
	O						G			A						A		G																					
	I										A														G														
4	AB																																						
	T	G				S	S	S	S				G	G								A			S		A												
	D	G			G							A				G												A	A							8	8	9	25
	O		G	G																S	S						A				A								
	I											G						S					A																
5	AB																																						
	T	S					G	G	G							S				A	A			G											S				
	D				A																	A	A			S	A									8	9	8	25
	O		S	A			G				G						S	G												A									
	I											G		S	S															A									
6	AB																																						
	T										A		S	S		G							S						S	A									
	D		G						A	G						G		G	S		S	S										A				9	8	8	25
	O	G	G				S	A																															
	I			G				A						S														A	A										
7	AB	A	A			S				S			S	A									G		G	G		G											
	T		A					A				S									G	G						G											
	D				S	S											A																		8	9	8	25	
	O																								G						S	S							
	I								A					A				A																					
8	AB	A								G		S				A								A				S	S										
	T	A		G	G					G		S				A										G													
	D					G			A							A																				9	8	8	25
	O																					S					G		S										
	I				G			S						A							S	S																	
9	AB		G	G	G			S	S		A																S		A										
	T																A					S			S				A										
	D		G												A	A								S							G	G			9	8	8	25	
	O																																						
	I					G				S	G									S	S							A											

Çizelge 6.12. (devam) Senaryo 1 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam																														
10	AB		S	S										G			S			A				A	A						A																																		
	T			S	A									G				S										G																																					
	D								S	G	G						S			S		G		A			G						8	8	9	25																													
	O							A					G																G																																				
	I						A																																																										
11	AB	G			A							A	A		G	G						S				G					S																																		
	T			S	A											G									A					S																																			
	D		S								A							G	G						A	G						8	8	9	25																														
	O							S	S										G					S																																									
	I										A																																																						
12	AB							G										G	G		G	G					S	A																																					
	T													A	A								G				S																																						
	D	S	S				G			S	S		A																	A			9	8	8	25																													
	O					S																								A																																			
	I			S	S							A						A							G																																								
13	AB	G						A	A		S					S										A																																							
	T	G								A										S	G					A	A																																						
	D			G	A	A							S																G				8	9	8	25																													
	O													S	S								G		S																																								
	I		G															S			G																																												
14	AB		S							A		G				S	S	A	G					S																																									
	T				S	A				G	G							S								S																																							
	D			S	S								G	G														S					9	8	8	25																													
	O						A																						A																																				
	I	A																					G	G					A	A																																			
15	AB	S		A	A	A				S	G								S	A										A																																			
	T																														A																																		
	D				A			A					G				S	S					G	G				S					8	9	8	25																													
	O										S															G																																							
	I	A												G	G																																																		
16	AB																																																																
	T																																																																
	D																																																																
	O	A	A			S		G	G			S	G	G	G			S	A			A					S	S			G																																		
	I			A		S	G				S					G						A	A	A	A		S					G																																	
17	AB																																																																
	T																																																																
	D																																																																
	O	S		S	S							G		S				S	A		A	A		A					G		G																																		
	I		S			A	S	G	G	G				A		S				A					A		A	S		G	G																																		
18	AB																																																																
	T																																																																
	D																																																																
	O				A	A	A			S	A	A	A	A		G						G	G				S				S																																		
	I	G		S				A	S									G	G	G					S	S		G	G																																				

Çizelge 6.11'de fabrikanın Dövme Torna İmalat Müdürlüğü'ne bağlı bölümlerinde çalışan formenlerin mevcut çalışma durumları elde edilmiştir. Önceden aylık çalışma planları bu işte uzman bir personel tarafından el ile hazırlanmaktaydı. Şimdi ise mevcut çalışma durumu için oluşturulan matematiksel model yardımıyla hazırlanabilmektedir. Bu modelin oluşturulmasıyla,

- Formenlerin dengeli ve adaletli bir biçimde vardiyalara atanması sağlanmıştır.
- Daha çabuk ve etkin bir çizelge oluşturulmuştur.
- Önceden her bölüm için ayrı ayrı çalışma çizelgesi hazırlanırken, şimdi tüm bölümler için aynı anda çalışma çizelgesi hazırlanmıştır.

Çizelge 6.11 için elde edilen istatistikler şu şekildedir; Değişken sayısı: 11121, kısıt sayısı: 4462, çözüm süresi (saniye): 106, hedef 1 pozitif sapma: 16, hedef 1 negatif sapma: 0, hedef 2 pozitif sapma: 40, hedef 2 negatif sapma: 242, hedef 3 pozitif sapma: 0, hedef 3 negatif sapma: 600, hedef 4 pozitif sapma: 0, hedef 4 negatif sapma: 693 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.12'de Senaryo 1 için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasıyla,

- Bazı formenlerin çalıştıkları 5 bölümde yeterli olup olmamaları açısından, sadece fabrikanın belirlediği bölümlerde çalışması istenmiştir. Buna bağlı olarak hem formenlere nitelikleri az oldukları işler verilmemiş hem de fabrikanın faaliyetleri aksatılmadan üretime devam etmesi amaçlanmıştır.
- Fabrikanın belirlediği mümkün olduğu kadar gece vardiyalarının ardı ardına olması, toplam vardiya atamalarının eşit olması, gece vardiyalarının dengeli dağıtılması gibi hedefler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.12 için elde edilen istatistikler şu şekildedir; Değişken sayısı: 14457, kısıt sayısı: 5868, çözüm süresi (saniye): 218, hedef 1 pozitif sapma: 0, hedef 1 negatif sapma: 0, hedef 2 pozitif sapma: 45, hedef 2 negatif sapma: 277, hedef 3 pozitif sapma: 0, hedef 3 negatif sapma: 728, hedef 4 pozitif sapma: 0, hedef 4 negatif sapma: 756 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.13. Senaryo 2 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam					
1	AB			S			G																																	
	T									G	G															S														
	D		S			A						G	G		S	A		A		S							S	A						9	8	8	25			
	O	S											G											S						A										
	I						G											A			S		G																	
2	AB							G						G		A																								
	T												G											S						G										
	D	G			S		A			S	S						A							S											8	9	8	25		
	O		G									A							A													G								
	I				A		G											A		A	A				S	S	S													
3	AB				A					S														S		A				S										
	T											S				S			G					S			G													
	D						G	G					S								G					A									9	8	8	25		
	O			A	A		A												A																					
	I	G									S	S			G				A											G										
4	AB		S	G			S		S						G			G	G					S	S															
	T				G							A	G						G	G						A	A													
	D								A																											8	8	9	25	
	O						S					A							A																					
	I	S						S															G								A									
5	AB							G	G					S	S									A																
	T	S																G																						
	D		G			S	S	A										S							A	A						S				8	8	9	25	
	O										S									G						A														
	I		G				A												G	G	G							A	A											
6	AB	S													A	A	A			G	G								S	G										
	T																	A																						
	D						S						A												G				S							9	8	8	25	
	O			S	S	S						A				A						G			G			S												
	I	S						G	G			A																												
7	AB				G		S												S																					
	T									G										S						A														
	D		G						A																		G	G	G							8	8	9	25	
	O		A							A													A																	
	I	A				G		A				G				S	S	S																						
8	AB			A													G						S	A						S										
	T				A																				A															
	D	A	A							G				S	G																					9	8	8	25	
	O					S		S	G	G						G							S			A														
	I						S													G							A													
9	AB				S																			G		S														
	T		S					S										A	G									S	G											
	D										A																										9	8	8	25
	O													A						G																				
	I			S	S		A			S	S	A																												

Çizelge 6.13. (devam) Senaryo 2 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam		
10	AB				A											S	S			S	S						G										
	T		A	A		G	G				A	A						A					S		G												
	D																							A													
	O								A	A					S								S							G							
	I														S													G									
11	AB	A	A			G			S		S									A																	
	T								S		G										A	A					S										
	D			G		G								G	G					A		A					S		S								
	O								S									S					G		S												
	I		A									G																S									
12	AB								A		A	A									A				G			G									
	T		G			S	S		S		S				A				A								A										
	D	S						S			S							S					G														
	O		G																		A				G												
	I						S										A																				
13	AB																	S							A												
	T		S															S								G	G										
	D			A	G				S		A	G																									
	O	A					G	G					G	G										A				G									
	I									A									S	S	S			A													
14	AB	G						A	A			S							A			S															
	T			S	A	A							A	G																							
	D																				G					G								S			
	O									S																								S		S	
	I	G							A				G	G					G							A	G										
15	AB																					S															
	T							G																													
	D		S				A		G					A	A	G				S	S								A	A							
	O	S		G	G					G																		A									
	I									G					A									S	S	S											
16	AB					A			A									G										G									
	T	A		G				A	A				S					G																			
	D																				A		S	S													
	O						A							S	S					S							G				S	A					
	I	A		G										S													G	G									
17	AB					G				A	A											G															
	T	G					G		S					A					S																		
	D		A															S	G								S										
	O			A			G								A						G		G		S	S											
	I		A								A																										
18	AB	G		S						G	G	G									G					A											
	T				S	A										S						S															
	D																		G																		
	O	G							S																												
	I					S					G																										

Çizelge 6.14. Senaryo 3 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam		
1	AB	A	G	G							S	S							G							A											
	T					S			A			S										A				S								G			
	D							A											G				A														
	O									G				S																					G		
	I						S									S												A									
2	AB						S						G				A																	A			
	T										G			G										S													
	D		A								G									A	A				S			S									
	O	A		A	G																								S								
	I					G			S			G					G									S									A		
3	AB													G									A		A										A		
	T		G													G	G			S																	
	D	G				A			S	S																	A	A									
	O				A					S			A						S			S															
	I										S										S			G												G	
4	AB						A																														
	T			G						A	G		S	S										S													
	D	A	G								A											S				A											
	O						A														S							S	A								
	I				G			G									G								S	G										G	
5	AB							A												S	S														G		
	T				S					A	A																									G	
	D			S					A		A						G	S								S										G	
	O	G							A													G			S												
	I				A								A														S										
6	AB			A							G			A													S										
	T			S															G	G								S									
	D							S			G													G						A						G	
	O				A				S			S					G						A	A												A	
	I								S											G									S								
7	AB	A			S		G												G	G					A												
	T					A			S													S	S					S									
	D															G																				G	
	O									A	G	G																S									
	I	A		A																								S									
8	AB										A											A	A					G							S		
	T			A	G			S	S															G		S											
	D												G	G																						S	
	O																																				
	I	S	A							A	A																										
9	AB					S																														A	
	T	A				A	G				S	S														A										A	
	D																									G											
	O									G																											S
	I		G					G					S									S							G								
10	AB											S														G										G	
	T	G												G																							
	D																																				
	O		G			S	S	S		A																											
	I			G						A	A																										S

Çizelge 6.14. (devam) Senaryo 3 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F/G	Böl.	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	S	A	G	Toplam	
11	AB	G		G				G											A			S	S			S	A		G							
	T						A											A										A								
	D															S																7	8	8	23	
	O		G		A						A	G													S											
	I								G				G			S		A						S												
12	AB		S						G	G								S	G								S									
	T																	S																		
	D			S	A		G					S	A											A	A								8	7	7	22
	O																						S													
	I	G					A		G					A							G					A			S							
13	AB							S		G											S		G	G		S										
	T	S				G									A												A									
	D			S	S								S		A	A		G										A								
	O									A													G	G												
	I							S																												
14	AB						S										A										A									
	T	S	A						A												A			G												
	D			G	G										S																					
	O					G					S											G		G		A										
	I	S										S					S					G					A	G								
15	AB				G		A																	A												
	T	A														S					A	G					A									
	D	S	A					G	S	G											S			S												
	O															S										A		G		S						
	I					G							G					A																		
16	AB				S																G															
	T		G					G	G			S			A						G		A													
	D	S	G					A			S				A											G		S								
	O																								A	A	G									
	I					S							S																A							
17	AB	S	A							A												G														
	T					S																G		G					S	S						
	D																																			
	O	S				G			S						A	A	A	G										G								
	I		A								A	A													G	G										
18	AB				A				S					S	S	S																				
	T																																			
	D										A							S																		
	O	A	S								S																									
	I					A													A	A																
19	AB														A																				S	
	T														A										A	G	G									
	D			A		G			S	A			A											S												
	O	S	S	G														G				S		S												
	I										G							A	G				S													
20	AB	S				G			A				A											G	S	G										
	T											A																								
	D										A																									
	O									G													G	G												
	I		S	S	S																															

Çizelge 6.13'te Senaryo 2 için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasıyla,

- Her bir formenin hafta içi çalışma günlerinde istedikleri izin günlerinden en az 2 günün izin verilmesi amacı gerçekleştirilmiştir. Böylelikle fabrikada çalışan formenlerin memnuniyetlerinin artırılması, fabrikaya karşı bağlılıkları, zihinsel açıdan kendilerini iyi hissetmelerini ve çalıştıkları her bir bölümde motivasyonlarının artırılması gibi kriterlerde pozitif yönde bir iyileştirme olabileceği düşünülmüştür.

Çizelge 6.13 için elde edilen istatistikler şu şekildedir; Değişken sayısı: 10800, kısıt sayısı: 4194, çözüm süresi (saniye): 170, hedef 1 pozitif sapma: 0, hedef 1 negatif sapma: 0, hedef 5 pozitif sapma: 0, hedef 5 negatif sapma: 0, hedef 6 pozitif sapma: 252, hedef 6 negatif sapma: 672, hedef 7 pozitif sapma: 0, hedef 7 negatif sapma: 644 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.14'te Senaryo 3 için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasıyla,

- Her bir formene verilen izinleri, aylık çalışma planındaki hafta sonlarını dikkate alarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Aylık çalışma planının 8 hafta sonu günü vardır ve her bir formene 8 günün en az 2 gününde izin verilmiştir. Böylelikle formenlerin hafta sonları aileleri ile daha çok vakit geçirmesi ve günlük hayattaki işlerini daha rahat yapabilmesi düşünülmüştür.

Çizelge 6.14 için elde edilen istatistikler şu şekildedir; Değişken sayısı: 12040, kısıt sayısı: 4610, çözüm süresi (saniye): 190, hedef 1 pozitif sapma: 10, hedef 1 negatif sapma: 0, hedef 6 pozitif sapma: 396, hedef 6 negatif sapma: 632, hedef 7 pozitif sapma: 0, hedef 7 negatif sapma: 732 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.15. Senaryo 4 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F	Böl.	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	S	A	G	Toplam		
1	AB			S			S				A	A			A	A		A			S			A	S												
	T											A	S																		G						
	D								S							A		G									S		G			10	10	5	25		
	O					G		S														S	S					A									
	I	A			G																																
2	AB										G																				A						
	T																S					S	G														
	D				A	A							S								S							A		A			10	10	5	25	
	O	G									G	S	S								S					A	A										
	I	G		A			S	A							S	S												A									
3	AB																																				
	T	S						S	S																				A								
	D			A		A					G	G		S						G	G						G					10	10	5	25		
	O							S	S																S	A											
	I		S		A	A										S	A	A					S					A	A								
4	AB				G	G	G		S	S											A																
	T			A								A									A						S	S									
	D																							S									9	11	5	25	
	O																			A																	
	I	S	A									A	A	G		A	A				A				S	S	G		S								
5	AB	S			S			G		S	S	A					S	A									S		A								
	T						G																														
	D																					A															
	O	S	S		G			G						S						G				A				A	A		A						
	I															S							A	A													
6	AB										A		S								A					S			S								
	T			S										S	G									A	A							S					
	D		S				G	G																					S								
	O				A	A						A																S	S								
	I	A								A							G	G																			
7	AB							S			S		S								G																
	T			S					S																												
	D	S													A										A			A		A							
	O	S							S	G					A			G																			
	I		S		G		S																S	A		A	A		A								
8	AB			A					G						A								G	S													
	T				A								A					S							S	S	S		S	A							
	D	A									S						G										S										
	O	A					A					S																									
	I		A					G		S												S								G							
9	AB	A	A		A					S							S										G										
	T							S					G									A					G	G									
	D	A				G																	A														
	O				A						S							S	S					A	A												
	I								S							S									A					S							
10	AB	A	A		G				A						A											S											
	T					S				G			A													S	S			S	G						
	D											S																									
	O						S									A																					
	I		G					A									A	A		S	S																

Çizelge 6.15. (devam) Senaryo 4 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F	Böl.	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	S	A	G	Toplam
11	AB												A						S			G		S			G								
	T															G	S																		
	D	A				G				S													S	A							S				
	O		A	A					S		A			A	A							S	A				S			G					
	I				A			S												S							A								
12	AB		A														G				A											A			
	T					S	S						S	A								G			S					A					
	D			A				S													A			S		A									
	O				A											G	G																		
	I	S							S	S		S															G	S							
13	AB												G							S					A										
	T	S						A								S							A		A		A		A						
	D			S			S		G	G	G					G	S				S		A		A		A		A						
	O		S			A																									A				
	I				S										S								A												
14	AB							A					G	G										A		G	S								
	T						S			A		A										S													
	D	S							A												A														
	O		S	G	G		S				A								S				S			A					S				
	I																									A				S	S				
15	AB					S																			S				G						
	T		A										S								S														
	D	A					A	A								S	A											S							
	O			A		A								S			A					G	G					A		A					
	I								G	G		S														S	S								
16	AB	S		G									S						A		A														
	T				S											A			A	A	A				A			G				S			
	D									S	S																G		G	S					
	O						A					S											A					G							
	I		A			S	A							A																					
17	AB	G											A			S								S	S										
	T		S										G					A																	
	D			S		S																		S	S										
	O				S			S		A	A																			G					
	I						G			A	A									A	A	G					A		A	A					
18	AB	S				S	A					A						S				A						A		G	G				
	T								A	A																				G					
	D									A							S					S													
	O			S	S								A	A								S						S	S						
	I					S																			G	G									
19	AB						S									A				G					A		A	A	A						
	T	A	A										G					A	G					S											
	D						S					S																							
	O				S	S			A																S							G			
	I							S						S										S							G				
20	AB		G				S	S																		G									
	T												S																						
	D	G		G			S				S					A	A				S				A	G			S		S	A			
	O								S										A																
	I					S								S	A																				

Çizelge 6.15. (devam) Senaryo 4 İçin Elde Edilen Aylık Çalışma Planı

F	Böl.	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	S	A	G	Toplam				
21	AB					A			S					G									A	A	A	S			A	9	11	5	25						
	T											A					G				S			A			S												
	D	G		S	S			S										G											A										
	O	A																																					
	I										S	A				A	G					S																	
22	AB										A							S		S																			
	T	S		S								G								S								A											
	D				A	A											S			S		S		A			A												
	O						A						G	G												A		A											
	I			S		A						G		G											A														
23	AB		A	A					A	G																			S										
	T	G			G				A		S			A						S							S		A	A									
	D												S													S													
	O																	S	S	S		G																	
	I				G	A									A								S				S												
24	AB				A										S			S											S	S									
	T	S	A		A											S																							
	D			A							A	G											A					S											
	O					G	A	A											A	A			A				S												
	I											G				S								G	G														
25	AB																							A															
	T			A	A	G		S							A					G									S										
	D		A						A			A	A			A	A		A	A		G																	
	O													A													G	S	S										
	I	S	S								S	S									G			S															
26	AB	S	S			A									S			A	G		G								S										
	T			G	A	A							S	S								G					A												
	D	S							A	A	S								S									A	G										
	O																																						
	I							A												A							S												
27	AB												S			A		S				S																	
	T		A			A	A							A		A				A							A												
	D			G			A															S		S			S			S	G								
	O								G			S		A									S							G									
	I	A				S				G																			A										
28	AB			S	A	A												G							A				S										
	T				S					S																A													
	D										A						G							A	A	A													
	O	G				A				S						S							A						S	S									
	I	G									A		S						G	A																			
29	AB			S										A										A															
	T	G								S															G			S											
	D	S			S						A					A		A								G													
	O				S	S	G									S		A	A																				
	I										A	A												S				S	S	G									
30	AB											S									S								A										
	T	A	G			A	G	G			S								S		A					S	A	A											
	D											S	A	G		S		S											S										
	O	A																						G	S														
	I				A	A																																	

Çizelge 6.16. Senaryo 4 İçin Ana Binada Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı

F/G	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	
1			S				S			A	A				A	A		A			S			A		S					
2										G																				A	
3																															
4					G	G	G		S	S											A										
5		S			S			G			S	S	A				S	A								S			A		
6											A			S							A				S				S		
7								S			S			S			G														
8				A					G						A						G	S									
9	A		A		A					S						S										G					
10	A	A		G						A				A								S									
11													A							S		G		S				G			
12		A														G					A									A	
13												G								S						A					
14								A						G	G								A			G	S				
15					S																			S					G		
16	S		G										S				A	A													
17	G												A			S						S		S							
18		S				S	A					A					S				A					A		G	G		
19						S										A				G				A	A	A	A				
20		G					S	S																G							
21					A				S				G									A	A		A		S			A	
22											A								S			S									
23			A	A						A		G																S			
24					A										S			S											S	S	
25																									A						
26	S		S				A								S				A		G		G							S	
27													S					A		S			S								
28				S		A		A											G									S			
29				S											A									A							
30												S										S							A		

Grup



Çizelge 6.17. Ana Binada Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiya

Vardiya	Sabah																													
Grup	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
A	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
B				2					2	2						1						2					2	2		
C	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1

Vardiya	Akşam																													
Grup	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
A							1				1	1	1	1			1	1	1	1		1			1	1	1	1	1	1
B	2	2	2	2	1	2		2	2					2	1						2		2	2		2				2
C					1		1				1	1	1	1		1	1	1	1	1		1			1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.18. Senaryo 4 İçin Torna Bölümünde Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı

F/G	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	
1												A		S																G	
2																	S						S	G							
3		S							S		S																		A		
4				A							A								A						S		S				
5							G																								
6				S											S	G							A	A						S	
7				S					S											G											
8					A									A				S					S	S	S	S		S	A		
9								S					G						A						G		G				
10						S				G			A								S		S				S			G	
11															G		S														
12						S	S						S	A									G		S					A	
13	S							A							S								A		A			A			
14							S			A			A									S									
15		A										S									S										
16					S										A		A		A				A			G				S	
17			S											G			A														
18								A		A																			G		
19	A	A										G				A	G					S									
20												S									A	A									
21												A					G					S			A				S		
22	S		S								G									S								A			
23	G				G					A			S			A				S						S			A	A	
24		S	A			A										S															
25				A	A	G		S								A					G									S	
26				G		A		A						S		S							G				A				
27			A				A		A						A			A								A					
28					S						S															A					
29		G									S															G				S	
30	A		G				A	G	G		S								S			A				S	A	A			

Grup A B C

Çizelge 6.19. Torna Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiya

Vardiya	Sabah																														
Grup	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	
A	1	1	1	1					1		1	1		1	1	1	1		1			1									1
B					1	2	2	2		2			2					1		2	2		2	2	1	2	2	2	2		
C	1	1	1	1	1				1		1	1		1	1	1	1	1	1			1			1					1	
Vardiya	Akşam																														
Grup	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	
A	1	1	1			1	1	1	1						1		1	1		1	1	1	1		1	1	1	1			
B				2	2					2	1	1	2	2		2			2					2						2	2
C	1	1	1			1	1	1	1		1	1			1		1	1		1	1	1	1		1	1	1	1			

Çizelge 6.20. Senaryo 4 İçin Dövme Bölümünde Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı

F/G	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
1									S								A		G								S		G	
2					A	A								S							S							A		A
3				A			A						G	G		S					G	G					G			
4																							S							
5																						A								
6			S				G	G																				S		
7		S													A								A			A			A	
8		A										S													S					
9		A				G						A									A									
10												S																		
11	A				G				S																					S
12			A				S													A			S		A					
13			S				S		G	G	G					G	S				A			A			A			
14	S								A									A												
15	A						A	A							S	A											S			
16										S	S														G			G		S
17				S			S																S		S					
18										A						S					S									
19							S				S				S															
20	G		G			S				S					A	A			S			A	G			S			S	A
21		G		S	S			S										G												A
22					A	A											S			S		S		A					A	
23														S												S				
24				A							A	G											A						S	
25			A						A				A	A				A	A				G							
26		S								A	A	S						S										A	G	
27				G				A														S			S			S		G
28													A					G					A		A	A				
29	S				S							A						A			A				G					
30													S	A	G		S		S											S

Grup

A	B	C
---	---	---

Çizelge 6.21. Dövme Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiya

Vardiya	Sabah																													
Grup	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
A		1	1	1		1	1		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1
B	2				2			2				2		1									2		2					
C		1	1	1		1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1
Vardiya	Akşam																													
Grup	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
A	1			1	1	1	1	1		1	1				1	1					1	1		1			1	1		1
B		2	2						2			2	2	1			1	2	2	2			1		2	1			1	
C	1			1	1	1	1	1		1	1			1	1	1	1				1	1	1	1		1	1	1	1	1

Çizelge 6.22. Senaryo 4 İçin Ovalama Bölümünde Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı

F/G	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
1					G			S														S	S						A	
2		G									G		S		S						S				A	A				
3										S		S												S	A					
4																		A												
5	S		S			G			G						S				G				A				A	A		A
6					A	A						A								A						S	S			
7	S									S		G				A		G												
8	A						A						S			G														
9				A							S						S	S					A		A					
10							S								A									G					S	
11		A	A					S		A			A	A						S	A				S				G	
12				A												G		G												
13		S			A																									A
14		S	G	G		S					A						S				S			A					S	
15				A										S			A				G	G					A			A
16								A				S										A				G				
17					S				S		A	A																	G	
18			S	S									A	A					S							S	S			
19				S	S				A														S							G
20									S								A													
21	A																													
22								A					G	G												A			A	
23																		S	S		S		G							
24							G		A	A										A	A			A				S		
25															A												G		S	S
26																														
27										G				S		A						S							G	
28	G						A				S					S						A							S	S
29						S	S	G								S		A	A											
30		A																					G		S					

Grup

A	B	C
---	---	---

Çizelge 6.23. Ovalama Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiya

Vardiya	Sabah																													
Grup	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
A	1		1	1	1			1	1	1		1	1	1	1					1		1	1	1	1	1	1			
B		1				2	2				2					2	2	2	1		2							2	2	2
C		1	1	1	1			1	1	1		1	1	1	1				1	1		1	1	1	1	1	1			
Vardiya	Akşam																													
Grup	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
A		1	1		1	1		1	1	1		1	1	1		1	1			1	1		1		1	1	1	1	1	1
B	2			2			2				1				2			2	1			2		2						
C		1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.24. Senaryo 4 İçin Isıl İşlem Bölümünde Çalışan Formenlerin Aylık Çalışma Planı

F/G	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		
1	A			G																												
2	G			A				S	A							S		S										A				
3			S		A	A											S	A	A				S						A	A		
4		S	A									A	A	G		A	A				A			S	S		G		S			
5																S						A		A								
6	A										A						G	G														
7			S		G		S														S	A		A	A			A				
8			A					G			S									S							G					
9									S							S							A						S			
10			G					A								A	A		S	S						S						
11				A			S											S									A					
12	S								S	S		S															G		S			
13				S											S							A										
14																								A				S		S		
15										G	G		S											S		S						
16		A				S	A							A																		
17							G			A									A	A	G						A		A	A		
18					S																		G	G								
19								S						S							S									G		
20					S							S	A															A				
21										S	A				A	G				S												
22				S			A				G				G											A						
23						G		A							A								S					S				
24													G				S								G	G						
25	S	S									S	S										G			S							
26										A												A				S						
27		A				S						G																	A			
28		G											A			S					G		A									
29											A		A										S					S		S	G	
30					A	A																										

Grup A B C

Çizelge 6.25. Isıl İşlem Bölümündeki Formenlerin Aldıkları Puanlara Göre Atandıkları Vardiya

Vardiya	Sabah																															
Grup	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		
A			1	1	1	1	1	1					1	1		1	1	1			1	1	1	1								
B	2	2							2	2	2	2			2				2	2		2		2		2	2	2	2	2	2	2
C			1	1	1	1	1	1					1	1		1	1	1			1	1	1	1								
Vardiya	Akşam																															
Grup	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		
A	1	1		1	1	1	1		1	1				1				1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
B			2					2			2	2	2		2	2	2				2		2									
C	1	1		1	1	1	1		1	1				1				1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.15'te Senaryo 4 için matematiksel model oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasıyla,

- Fabrikanın Dövme Torna İmalat Müdürlüğü'ne bağlı bölümlerde işlerin daha hızlı ve en az hata ile yerine getirilmesi açısından tecrübesi çok olan formenler ile tecrübesi az olan formenleri aynı vardiyaya atanması istenmiştir. Bu atama işlemi sadece sabah ve akşam vardiyalarında yapılmıştır. Böyle bir atama yapılması tecrübesi az olan formenin de bilmediği konularda kendini daha hızlı geliştirmesi düşünülmüştür.

Çizelge 6.15 için elde edilen istatistikler şu şekildedir; Değişken sayısı: 15060, kısıt sayısı: 5280, çözüm süresi (saniye): 1857, hedef 1 pozitif sapma: 10, hedef 1 negatif sapma: 0, hedef 8 pozitif sapma: 0, hedef 8 negatif sapma: 20 olarak elde edilmiştir.

- Çizelge 6.16'da sadece ana binadaki vardiyalara atanan formenler, Çizelge 6.18'de sadece torna bölümündeki vardiyalara atanan formenler, Çizelge 6.20'de sadece dövme bölümündeki vardiyalara atanan formenler, Çizelge 6.22'te sadece ovalama bölümündeki vardiyalara atanan formenler, Çizelge 6.24'te sadece ısıtma işlem bölümündeki vardiyalara atanan formenler gösterilmiştir. Bunun sebebi ise tecrübe puanlarına göre atanan formenlerin hangi vardiyalarda çalıştıklarını daha rahat tespit edilebilmesi içindir.
- Çizelgeler 6.17, 6.19, 6.21, 6.23, 6.25 'te tecrübelerine göre gruplandırılan formenlerin, hangi gruptan vardiyalara atandıklarını ve her bir vardiya için hangi gruptan kaç formenin çalıştığı gösterilmek istenmiştir. Bu çizelgelere bakıldığında hiçbir vardiyada Grup C'den yani tecrübesi az olan formenlerden aynı vardiyaya atanmadığı tespit edilmiştir.

7. SONUÇ

Çalışmada rulman sektöründe öncü bir fabrikada çalışan formenlerin aylık çalışma çizelgeleri farklı senaryolar dikkate alınarak planlanmıştır. Uygulama fabrikanın Torna Dövme İmalat Müdürlüğü'ne bağlı bölümlerde gerçekleştirilmiştir.

Daha önceden çalışma çizelgeleri her bölüm için el ile yapılmaktaydı ve bu durum her bir aylık çalışma planının hazırlanmasının çok fazla vakit almasına ve her bir formene dağıtılan vardiyaların her zaman eşit ve adil dağıtılmamasına sebep olmaktadır. Oluşturulan matematiksel modellerde formen, gün, vardiya ve bölüm sayıları kullanıldığından modelin çözüm uzayı ve karşılıklı olarak kıyasladığı kombinasyon sayıları çok fazladır. Böyle bir çalışma modelini el ile yapıldığı düşünüldüğünde çok karışık ve zordur. Ek olarak kaliteli bir çalışma çizelgesi elde edilememektedir. Matematiksel modellerle hem çizelgelerinin hazırlanma süreci kısalmakta hem de kaliteli çizelgeler elde edilmektedir. Çalışmada geliştirilen matematiksel modellerin bazılarında birbirleriyle çelişen kısıtlar kullanılmıştır ve formenlerin istekleri mümkün olduğu kadarıyla yerine getirilmiştir. Birbirleriyle çelişen kısıtlar ve formenlerin istekleri en az sapma ile hedef programlama yöntemiyle sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan mevcut çalışma durumu, senaryo 1, senaryo 2, senaryo 3 ve senaryo 4' ün her birinde kullanılan vardiyalar, günler ve bölümler aynıdır sadece formen sayıları, özel kısıtlar ve hedef kısıtları değiştirilmiştir. Bir fabrikada oluşabilecek her açıdan unsurlar değerlendirilmiştir. Kullanılan modeller sadece fabrika ortamında değil daha birçok sektörde uygulanıp kullanılabilir. Bu çalışmadaki bölüm sayıları, formen sayıları, formen istekleri ve bunun gibi her türlü unsur artırılarak daha geniş çaplı çizelgeler yapılabilir. Kullanılacak modellerin büyüklüğüne göre meta sezgisel yöntemlerden faydalanılabilir.

Daha sonraki çalışmalarda fabrikalarda çalışan amirler, güvenlik görevlileri ya da başka sektörlerde çalışan personeller bu çalışmadaki matematiksel modeller kullanılarak haftalık, aylık ve yıllık çalışma çizelgeleri oluşturulabilir. Daha farklı iş kuralları ve kişiye özel kısıtlar kullanılabilir. Ya da her bir personele farklı iş kolları ile ilgili yeterlilik puanları verilerek ona göre personellerin iş kollarına atamaları gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

Agyei, W., Denteh, W.O. ve Andaam, E. A., Modeling Nurse Scheduling Problem Using 0-1 Goal Programming: A Case Study Of Tafo Government Hospital, Kumasi-Ghana. *International journal of scientific & technology research*, issue 3, 5-10, 2015.

Alfares, H. K., Compressed workweek scheduling with days-off consecutivity weekendoff frequency and work stretch constraints. *Infor*, 44, 175-189, 2006.

Alfares, H. K. Operator staffing and scheduling for an IT-help call centre. *European Journal of Industrial Engineering*, 1, 414-430, 2007.

Alfares, H., Staffing ve Workforce Scheduling for a Security Gate, *International Journal of Operations & Quantitative Management*, 7, 281–293, 2001.

Aly, M., ve Louly, O., A Goal Programming Model for Staff Scheduling at a Telecommunications Center, *J Math Model Algor*, DOI 10.1007/s10852-012-9200-x, 12,167 178, 2012.

Al-Yakoob, S. M. ve Sherali, H. D., Mixed-integer programming models for an employee scheduling problem with multiple shifts and work locations. *Annals of Operations Research*, 155, 119-142, 2007b.

Al-Yakoob, S. M., ve Sherali, H. D., Multiple Shift Scheduling of Hierarchical Workforce with Multiple Work Centers, *Informatica*, 18, 3, 325-342, 2007a.

Atlason, J., Epelman, M. A., ve Henderson, S. G. Call center staffing with simulation and cutting plane methods. *Annals of Operations Research*, 127, 333-358, 2004.

Atlason, J., Epelman, M. A., ve Henderson, S. G. Optimizing call center staffing using simulation and analytic center cutting-plane methods. *Management Science*, 54, 295-309, 2008.

Atmaca, E., Pehlivan, C., Aydoğdu, C. B., ve Yakıcı, M., Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28, 351-358, 2012.

Avramidis, A. N., Chan, W., Gendreau, M., L'Ecuyer, P., ve Pisacane, O., Optimizing daily agent scheduling in a multiskill call center. European Journal of Operational Research, 200, 822-832, 2010.

Avramidis, A. N., Gendreau, M., L'Ecuyer, P., ve Pisacane, O., Simulation-based optimization of agent scheduling in multiskill call centers. 5th Industrial Simulation Conference 2007, 255-263, 2007.

Aydın, G., Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli, Kocaeli Üniversitesi, 2008.

Azaiez, M. N., ve Al Sharif, S. S., A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. Computers & Operations Research, 32, 491-507, 2005.

Azmat, C. S., Hurlimann, T., ve Widmer, M., Mixed integer programming to schedule a single shift workforce under annualized hours. Annals of Operations Research, 128, 199-215, 2004.

Bach, L., Dollevoet, T., ve Huisman, D. Integrating Timetabling and Crew Scheduling at a Freight Railway Operator. Transportation Science, 50, 3, 878-891, 2016.

Bağ, N., Özdemir, M. ve Eren, T., 0-1 Hedef Programlama ve ANP Yöntemi ile Hemşire Çizelgeleme Problemi Çözümü. International Journal of Engineering Research and Development, 1, 2-6, 2012.

Baker, K. R., Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems: A Survey, Journal Of The Operational Research Society, 27, 155-167, 1976.

Bard, J. F., Selecting the appropriate input data set when configuring a permanent workforce. *Computers & Industrial Engineering*, 47, 371-389, 2004a.

Bard, J. F., Staff scheduling in high volume service facilities with downgrading. *Iie Transactions*, 36, 985-997, 2004b.

Bard, J.F., Binici, C., ve de Silva, A., Staff Scheduling at the United States Postal Service. *Computers & Operations Research*, 30, 745–771, 2003.

Bard, J. F., Morton, D. P., ve Wang, Y. M., Workforce planning at USPS mail processing and distribution centers using stochastic optimization. *Annals of Operations Research*, 155, 51-78, 2007.

Bard, J. F. ve Purnomo, H. W., Hospital-wide reactive scheduling of nurses with preference considerations. *Iie Transactions*, 37, 589-608, 2005.

Bard, J. F. ve Wan, L., The task assignment problem for unrestricted movement between workstation groups. *Journal of Scheduling*, 9, 315-341, 2006.

Bard, J. F. ve Wan, L., Workforce design with movement restrictions between workstation groups. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10, 24-42, 2008.

Bard, J. ve Purnomo, H., Short-Term Nurse Scheduling in Response to Daily Fluctuations in Supply and Demand. *Health Care Management Science*, 8, 315-324, 2005.

Bayliss, C., De Maere, G., Atkin, J. A., ve Paelinck, M. A Simulation Scenario Based Mixed Integer Programming Approach To Airline Reserve Crew Scheduling Under Uncertainty. *Annals of Operations Research*, 1-29, 2016.

Bektur, G. ve Hasgöl S., Kıdem seviyelerine göre işgücü çizelgeleme problemi: Hizmet sektöründe bir uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi, 385-402, 2013.

Beliën, J. ve Demeulemeester, E., On the trade-off between staff-decomposed and activity-decomposed column generation for a staff scheduling problem. *Annals of Operations Research*, 155, 143-166, 2007.

Bhulai, S., Koole, G. ve Pot, A., Simple Methods for Shift Scheduling in Multiskill Call Centers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10, 411-420, 2008.

Brunner, J. O., Bard, J. F. ve Kolisch, R., Flexible shift scheduling of physicians. *Health Care Management Science*, 12, 285-305, 2009.

Burke, E. K., Li, J. P. ve Qu, R., A hybrid model of integer programming and variable neighbourhood search for highly-constrained nurse rostering problems. *European Journal of Operational Research*, 203, 484-493, 2010.

Canon, C., Personnel scheduling in the call center industry. *4 or-a Quarterly Journal of Operations Research*, 5, 89-92, 2007.

Cappanera, P. ve Gallo, G., A multicommodity flow approach to the crew rostering problem. *Operations Research*, 52, 583-596, 2004.

Caprara, A., Monaci, M. ve Toth, P., A Global Method For Crew Planning in Railway Applications. *Computer-Aided Scheduling of Public Transport, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer Publishers, 505, 17–36, 2001.

Castillo, I., Joro, T. ve Li, Y. Y., Workforce scheduling with multiple objectives. *European Journal of Operational Research*, 196, 162-170, 2009.

Castillo-Salazar, J. A., Landa-Silva, D., ve Qu, R. Workforce Scheduling And Routing Problems: Literature Survey And Computational Study. *Annals of Operations Research*, 239, 1, 39-67, 2016.

Cezik, T. ve Gunluk, O., Reformulating linear programs with transportation constraints - with applications to workforce scheduling. *Naval Research Logistics*, 51, 275-296, 2004.

Charnes, A., Cooper, W. W. ve Ferguson, R. O., Optimal Estimation of Executive Ompensation by Linear Programming, *Management Science*, 1, 138- 151, 1955.

Charnes, A. ve Cooper, W. W., *Management models and industrial applications of linear programming*, John Wiley, 1, 2, New York, 1961.

Charnes, A. ve Cooper, W.W., Goal programming and multipleobjective optimizations, *European Journal of Operational Research I*, 39-54, 1977.

Chen, C.-H., Yan, S. ve Chen, M., Short-term manpower planning for MRT carriage maintenance under mixed deterministic and stochastic demands. *Annals of Operations Research*, 181, 67-88, 2010.

Choi, K., Hwang, J. ve Park, M., Scheduling Restaurant Workers to Minimize Labor Cost and Meet Service Standards. *Cornell Hospitality Quarterly*, 50, 155-167, 2009.

Chu, S. C. K., Generating, scheduling and rostering of shift crew-duties: Applications at the Hong Kong International Airport. *European Journal of Operational Research*, 177, 1764- 1778, 2007.

Corominas, A., Lusa, A. ve Olivella, J., A detailed workforce planning model including non-linear dependence of capacity on the size of the staff and cash management. *European Journal of Operational Research*, 216, 445-458, 2012.

Corominas, A., Lusa, A. ve Pastor, R., Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and joint holidays. *Annals of Operations Research*, 128, 217-233, 2004.

Corominas, A., Lusa, A. ve Pastor, R., Using a MILP model to establish a framework for an annualised hours agreement. *European Journal of Operational Research*, 177, 1495-1506, 2007.

Corominas, A., Olivella, J. ve Pastor, R., Capacity planning with working time accounts in services. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 321-331, 2010.

Costa, M.-c., Jarray, F. ve Picouleau, C., An acyclic days-off scheduling problem. *4or a Quarterly Journal of Operations Research*, 4, 73-85, 2006.

Cote, M. C., Gendron, B., Quimper, C. G. ve Rousseau, L. M., Formal languages for integer programming modeling of shift scheduling problems. *Constraints*, 16, 54-76, 2011.

Cote, M. C., Gendron, B. ve Rousseau, L. M., Modeling the regular constraint with integer programming. *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems*, Brussels, Belgium, Lecture Notes in Computer Science, 4510, 29-43, 2007.

Çam, H. ve Toraman, A., Hazar petrollerinin pazar stratejisi ve AHY esaslı alternatif güzergah değerlendirme modeli. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 6, 41-46, 2003.

Dağdeviren, M. ve Eren, T., Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 16, 2, 42-52, 2001.

Dantzig, G. B. Letter to the Editor—A Comment on Edie's "Traffic Delays at Toll Booths". *Operations Research*, 2, 339-341, 1954.

De Grano, M. L., Medeiros, D. ve Eitel, D., Accommodating individual preferences in nurse scheduling via auctions and optimization. *Health Care Management Science*, 12, 228-242, 2009.

de Matta, R. ve Peters, E., Developing work schedules for an inter-city transit system with multiple driver types and fleet types. *European Journal of Operational Research*, 192, 852-865, 2009.

Detienne, B., Peridy, L., Pinson, E. ve Rivreau, D., Cut generation for an employee timetabling problem. *European Journal of Operational Research*, 197, 1178-1184, 2009.

Edie, L. C. Traffic Delays at Toll Booths. *Operations Research*, 2, 107-138, 1954.

Eiselt, H. A. ve Marianov, V., Employee positioning and workload allocation. *Computers & Operations Research*, 35, 513-524, 2008.

Eitzen, G., Panton, D. ve Mills, G., Multi-skilled workforce optimisation. *Annals of Operations Research*, 127, 359-372, 2004.

Elomri, A, Elthlatiny, S. ve Mohamed, Z.S., A Goal Programming Model for Fairly Scheduling Medicine Residents . *Int. J Sup. Chain. Mgt, IJSCM*, 4, 2050-7399, 2015.

Elshafei, M. ve Alfares, H. K., A dynamic programming algorithm for days-off scheduling with sequence dependent labor costs. *Journal of Scheduling*, 11, 85-93, 2008.

Erdogan, G., Erkut, E., Ingolfsson, A. ve Laporte, G., Scheduling ambulance crews for maximum coverage. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 543-550, 2010.

Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., Owens, B. ve Sier, D., An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering. *Annals of Operations Research*, 127, 21, 144, 2004a.

Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. ve Sier, D., Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153, 3-27, 2004b.

Ertogral, K., ve Bamuqabel, B., Developing staff schedules for a bilingual telecommunication call center with flexible workers. *Computers & Industrial Engineering*, 54, 118-127, 2008.

Felici, G. ve Gentile, C., A polyhedral approach for the staff rostering problem. *Management Science*, 50, 381-393, 2004.

Firat, M. ve Hurkens, C. A. J., An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem. *Journal of Scheduling*, 15, 363-380, 2012.

Fowler, J. W., Wirojanagud, P. ve Gel, E. S., Heuristics for workforce planning with worker differences. *European Journal of Operational Research*, 190, 724-740, 2008.

Freling, R., Huisman, D., ve Wagelmans, A., Models and Algorithms for Integration of Vehicle and Crew Scheduling, *Journal of Scheduling*, 6, 63–85, 2003.

Gérard, M., Clautiaux, F., ve Sadykov, R. Column Generation Based Approaches For A Tour Scheduling Problem With A Multi-Skill Heterogeneous Workforce. *European Journal of Operational Research*, 252, 3, 1019-1030, 2016.

Glass, C. A. ve Knight, R. A., The nurse rostering problem: A critical appraisal of the problem structure. *European Journal of Operational Research*, 202, 379-389, 2010.

Goel, A., Archetti, C. ve Savelsbergh, M., Truck driver scheduling in Australia. *Computers & Operations Research*, 39, 1122-1132, 2012.

Gordon, L. ve Erkut, E., Improving volunteer scheduling for the Edmonton folk festival. *Interfaces*, 34, 367-376, 2004.

Haase, K., Advanced Column Generation Techniques with Applications to Marketing, Retail and Logistics Management. Ph.D. Thesis, Habilitation Thesis, University of Kiel. Germany, 1999.

Heimerl, C. ve Kolisch, R., Scheduling and staffing multiple projects with a multi skilled workforce. *Or Spectrum*, 32, 343-368, 2010.

Hertz, A., Lahrichi, N. ve Widmer, M., A flexible MILP model for multiple-shift workforce planning under annualized hours. *European Journal of Operational Research*, 200, 860-873, 2010.

Hidri, L. ve Labidi, M., Optimal physicians schedule in an Intensive Care Unit. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 131, 1-8, 2016.

Hochbaum, D. S. ve Levin, A., Cyclical scheduling and multi-shift scheduling: Complexity and approximation algorithms. *Discrete Optimization*, 3, 327-340, 2006.

Hojati, M. ve Patil, A. S., An integer linear programming-based heuristic for scheduling heterogeneous, part-time service employees. *European Journal of Operational Research*, 209, 37-50, 2011.

Horn, M., Jiang, H. ve Kilby, P., Scheduling patrol boats and crews for the Royal Australian Navy. *Journal of the Operational Research Society*, 58, 1284-1293, 2007.

Hung-Tso, L., Yen-Ting, C., Tsung-Yu, C. ve Yi-Chun, L., Crew rostering with multiple goals: An empirical study. *Computers & Industrial Engineering*, 63, 483-493, 2012.

Hurkens, C. A. J., Incorporating the strength of MIP modeling in schedule construction. *RAIRO - Operations Research*, 43, 409-420, 2009.

Ignizio, J. P. ve Romero, C., Goal Programming, Elsevier Science, USA, 2003.

Ikegami, A. ve Uno, A., Bounds for staff size in home help staff scheduling. Journal of the Operations Research Society of Japan, 50, 563-575, 2007.

Illig, A.A., A Network Flow Approach to the Initial Skills Training Scheduling Problem, Air Force Institute of Technology, Ohio, United States, 2007.

Ingolfsson, A., Campello, F., Wu, X. ve Cabral, E., Combining integer programming and the randomization method to schedule employees. European Journal of Operational Research, 202, 153-163, 2010.

Isken, M. W., An implicit tour scheduling model with applications in healthcare. Annals of Operations Research, 128, 91-109, 2004.

Jarray, F., A 4-day or 3-day workweeks scheduling problem with a given workforce size. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 26, 685-696., 2009.

Jenal, R., Ismail, W. B., Yeun, L.C. ve Oughalime A., A Cyclical Nurse Schedule Using Goal Programming. ITB J. Sci, 43, 151-164, 2011.

Jones, D. ve Tamiz, M., Practical Goal Programming, International Series in Operations Research & Management Science, New York, London, 7, 2009.

Jorne, V.B., Jeroen, B., Philippe, D.B., Erik, D. ve Liesje, D.B., Personnel scheduling: A literature review, Hub Research Papers 2012/43, Economics & Management, 2012.

Joubert, J. W. ve Conradie, D. G., A fixed recourse integer programming approach towards a scheduling problem with random data: A case study. Orion, 21, 1-11, 2005.

Judice, J., Martins, P. ve Nunes, J., Workforce planning in a lotsizing mail processing problem. Computers & Operations Research, 32, 3031-3058, 2005.

Kabak, O., Uelengin, F., Aktas, E., Onsel, S. ve Topcu, Y. I., Efficient shift scheduling in the retail sector through two-stage optimization. *European Journal of Operational Research*, 184, 76-90, 2008.

Kaluzny, B. L. ve Hill, A., Scheduling security personnel for the Vancouver 2010 Winter Olympic Games. *Infor*, 49, 221-231, 2011.

Kassa, B. A. ve Tizazu, A. E., Personnel scheduling using an integer programming model- an application at Avanti Blue-NileHotels." *SpringerPlus*, 2:333, 1-7, 2013.

Knust, S. ve Schumacher, E., Shift scheduling for tank trucks. *Omega-International Journal of Management Science*, 39, 513-521, 2011.

Labidi, M., Mrad, M., Gharbi, A.ve Louly, M.A., Scheduling IT Staff at a Bank: A Mathematical Programming Approach, Hindawi Publishing Corporation, The Scientific World Journal, Article ID 768374, 2014.

Lee, S. M., *Goal Programming for Decision Analysis*, Auerbach Pub, 1972.

Laesanklang, W., Landa-Silva, D., ve Castillo-Salazar, J. A. Mixed Integer Programming With Decomposition For Workforce Scheduling And Routing With Time-Dependent Activities Constraints. In *Proceedings Of The 5th International Conference On Operations Research And Enterprise Systems*, 330-339, 2016.

Lezaun, M., Perez, G. ve de la Maza, E. S., Crew rostering problem in a public transport company. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 1173-1179, 2006.

Lezaun, M., Perez, G. ve de la Maza, E. S., Staff rostering for the station personnel of a railway company. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 1104-1111, 2010.

Lezaun, M., Perez, G. ve de la Maza, E. S., Rostering in a rail passenger carrier. *Journal of Scheduling*, 10, 245-254, 2007.

Li, H. T. ve Womer, K., A Decomposition Approach for Shipboard Manpower Scheduling. *Military Operations Research*, 14, 67-90, 2009.

Li, J., Burke, E. K., Curtois, T., Petrovic, S. ve Rong, Q., The falling tide algorithm: a new multi objective approach for complex workforce scheduling. *Omega*, 40, 283-293, 2012.

Li, Y. J., Chen, J. ve Cai, X. Q., An integrated staff-sizing approach considering feasibility of scheduling decision. *Annals of Operations Research*, 155, 361-390, 2007.

Li, Y. ve Kozan, E., Rostering ambulance services. 9th Asia-Pacific Industrial engineering and management society, Kitakyushu, Japan, 795-801, 2009.

Liao, S., Van Delft, C., Koole, G., Dallery, Y. ve Jouini, O., Call center capacity allocation with random workload. 2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, Troyes, France, 1-3, 851-856, 2009.

Lilly, M. T., Emovon, I., Ogaji, S. O. T. ve Probert, S. D., Four-day service-staff workweek in order to complete maintenance operations more effectively in a Nigerian powergenerating station. *Applied Energy*, 84, 1044-1055, 2007.

Lusa, A., Corominas, A. ve Munoz, N., A multistage scenario optimisation procedure to plan annualised working hours under demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 113, 957-968, 2008.

Maenhout, B. ve Vanhoucke, M., An integrated nurse staffing and scheduling analysis for longer term nursing staff allocation problems. *Omega*, In press, 2012.

Mohan, S., Scheduling part-time personnel with availability restrictions and preferences to maximize employee satisfaction. *Mathematical and Computer Modelling*, 48, 1806-1813, 2008.

Morton, D. P. ve Popova, E., A Bayesian stochastic programming approach to an employee scheduling problem. *Iie Transactions*, 36, 155-167, 2004.

Moz, M. ve Pato, M. V., Solving the problem of rerostering nurse schedules with hard constraints: New multicommodity flow models. *Annals of Operations Research*, 128, 179-197, 2004.

Myers, J. M., ve Alpert, M. I., Determinant Buying Attitudes: Meaning and Measurement, *Journal of Marketing*, 32, 4, 13-20, 1968.

Naudin, E., Chan, P. Y. C., Hiroux, M., Zemmouri, T. ve Weil, G., Analysis of three mathematical models of the Staff Rostering Problem. *Journal of Scheduling*, 15, 23-38, 2012.

Norman, B. A. ve Tharmmaphornphilas, W., A methodology to create robust job rotation schedules. *Annals of Operations Research*, 155, 339-360, 2007.

Ogulata, S. N., Koyuncu, M. ve Karakas, E., Personnel and patient scheduling in the high demanded hospital services: A case study in the physiotherapy service. *Journal of Medical Systems*, 32, 221-228, 2008.

Olive, J., A Proposed Mathematical Model For The Personnel Scheduling Problem In A Manufacturing Company. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2010.

Ovchinnikov, A. ve Milner, J., Spreadsheet Model Helps to Assign Medical Residents at the University of Vermont's College of Medicine. *Interfaces*, 38, 311-323, 2008.

Ozturk A., Yoneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, 9.Baskı, Bursa, 295-292, 2004.

Öztürkoğlu, Y. ve Çalışkan, F., Hemşire çizelgelenmesinde esnek vardiya planlanması ve hastane uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16, 115-133, 2014.

Pastor, R. ve Olivella, J., Selecting and adapting weekly work schedules with working time accounts: A case of a retail clothing chain. *European Journal of Operational Research*, 184, 1-12, 2008.

Pot, A., Bhulai, S. ve Koole, G., A Simple Staffing Method for Multiskill Call Centers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10, 421-428, 2008.

Punnakitikashem, P., *Integrated Nurse Staffing and Assignment under Uncertainty*, The University of Texas at Arlington. United States, 2007.

Qi, X. T. ve Bard, J. F., Generating labor requirements and rosters for mail handlers using simulation and optimization. *Computers & Operations Research*, 33, 2645-2666, 2006.

Restrepo, M. I., Gendron, B., ve Rousseau, L. M. Branch-and-Price for Personalized Multiactivity Tour Scheduling. *INFORMS Journal on Computing*, 28, 2, 334-350, 2016.

Rong, A.Y., Monthly tour scheduling models with mixed skills considering weekend off requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 59, 334-343, 2010.

Rong, A. Y. ve Grunow, M., Shift designs for freight handling personnel at air Cargo terminals. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 45, 725-739, 2009.

Ronnberg, E. ve Larsson, T., Automating the self-scheduling process of nurses in Swedish healthcare: a pilot study. *Health Care Management Science*, 13, 35-53, 2010.

Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Inc., New York, 1977.

Saaty, T.L., How to make a decision: the analytic hierarchy process', *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26, 1990.

Saaty, T.L., How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Interfaces*, 24, 6, 19–43, 1994.

Sabar, M., Montreuil, B. ve Frayret, J. M., A multi-agent-based approach for personnel scheduling in assembly centers. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 1080- 1088, 2009.

Sabar, M., Montreuil, B. ve Frayret, M., Competency and preference based personnel scheduling in large assembly lines. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 21, 468-479, 2008.

Saddoune, M., Desaulniers, G. ve Soumis, F., A rolling horizon solution approach for the airline crew pairing problem. *International Conference on Computers & Industrial Engineering*, 344-347, 2009.

Safaei, N., Banjevic, D. ve Jardine, A. K. S., Workforce-constrained maintenance scheduling for military aircraft fleet: a case study. *Annals of Operations Research*, 186, 295- 316, 2011.

Seckiner, S. U., Gokcen, H. ve Kurt, M., An integer programming model for hierarchical workforce scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 183, 694-699, 2007.

Shahnazari-Shahrezaei, P., Tavakkoli-Moghaddam, R. ve Kazemipoor, H., Solving a new fuzzy multi-objective model for a multi-skilled manpower scheduling problem by particle swarm optimization and elite tabu search. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, In press, 2012.

Sinreich, D. ve Jabali, O., Staggered work shifts: a way to down size and restructure an emergency department workforce yet maintain current operational performance. *Health Care Management Science*, 10, 293-308, 2007.

Sodhi, M.S, A Flexible, Fast, and Optimal Modeling Approach Applied to Crew Rostering at London Underground. *Annals of Operations Research*, 126, 259-281, 2004.

Stolletz, R., Operational workforce planning for check-in counters at airports. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 46, 414-425, 2010.

Stolletz, R. ve Brunner, J. O., Fair optimization of fortnightly physician schedules with flexible shifts. *European Journal of Operational Research*, 219, 622-629, 2012.

Sukhorukova, N., Ugon, J. ve Yearwood, J., Workload coverage through nonsmooth optimization. *Optimization Methods & Software*, 24, 285-298, 2009.

Sulak, H. ve Bayhan, M., A Model Suggestion and an Application for Nurse Scheduling Problem. *Journal of Research in Business, Economics and Management*, 2395-2210, 2016.

Sungur, B., Bir güzellik salonunun tur çizelgeleme problemi için karma tam sayılı hedef programlama modelinin geliştirilmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 1, 49-64, 2008a.

Sungur, B., Bulanık vardiya çizelgeleme problemi için tam sayılı programlama modeli. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30, 211-227, 2008b.

Sungur, B., Hiyerarşik işgücü çizelgeleme problemi için tam sayılı programlama modeli. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24, 2, 23-31, 2009.

Taha, A. H., Operations Research An Introduction, Prentice-Hall, Inc, MacMillan Publishing Company, New York, 1: 340-350, 1987.

Tamiz, M. ve Jones, D.F., Interactive Framework For Investigation Of Goal Programming Models: Theory And Practice, Journal Of Multi-Criteria Decision Analysis, 6: 52-60, 1997.

Techawiboonwong, A., Yenradee, P. ve Das, S. K., A master scheduling model with skilled and unskilled temporary workers. International Journal of Production Economics, 103, 798-809, 2006.

Thompson, G. M, ve Pullman, M. E., Scheduling work force relief breaks in advance versus in real-time. European Journal of Operational Research, 181, 139-155, 2007.

Thongsanit, K., Kantangkul, K. ve Nithimethirot, T., Nurse's Shift Balancing in Nurse Scheduling Problem. Silpakorn U Science & Tech J, 10, 43-48, 2015.

Tien, J. ve Kamiyana, A., On Manpower Scheduling Algorithms, SIAM, 24, 3, 275-287, 1982.

Topaloglu, S., A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents. Computers & Industrial Engineering, 51, 375-388, 2006.

Topaloglu, S., A shift scheduling model for employees with different seniority levels and an application in healthcare. European Journal of Operational Research, 198, 943-957, 2009.

Topaloglu, S. ve Ozkarahan, I., An implicit goal programming model for the tour scheduling problem considering the employee work preferences. *Annals of Operations Research*, 128, 135-158, 2004.

Trilling, L., Guinet, A. ve Le Magny, D., Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. 12th IFAC International Symposium, Elsevier, 3, 651-656, 2006.

Van den Bergh, J., Belien J, De Bruecker P, Demeulemeester E. ve De Boeck L., Personnel scheduling: A literature review, *European Journal of Operations Research*, 226, 367-385, 2013.

Valouxis, C., Gogos, C., Goulas, G., Alefragis, P. ve Housos, E., A systematic two phase approach for the nurse rostering problem. *European Journal of Operational Research*, 219, 425-433, 2012.

Varli E., Eren T., Gençer M. A. ve Çetin S., Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi. 3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu-Karabük, 2016a.

Varli, E., Gençer, M. A. ve Eren, T., Ankara: Metro Hatları Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi, 9. Uluslararası İstanbul Ulaşım Kongresi ve Fuarı, 2016b.

Varli, E. ve Eren, T., Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama, *International Journal Of Informatics Technologies*, 2016 (Basımda).

Varli, E. ve Eren, T., Hemşire Çizelgeleme Problemi Ve Bir Hastanede Uygulama., *APJES*, 5, 1, 34-40, 2017.

Volgenant, A., A note on the assignment problem with seniority and job priority constraints. *European Journal of Operational Research*, 154, 330-335, 2004.

Wright, P. D., Bretthauer, K. M. ve Cote, M. J., Reexamining The Nurse Scheduling Problem: Staffing Ratios And Nursing Shortages. *Decision Sciences*, 37, 39-70, 2006.

Wright, P. D. ve Bretthauer, K. M., Strategies for Addressing the Nursing Shortage: Coordinated Decision Making and Workforce Flexibility. *Decision Sciences*, 41, 373-401, 2010.

Wright, D., ve Mahar, S., Centralized Nurse Scheduling To Simultaneously Improve Schedule Cost And Nurse Satisfaction, *Omega*, 41, 6, 1042- 1052, 2012.

Yan, S., Short-term shift setting and manpower supplying under stochastic demands for air cargo terminals. *Transportation*, 35, 425-444, 2008.

Yan, S. Y., Chen, C. H. ve Chen, C. K., Long-term manpower supply planning for air cargo terminals. *Journal of Air Transport Management*, 12, 175-181, 2006.

Yan, S. Y., Chen, C. H. ve Chen, M. J., Stochastic models for air cargo terminal manpower supply planning in long-term operations. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 24, 261-275, 2008.

Yaoyuenyong, K. ve Nanthavanij, S., Energy-based workforce scheduling problem: mathematical model and solution algorithms. *Science Asia*, 31, 383-393, 2005.

Yaralıoğlu, K., Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşı Proses., *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 6, 1, 129-142, 2001.

Yilmaz, E., A Mathematical Programming Model for Scheduling of Nurses' Labor Shifts. *Journal of Medical Systems*, 36, 491-496, 2012.

Yunes, T. H., Moura, A. V. ve de Souza, C. C., Hybrid column generation approaches for urban transit crew management problems. *Transportation Science*, 39, 273-288, 2005.

EKLER

EK1:

Mevcut Durumda İhtiyaç Duyulan Formen Sayısı

Vardiyalar	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
Sabah	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Akşam	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Gece	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1

Senaryo 1, 2 ve 3' te İhtiyaç Duyulan Formen Sayısı

Vardiyalar	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
Sabah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akşam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gece	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Senaryo 4'te İhtiyaç Duyulan Formen Sayısı

Vardiyalar	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
Sabah	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Akşam	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gece	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

EK 2:

Senaryo 2’de Formenlerin İzin İstedikleri Günler

Formen	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
1		x						x										x						x						x
2	x								x						x									x						x
3			x						x								x						x							
4	x											x				x							x							x
5				x							x							x									x			
6					x				x											x							x			
7		x							x						x										x					x
8		x										x								x					x					
9					x					x											x						x			
10	x									x											x						x			
11				x						x								x							x					x
12				x					x								x										x			
13	x								x							x											x			x
14			x								x							x							x					x
15					x							x							x						x					
16					x						x						x										x			x
17		x							x											x				x						x
18			x						x							x												x		