

HİZMET SEKTÖRÜNDE ESNEK VARDİYA PLANLAMASI VE BİR MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Doç. Dr. Filiz ÇALIŞKAN*

Giriş

Hizmet sektörünün turizm büroları, seyahat acentaları, bilet gişeleri veya süpermarketler gibi birçok alanında günlük çalışma saatleri, mal üreten işletmelerde bilinen sabit vardiya sisteminden oldukça farklıdır. Ayrıca, günün belirli saatlerinde ve haftanın belirli günlerinde veya yılın belirli aylarında müşteri sayısı farklılık gösterebilir. Sabit vardiya sistemi ile müşterilere kaliteli ve müşteri memnuniyetini esas alan hizmeti vermek mümkün değildir. Bu nedenle, son yıllarda esnek çalışma modellerinin kullanılması önem kazanmıştır.

TİSK (Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu) yaptığı bir çalışmada esneklik kavramını,

- sayısal esneklik,
- uzaklaştırma stratejileri,
- fonksiyonel esneklik,
- ücret esnekliği ve
- sürede esneklik

şeklinde sınıflandırmıştır¹.

Sayısal esneklik, işletmelerin arz ve taleplerinde meydana gelebilecek kısa süreli değişikliklere cevap verebilmesi amacı ile işgücünde, hem kalite hem de sayı açısından değişiklik yapılabilmesini ifade eder. Sayısal esneklik günümüzde pek çok ülkede sıklıkla tartışılan bir konudur ve uygulamada ülkeden ülkeye farklılıklar gösterir.

Uzaklaştırma stratejileri, işletmede yapılan bazı işlerin başka işletmelere yaptırılması veya bazı hizmetlerin işletme dışındaki firmalardan sağlanması şeklindedir.

Fonksiyonel esneklik, talepteki değişikliklere veya sistemdeki farklılıklara uyum sağlama kabiliyeti olarak açıklanabilir. Fonksiyonel esneklik başlıca miktarda esneklik, kalitede esneklik ve üretim süresinde esneklik olmak üzere üç farklı açıdan değerlendirilir².

* Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Öğretim Üyesi

¹ TİSK, **Çalışma Hayatında Esneklik**, Kasım 1999, s. 14

² Klaus Peter, K. Steven, M., **Produktionsplanung**, Physica-Verlag, s.292

Ücret esnekliği, çalışanların ücretlerinin, performanslarının değerlendirilmesi ve işletmenin ekonomik yapısının göz önüne alınması sonucunda, kişilere göre ayrı ayrı belirlenebilmesi yeteneğidir. Sürede esneklik, Türk iş kanununun 61. maddesinde belirtilenden (iş süresi haftada en çok 45 saattir ve bu süre haftanın günlerine eşit olarak bölünür) farklı olan uygulama şekilleridir. En çok üzerinde durulan işletme açısından ihtiyaç duyulan zamanlarda işin yapılması çalışan açısından ise, işe başlama ve işi bitirme saatlerinin kişinin arzusuna göre ayarlanması şeklindedir. Süredeki esneklik kısa süreli çalışmalar, iş paylaşımı, çağrı üzerine çalışma gibi farklı formlarda olabilir. Bu farklı uygulamalara dünyada pek çok ülkede rastlanmaktadır.

Çalışma sürelerinde esneklik kısaca kanunla belirlenmiş normal çalışma saatlerinin dışında tamamen işletmenin ve çalışanın ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde düzenleme yapılması anlamındadır³.

Zorlaşan rekabet şartları ve maliyetlerdeki artışlar müşteri odaklı planlama faaliyetlerinin gerçekleştirilmesini gündeme getirmiştir. Kalitenin ve uygun fiyatın yanısıra, özellikle müşteriye bire bir hizmet veren kuruluşlarda müşteri yoğunluğu göz önüne alınarak personel planlaması yapılması zorunludur. Böylece, işletmeler talebin yoğun olduğu dönemlerde yeterli personel ile müşteri memnuniyetini maksimuma çıkarmaya çalışırken talebin düşük olduğu dönemlerde fazla işgücü maliyetinden tasarruf edebileceklerdir.

Çalışanların isteklerinin, çalışma zamanlarının belirlenmesinde göz önüne alınmasının müşteri memnuniyetini de artırdığı bilinmektedir. Bu sonuç insanın performans arzının iki temel boyutunun bulunmasından kaynaklanır. Bunlardan ilki bilgi, beceri, eğitim, yetenek gibi faktörler iken ikincisi performans arzı ile ilgili isteğin düzeyidir⁴. Çalışma saatlerini kendi ihtiyaç ve isteklerine göre belirleme imkanına sahip olan kişinin çalışma arzusu, öngörülen zaman aralığında çalışmak zorunda olan kişiye oranla elbette çok daha yüksek düzeyde olacaktır. Motivasyonu yüksek, işinden hoşnut kişinin hizmet vermesi sonuçta müşteri memnuniyetinin artmasını ve dolayısı ile işletmenin daha çok kazanmasını sağlayacaktır.

I. Problemin Tanımlanması ve Varsayımların Konması

Esnek iş süresi modellerinin üretim alanındaki sayılarının artması, personel planlaması faaliyetini üstlenen kişi ve kuruluşlara yeni görevler yüklemektedir. Bu görevlerin başında farklı çalışma saatleri için çalışanların temin edilebilmesi amacı ile, mevcut personel kapasitesinin personel ihtiyacı ile uyumlaştırılması gelir. Bu planlama faaliyeti **kapasiteyi temel alan çalışma süresi yönetimi** olarak adlandırılır⁵. Burada işletmenin ihtiyaçlarının yanı sıra çalışanların arzu ve ihtiyaçla-

³ Kadir Arıcı, **Çalışma Sürelerinin Hukuki Gelişimi ve Yeterliliği Açısından 1475 Sayılı İş Kanununda Çalışma Süreleri**, Ankara, 1992, s.83.

⁴ REFA, **Methodenlehre des Arbeitsstudiums**, Teil 1, Grundlagen Carl Hanser Verlag, München 1984, s.133

⁵ Schneeweiss Ch, **Einführung in die Produktionswirtschaft**, Fünfte neubearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, 1993 Berlin, s.

rının da karşılanması söz konusudur. Bu istekler sendikalar tarafından toplu iş sözleşmelerinde gündeme getirilir.

Üretim planlamasında olduğu gibi planlama faaliyetleri personel planlamasında da uzun, orta ve kısa dönemler şeklinde sınıflandırılabilir. Orta ve uzun vadeli personel planlaması kapsamında işe alma işten çıkarma veya eğitim programlarının belirlenmesi gerçekleştirilir. Elde edilen bilgiler orta süreli üretim planlamasının girdilerini oluşturur ve bunlar vardiya planlaması ile yıllık çalışma süresi planlamasının yapılmasında temel verileri sağlar. Vardiya planlamasında, sendikalar vasıtası ile gündeme getirdikleri istekleri göz önüne alınarak, çalışanların vardiyalara tahsisleri gerçekleştirilir. Yıllık çalışma planlarında düzensiz olarak dağılan yıllık toplam iş yükünün haftalar vasıtası ile yıl içine belirli bir ölçekte dağıtılması sağlanır. Yıllık iş planındaki haftalık iş yükleri vardiya planlamasının temel verilerini sağlar⁶. Haftalık iş yüklerine göre, ne kadar personelin nerede ve ne zaman çalışacağı belirlenmesi ise vardiya planlamasının esasını oluşturur.

Vardiya planı işgörenlerin çalışma zamanlarını ve yerlerini tanımlar. Bir vardiya planında işgörenlerden her birinin çalışma zamanları ve çalışma yerleri açıkça belirtilir. Vardiya planları işletmelerde günlük çalışma saatlerine ve vardiya sistemlerine göre farklılık gösterebilir. Vardiya planının yapıldığı s haftalık zaman aralığına **vardiya çevrim süresi** denir. Bir vardiya planı ancak çevrim süresi bittikten sonra değiştirilebilir. **Vardiya planlama süresi**, s hafta için yapılan vardiya planının w defa aynen uygulandığı zaman aralığıdır. Bu aralığın uzunluğu vardiya çevrim süresinin w katıdır. **Vardiya planı sırası**, çevrim süreleri aynı veya farklı olabilen vardiya planlarının hangi sıra içinde kaç defa uygulanacağını ifade eder. **Planlama aralığı** ise uygulanan tüm vardiya planlarının toplam süresidir.

Bu çalışmada, günde l adet vardiya ile toplam olarak z saat faaliyet gösteren bir işletme örnek olarak alınmış ve bir iş günü z/l saat uzunluğunda parçalara ayrılmıştır. Bunların her biri aynı zamanda vardiyaların birbirine eşit olan sürelerini verir. Her işgören bir günde en az b vardiya ve en çok b+x vardiya (veya en az b(z/l) saat, en çok (b+x)(z/l)saat) çalışacaktır. İşgörenlerin görev alacağı vardiyalar birbirlerini takip etmelidir, aralarında boşluk bulunamaz. Çalışanların nitelik açısından aynı düzeyde olduğu ve saat başına ücretleri arasında farklılık bulunmadığı varsayılmaktadır. Ayrıca, vardiyalar arasında saat başına ücret farklılığı yoktur. Hizmet sektöründeki bu tip işletmelerde mülakat yolu ile yapılan araştırmada, uygulamada da ücret farklılığının bazı işletmelerde hafta sonu ve bayram tatillerinde sözkonusu olduğu görülmüştür. Önerilen modelde vardiya çevrim süresi s hafta, planlama aralığı ise u haftadır. s haftalık çevrim süresi içindeki çeşitli haftaların her birinde işgörenlerin çalıştıkları vardiya sayıları bir birinden farklı olabilir. Ancak, s adet haftanın sonunda işgörenlerin çalıştıkları vardiya sayıları bir birine eşit olmalıdır.

Önerilen modelde işgörenlerin fiilen çalışacakları saatleri kendilerinin önermeleri esas alınmış, bu amaçla s hafta süresince her gün için vardiyaları 1'den 10'a kadar puanlayarak derecelendirmeleri istenmiştir. İşgörenlerin isteklerini

⁶ Christop Schneeweis, Sinisa Löingah, Georg Müller, **Festlegung einer Jahresarbeitszeitverteilung durch Optimierung**, OR Spektrum, 1996, s.15.

işletme şartları çerçevesinde maksimum düzeyde göz önüne alabilmek için modelin amaç fonksiyonunda kendileri tarafından verilen puanlar maksimize edilmiştir. İşletme şartlarından her günün herbir vardiyasında müşteriye fiilen hizmet vermeye üzere iş başında bulunması gereken işgören sayısı anlaşılmaktadır. Bu her vardiya için en az ah_{jk} ⁷ olabilecektir. Ayrıca her çalışanın günlük en az çalışacağı vardiya sayısı b kadar olmaktadır ve bu vardiyalar birbirlerini takip etmelidir.

s haftalık çevrim süresi göz önüne alınacak olursa bir haftadaki n iş günü, bir günde l vardiya olduğundan hareket edilerek $s.n$ günlük çalışma süresi içinde $s.n.l$ adet vardiyada görev yapacak çalışana ihtiyaç vardır. Bir işgören bir günde en az b vardiya çalışabileceğine göre, $s.n$ günde en az $s.n.b$ vardiyada görev alabilir.

Çevrim süresi içindeki $s.n.l$ adet vardiyaya yapılması gereken toplam atama sayısı

$$\sum_{hjk} ah_{jk}$$

olacaktır. Bir işgören bir günde en az b vardiya ve en çok $b+x$ vardiya çalışacağına göre, işletmenin bünyesinde en az

$$v = \left[\sum_{hjk} ah_{jk} / s.n.(b+x) \right]$$

ve en çok

$$m = \sum_{hjk} ah_{jk} / s.n.b$$

işgören bulunmalıdır.

Bu çalışmada ele alınan problem, işletme şartlarını sağlayacak şekilde ve hafta bazında farklı olabilen vardiya sayılarını çevrim süresi sonunda birbirine eşitleyecek şekilde m adet işgörenin çevrim süresi içindeki vardiyalara atanması problemi. Amaç, işgörenlerin tümünün elde edeceği toplam tatminin maksimize edilmesidir. Belirtilen probleme çözüm getirmek üzere bir karma matematiksel model önerilmiştir.

⁷ ah_{jk} : h'inci haftanın, j'inci gününün k'inci vardiyasında ihtiyaç duyulan işgören sayısı.

2. Değişkenler, Parametreler ve İndisler

1 i işgöreni h. haftanın j. gününün k. vardiyasına atanırsa

$X_{ihjk} =$

0 aksi takdirde

$t_{ih} :$ i işgöreninin h. haftada atandığı toplam vardiya sayısı

$t_i :$ i. işgörenin vardiya çevrim süresi içerisinde atandığı toplam vardiya sayısı

1 i'nci işgörenin h'inci haftanın j'inci gününde b+x vardiyada çalışması durumunda

$X_{ihj} =$

0 aksi takdirde

$X_{ih} :$ i çalışanın h. haftada b+x vardiya çalıştığı gün sayısı

1 i çalışanı h. haftanın j. gününde k. ve k+1 vardiyada çalışır ise

$w_{ihjk} =$

0 aksi takdirde

1 i çalışanı h.haftanın j. Gününde k+1 ve k+2 vardiyada çalışır ise

$w_{ihjk, k+1} =$

0 aksi takdirde

1 i çalışanı h. haftanın j. gününde k., k+1 ve k+2 vardiyada çalışır ise

$w_{ihjk, k+1, k+2} =$

0 aksi takdirde

$1 \leq d_{ihjk} \leq 10$

i'nci işgörenin h'inci haftanın j'nci gününün k'inci vardiyasında çalışmaktan duyacağı tatminin derecesi

- b:** Bir işgörenin bir günde minimum çalışması gereken vardiyanın sayısı
- ahjk:** h. haftanın j. gününün k. vardiyasında atanması gereken işgören sayısı
- x:** İşçilerin bir günde fazladan çalışabilecekleri vardiya sayısı

$$i = 1, \dots, m \quad h = 1, \dots, s \quad j = 1, \dots, n \quad k = 1, \dots, l$$

3. Modelin Kurulması

Modelin kurulmasına sınırların oluşturulması ile başlayalım.

Sınırlar :

I. Sınır seti

$$\sum_{i=1}^m X_{ihjk} \geq ahjk$$

$$h = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, l$$

Her haftanın, her gününün, her vardiyasına ihtiyaç duyulan sayıda eleman sayısının atanmasını sağlar.

II. Sınır Seti

$$\sum_{k=1}^l X_{ihjk} \leq b + X_{ihj}$$

$$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; h = 1, \dots, s$$

Her işgören, her haftanın, her gününde k vardiya b adedine atanabilir. Ancak talebin yüksek olması durumunda sınırlar b+x vardiya atanmasına izin vermemelidir.

III. Sınır Seti

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ihjk} = t_{ih}$$

$$i = 1, \dots, m; h = 1, \dots, s$$

Her işgörenin, her bir hafta itibariyle çalıştığı toplam vardiya sayısı belirlenir.

IV. Sınır Seti

$$\sum_{h=1}^s t_{ih} = t_i$$

$$i=1, \dots, m$$

Her işgörenin çevrim süresi içerisinde atandığı toplam vardiya sayısını verir.

V. Sınır Seti

$$t_j = t_{j+1}$$

$$i=1, \dots, m-1$$

İşgörenlerin çevrim süresi itibariyle model tarafından atandıkları toplam vardiya sayılarının, vardiya çevrim süresi sonunda eşitlenmesi sağlanır.

$$\sum_{j=1}^n X_{ihj} = X_{ih}$$

VI. Sınır Seti

$$i=1, \dots, m; h=1, \dots, s$$

Her işgörenin, her bir haftada b+x vardiya çalıştığı gün sayısı belirlenir.

$$\sum_{k=1}^l ak.X_{ihjk} = \sum_{k=1}^{l-1} (ak + ak + 1).W_{ihjk}, k + 1 + \sum_{k=1}^{l-2} (ak + ak + 1 + ak + 2).W_{ihjk},$$

$$k + 2 + \dots +$$

VII. Sınır Seti

$$\sum_{k=1}^{l-(a-1)} (ak + ak + 1 + \dots + ak + a - 1).W_{ihjk}, k + 1, \dots, k + (a - 1)$$

$$i=1, \dots, m; \quad h=1, \dots, s \quad j=1, \dots, n; \quad k=1, \dots, l$$

Her işgörenin bir günde birden fazla vardiya çalışması durumunda, atanacağı vardiyaların birbirini takip eden vardiyalar olması sağlanır.

VIII. Sınır Seti

$$\sum_{k=1}^{l-1} Wihjk + \sum_{k=1}^{l-1} Wihjk, k+1 + \sum_{k=1}^{l-1} Wihjk, k+1, k+2 = 1$$

$$i=1, \dots, m; \quad h=1, \dots, s \quad j=1, \dots, n; \quad k=1, \dots, l$$

Her işgörenin, her haftanın her günü için söz konusu olan, k'ncı ve k+1. vardiyaya, k+1 ve k+2. vardiyaya veya k'ncı, k+1'nci ve k+2'nci vardiyalara atanma alternatiflerinden sadece birinin gerçekleşmesi sağlanır.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Max} \sum_i \sum_h \sum_j \sum_k di hjk . Xihjk - M \sum_j \sum_k Xih$$

İşgörenlerin tümünün elde edeceği toplam iş tatmini maksimize edilir. Modelin amaç fonksiyonu işgörenlerin toplam tatminini maksimize ettiği için tüm işgörenleri her gün b+x vardiyaya atama eğiliminde olacaktır. II. sınırlar seti de buna imkan vermektedir. Oysa, doğru olan işgörenlerin çevrim süresi içindeki her bir günde I. sınırlar setinde öngörüldüğü kadar vardiyaya atanmasıdır. İşgörenlerin her bir günde b adet vardiyanın ötesinde x adet vardiyaya sadece ihtiyaç duyulduğu ölçüde atanmasını sağlamak için amaç fonksiyonuna $\sum \sum x_{ih}$ terimi -M katsayısıyla ilave edilmiştir.

4. Kurulan Modelin Bir Örnek Üzerinde Uygulanması

Önerilen modeli seçilen örnek için oluşturmak üzere öncelikle girdiler belirlenir. Vardiya çevrim süresine karar verilir. Örnek alınan problem için bu süre iki haftadır. Yani, her hafta için işgörenlerin atandığı vardiyaların farklı olabilen sayısı, ikinci haftanın sonunda eşitlenmek zorundadır. Bir hafta beş gün kabul edilir. Bir günde, her biri dört saat olmak üzere üç vardiya halinde toplam on iki saat çalışılmaktadır. Bu çalışmada ele alınan işletme hafta sonu ve bayram tatilinde hizmet vermemektedir. Her haftanın, her gününün, her vardiyasında minimum iki elemana ihtiyaç vardır. Talep nedeni ile gereken eleman sayısı bazı gün-

ler vardiya başına üç olabilir. Her işgören bir günde minimum iki vardiya bazı günlerde ise talebi karşılayabilmek için üç vardiya çalışır.

Önerilen vardiya planı iki kez uygulanacak dolayısı ile çevrim süresi iki hafta olduğu için planlama süresi aynen planlama aralığında olduğu gibi dört hafta olacaktır. İşletme yöneticisi dilerse aynı planı uygulamak yolu ile planlama aralığını genişletme imkanına sahiptir.

Çevrim süresi göz önüne alındığında, bir günde üç vardiya olduğundan hareket edilerek on günlük çalışma süresi içinde toplam otuz vardiyada görev yapacak elemana ihtiyaç vardır. Bir işgören günde minimum iki vardiya çalıştığına göre on günde en az yirmi vardiyada hizmet verebilir. Yani işletmenin her gün her vardiyada bir kişiyi görevlendirmesi halinde minimum üç işgörene ihtiyaç olur. Örneğimizde her gün her vardiyada en az iki eleman bulunması öngörülmüştür, dolayısı ile minimum üç çalışana ihtiyaç vardır.

İşgörenlerden iki haftalık vardiya çevrim süresi içindeki tüm vardiyaları derecelendirmeleri istenir. Derecelendirme her vardiya için bir ile on arasında değişen puanların verilmesi işlemidir. İşgörenler kesinlikle çalışmak istemedikleri vardiyaya bir, çalışmayı çok istedikleri vardiyaya on puan vereceklerdir. Çalışma isteğinin düzeyine göre bir ile on arasındaki puanların verilmesi ile derecelendirme işlemi tamamlanır. Seçilen problemde derecelendirme işlemi tamamen tesadüfi olarak yapılmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen bilgiler aşağıdaki gibidir (Tablo 1).

1. HAFTA

Gün	1			2			3			4			5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	10	7	5	10	8	4	9	8	6	8	5	6	10	5	8
B	9	8	5	9	10	6	8	7	6	9	4	7	8	4	9
C	10	3	8	8	5	10	6	4	7	6	5	9	9	5	7

2. HAFTA

Gün	1			2			3			4			5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	5	3	8	10	9	6	7	8	6	4	10	5	5	9	3
B	8	10	4	6	5	9	4	10	3	7	8	6	10	2	6
C	5	8	10	10	8	7	9	7	6	5	10	7	9	4	8

Tablo 1: İşgörenler Tarafından Verilen Vardiya Puanları

Talep ile ilgili bilgiler toplanır. Seçilen örnek için yapılan talep tahmini sonucunda her gün ve her vardiya için minimum iki çalışanın bazı günlerin bazı vardiyalarında ise üç çalışanın gerektiği varsayılmıştır. Talep ile ilgili veriler aşağıdaki gibidir.

1. HAFTA

gün:	1	2	3	4	5
vardiya:	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>
el.iht.	2 2 3	2 2 3	2 3 2	2 2 2	3 2 2

Tablo 2a: Birinci Haftada Vardiyaların Minimum Eleman İhtiyaçları

2. HAFTA

gün:	1	2	3	4	5
vardiya:	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>	<u>1 2 3</u>
el.iht.	2 3 2	3 3 2	3 2 3	3 2 3	3 2 3

Tablo 2b: İkinci Haftada Vardiyaların Minimum Eleman İhtiyaçları

Girdilerin belirlenmesinin ardından modelin sınırları ve amaç fonksiyonu oluşturulur.

a) Sınırların Oluşturulması

Sınır setlerinin oluşturulmasında yukarıda belirtilen girdiler kullanılmıştır.

I. Sınır Seti

$$X_{1111} + X_{2111} + X_{3111} \geq 2$$

$$X_{1112} + X_{2112} + X_{3112} \geq 3$$

.....

$$X_{1253} + X_{2253} + X_{3253} \geq 3$$

II. Sınır Seti

$$X_{1111} + X_{1112} + X_{1113} \leq 2 + X_{111}$$

$$X_{1121} + X_{1122} + X_{1123} \leq 2 + X_{112}$$

.....

$$X_{3251} + X_{3252} + X_{3253} \leq 2 + X_{325}$$

III. Sınır Seti

$$X_{1111} + X_{1112} + X_{1113} + X_{1121} + X_{1122} + X_{1123} + X_{1131} + X_{1132} + X_{1133} + X_{1141} + X_{1142} + X_{1143} + X_{1151} + X_{1152} + X_{1153} = t_{11}$$

.....

$$X_{3211} + X_{3212} + X_{3213} + X_{3221} + X_{3222} + X_{3223} + X_{3231} + X_{3232} + X_{3233} + X_{3241} + X_{3242} + X_{3243} + X_{3251} + X_{3252} + X_{3253} = t_{32}$$

IV. Sınır Seti

$$t_{11} + t_{12} = t_1 \qquad t_{21} + t_{22} = t_2 \qquad t_{31} + t_{32} = t_3$$

V. Sınır Seti

$$t_1 = t_2$$

$$t_2 = t_3$$

VI. Sınır Seti

$$X_{1111} + X_{1112} + X_{1113} + X_{1141} + X_{1151} = X_{11}$$

$$X_{211} + X_{212} + X_{213} + X_{214} + X_{215} = X_{21}$$

.....

$$X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} = X_{32}$$

VII. Sınır Seti

$$X_{1111} + 10X_{1112} + 100X_{1113} = 11W_{1111} + 110W_{1112} + 111W_{11123}$$

$$X_{1121} + 10X_{1122} + 100X_{1123} = 11W_{1121} + 110W_{1122} + 111W_{11223}$$

.....

$$X_{3251} + 10X_{3252} + 100X_{3253} = 11W_{3251} + 110W_{3252} + 111W_{32523}$$

VIII. Sınır Seti

$$W_{1111} + W_{11112} + W_{111123} = 1$$

$$W_{1121} + W_{11212} + W_{112123} = 1$$

.....

.....

$$W_{3251} + W_{32512} + W_{325123} = 1$$

b) Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

$$\begin{aligned} \text{Min } & 10X_{1111} + 7X_{1112} + 5X_{1113} + 10X_{1121} + 8X_{1122} + 4X_{1123} + 9X_{1131} \\ & + 8X_{1132} + 6X_{1133} + 8X_{1141} + 5X_{1142} + 6X_{1143} + 10X_{1151} + 5X_{1152} + 8X_{1153} + \\ & 9X_{2111} + 8X_{2112} + 5X_{2113} + 9X_{2121} + 10X_{2122} + 6X_{2123} + 8X_{2131} + 7X_{2132} + \\ & 6X_{2133} + 9X_{2141} + 4X_{2142} + 7X_{2143} + 8X_{2151} + 4X_{2152} + 9X_{2153} + 10X_{3111} + \\ & 3X_{3112} + 8X_{3113} + 8X_{3121} + 5X_{3122} + 10X_{3123} + 6X_{3131} + 4X_{3132} + 7X_{3133} + \\ & 6X_{3141} + 5X_{3142} + 9X_{3143} + 9X_{3151} + 5X_{3152} + 7X_{3153} + 5X_{1211} + 3X_{1212} + \\ & 8X_{1213} + 10X_{1221} + 9X_{1222} + 6X_{1223} + 7X_{1231} + 8X_{1232} + 6X_{1233} + 4X_{1241} \\ & + 10X_{1242} + 5X_{1243} + 5X_{1251} + 9X_{1252} + 3X_{1253} + 8X_{2211} + 10X_{2212} + 4X_{2213} + \\ & 6X_{2221} + 5X_{2222} + 9X_{2223} + 4X_{2231} + 10X_{2232} + 3X_{2233} + 7X_{2241} + 8X_{2242} + \\ & 6X_{2243} + 10X_{2251} + 2X_{2252} + 6X_{2253} + 5X_{3211} + 8X_{3212} + 10X_{3213} + 10X_{3221} + \\ & 8X_{3222} + 7X_{3223} + 7X_{3231} + 8X_{3232} + 6X_{3233} + 5X_{3241} + 10X_{3242} + 7X_{3243} + \\ & 9X_{3251} + 4X_{3252} + 8X_{3253} - 20(x_{11}+x_{21}+x_{31}+x_{12}+x_{22}+x_{32}) \end{aligned}$$

4. Çözüm Sonucunun Değerlendirilmesi

Önerilen model seçilen örnek için çözülmüş ve aşağıdaki çevrim süresi iki hafta olan vardiya planı elde edilmiştir. Daha iyi anlaşılması amacı ile vardiya planında, birinci işgören A, ikinci işgören B ve üçüncü işgören C harfleri ile ifade edilmiştir.

gün	1 HAFTA															Top.	
	1			2			3			4			5				
var	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	O	*	*	*	14
B	O	*	*	*	*	*	*	*	O	*	*	*	*	*	*	*	13
C	*	*	*	*	*	*	O	*	*	O	*	*	*	*	O		12
	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2		

		2 HAFTA															
gün	1			2			3			4			5			Top.	
var	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
A	0	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13
B	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14
C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15
	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3		

Tablo 4: Çözüm Sonuçlarına Göre Vardiya Planı⁸

Çözüm Sonuçları:

Birinci (A) işgörenin iki haftanın tüm günleri itibariyle atandığı vardiyalar:

Birinci hafta

$$X_{1111}=X_{1112}=X_{1113}=1$$

$$X_{1121}=X_{1122}=X_{1123}=1$$

$$X_{1131}=X_{1132}=X_{1133}=1$$

$$X_{1141}=X_{1142}=1$$

$$X_{1151}=X_{1152}=X_{1153}=1$$

İkinci hafta

$$X_{1212}=X_{1213}=1$$

$$X_{1221}=X_{1222}=1$$

$$X_{1231}=X_{1232}=X_{1233}=1$$

$$X_{1241}=X_{1242}=X_{1243}=1$$

$$X_{1251}=X_{1252}=X_{1253}=1$$

İkinci (B) işgörenin iki haftanın tüm günleri itibariyle atandığı vardiyalar:

⁸ * i'nci işgörenin, h'inci haftanın, j'inci gününün k'inci vardiyasına tahsis edilmesi durumu
o işgören tahsisinin yapılmaması durumu

Birinci hafta

$$X_{2112}=X_{2113}=1$$

$$X_{2121}=X_{2122}=X_{2123}=1$$

$$X_{2131}=X_{2132}=1$$

$$X_{2141}=X_{2142}=X_{2143}=1$$

$$X_{2151}=X_{2152}=X_{2153}=1$$

İkinci hafta

$$X_{2211}=X_{2212}=1$$

$$X_{2221}=X_{2222}=X_{2223}=1$$

$$X_{2231}=X_{2232}=X_{2233}=1$$

$$X_{2241}=X_{2242}=X_{2243}=1$$

$$X_{2251}=X_{2252}=X_{2253}=1$$

Üçüncü (C) işgörenin iki haftanın tüm günleri itibariyle atandığı vardiyalar:

Birinci hafta

$$X_{3111}=X_{3112}=X_{3113}=1$$

$$X_{3121}=X_{3122}=X_{3123}=1$$

$$X_{3132}=X_{3133}=1$$

$$X_{3142}=X_{3143}=1$$

$$X_{3151}=X_{3152}=1$$

İkinci hafta

$$X_{3411}=X_{3212}=X_{3213}=1$$

$$X_{3221}=X_{3222}=X_{3223}=1$$

$$X_{3231}=X_{3232}=X_{3233}=1$$

$$X_{3241}=X_{3242}=X_{3243}=1$$

$$X_{3251}=X_{3252}=X_{3253}=1$$

Her işgörenin iki hafta içerisinde üç vardiya çalıştıkları günler

$$X_{111}=X_{112}=X_{113}=X_{115}=X_{123}=X_{124}=X_{125}=X_{212}=X_{214}=X_{215}=X_{222}=X_{223}=X_{224}=X_{225}=X_{311}=X_{312}=X_{321}=X_{322}=X_{323}=X_{324}=X_{325}=1$$

Üç işgörenin 2'nin üzerinde fazladan 3. vardiyayı çalıştıkları toplam gün sayısı 21 gündür.

Her işgörenin birinci ve ikinci hafta çalıştıkları toplam vardiya sayıları

$$t_{11}=14 \quad t_{21}=13 \quad t_{31}=12$$

$$t_{12}=13 \quad t_{22}=14 \quad t_{32}=15$$

Her işgörenin birinci ve ikinci hafta içerisinde üç vardiya çalıştıkları gün sayısı

$$X_{11}=4 \quad X_{21}=3 \quad X_{31}=2 \quad X_{12}=3 \quad X_{22}=4 \quad X_{32}=5$$

Her işgörenin vardiya çevrim süresi içerisinde atandıkları toplam vardiya sayısı

$$t_1=t_2=t_3=27$$

AF=754, Üç işgörenin üç vardiya çalıştığı gün sayısı toplam olarak 21 gündür. Her bir günün katsayısı -20 olduğuna göre, üç işgören için ulaşılan toplam tatmin

$$154 = \text{Toplam Tatmin} - 420$$

ilişkisinden dolayı 574 puan olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 4'de görüldüğü gibi, A işgöreninin çalışacağı vardiyaların toplam sayısı birinci hafta 14 ve ikinci hafta 13 olmak üzere toplam 27 iken, B işgöreninin yine aynı şekilde $13 + 14 = 27$, C işgöreninin ise birinci hafta 12 ve ikinci hafta 15 olmak üzere toplam 27 vardiyadır. Her işgörenin, üç vardiya çalıştıkları gün sayısı ise iki hafta için kişi başına 7 olmak üzere toplam 21 olarak bulunmuştur.

Seçilen örnekte, talep sınırlarında belirtilen eleman ihtiyacının (işgören sayısı), mevcut eleman sayısının katlarından biri olmamasına özen gösterilmiştir. Örnekte, çevrim süresi içindeki tüm vardiyalar için toplam işgören ihtiyacı 73 tür (tabloların altlarında verilen rakamlar talebi karşılayacak işgören ihtiyacını göstermektedir). $73 / 3 = 24.333$ dir. Çevrim süresi sonunda, işgörenlerin çalıştıkları vardiya sayısının eşit olmasının zorunlu olması nedeni ile model, işgörenlerin atandığı vardiya sayısını, işgören sayısının katına tamamlamak durumundadır. Örnekte, her bir vardiyada iki veya üç kişi olmak koşulu ile toplam 73 vardiyalık iş gücü gerekir iken, model bu sayıyı 81'e tamamlamıştır ve iki haftalık çevrim süresinde her işgörenin 27'şer vardiyada görev almasını öngörmüştür. Ulaşılmak istenen de budur. Vardiyalara yapılan atamaların toplam sayısı 75 değil de 81 olması-

nın nedeni, her işgörenin bir günde iki vardiya çalışması durumunda birbirini takip eden iki vardiyaya atanmalarını öngören sınırlardır. Çözüm sonucunda fazladan atama yapılan vardiyalar, birinci haftanın birinci gününün ikinci vardiyası, ikinci gününün birinci ve ikinci vardiyası ve dördüncü gününün ikinci vardiyası ile beşinci günün ikinci vardiyasıdır. İkinci haftada da, üçüncü, dördüncü ve beşinci günlerin ikinci vardiyasıdır (Tablo 4'de kutu içinde gösterilmiştir). Model vardiya sayısını 81 değil 72 yapsaydı yine her işgörene eşit sayıda (24) vardiyada çalışma görevi verilir ancak, talep karşılanamaz ve problem çözümsüz olurdu.

İşgörenlerin, talebi karşılamak üzere atanması gerekentoplam vardiya sayısı \leq modelin sonucuna göre işgören atanana vardiya sayısı ilişkisi daima geçerli olacaktır.

Seçilen problem için önerilen matematiksel modelde 255 değişken ve 138 sınır bulunmaktadır. LINDO paket Programı kullanılarak oluşturulan model çok farklı örnekler için denenmiştir. Çözümlerin büyük bir çoğunluğunun çözüm süresi 1 ile 25 saniye arasındadır. Bu örnekte ise çözüm süresi 20 saniyedir. Seçilecek yeni örnek problemlerde işgören sayısı ve çevrim süresi arttıkça sınır ve değişken sayısı da doğal olarak büyük ölçüde artacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

ARICI, Kadir, Çalışma Sürelerinin Hukuki gelişimi ve Yeterliliği Açısından 1475 Sayılı iş kanununda Çalışma Süreleri, Ankara 1992.

Kistner, Klaus P. Steven, M., Produktionsplanung, Physica-Verlag 1993.

REFA Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 1, Grundlagen Carl Hanser Verlag, München 1984.

SCHNEEWEIS Christop, Einführung in die Produktionswirtschaft, Fünfte neubearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, 1993 Berlin.

SCHNEEWEIS, Christop, Sinisa Löingah, Georg Müller, Festlegung einer Jahresarbeitszeitverteilung durch Optimierung, O Spektrum, 1996.

TISK, Çalışma Hayatında Esneklik, Kasım 1999.