

**TAMSAYILI PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE VARDİYA
PLANLAMASI: İTFAİYE TEŞKİLATI ÖRNEĞİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İŞletme Anabilim Dalı
Sayısal Yöntemler Programı**

Ali KATRANCI


Danışman: Doç. Dr. Arzu Organ


Temmuz 2018


DENİZLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

...İŞLETİM... Anabilim Dalı, SAJISAL YÖNTEMLER... Bilim Dalı öğrencisi ALI VATANCI... tarafından Doç. Dr. Arzu ÖZGAN yönetiminde hazırlanan TAMAMLI PROGRAMLAMA TEKNİKLERİNE SAĞLIKLI İLANLAMASI İFADE TESLİATI... ÖZNEĞİ...” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 09.07.2018... tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İrfan Ertugrul
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Hüseyin Serbayas
Jüri Üyesi


Doç. Dr. Arzu ÖZGAN
Jüri Üyesi


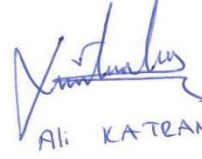
Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
01/08/2018 tarih ve ..32/06.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Vefa NALBANT
Müdür



Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza
Öğrenci Adı Soyadı


Ali KATRANCI

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması esnasında görüş ve fikirlerini benden esirgmeden her daim yol gösteren değerli danışman hocam Doç. Dr. Arzu ORGAN'a,

Öğrencilik hayatım boyunca bana yol gösterip farklı açılardan hayata bakmamı sağlayan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ayşegül KOYUNCU OKCA ve Cengiz OKCA'ya,

Bu çalışmanın uygulama kısmının gerçekleştirilmesinde desteğini esirgemeyen Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanı Murat BAŞLI'ya,

Nefes almaya başladığım ilk günden itibaren bana her türlü desteği sağlayan, her zaman yanımda olan ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim başta annem Ayniye KATRANCI ve babam Ömer KATRANCI olmak üzere tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ali KATRANCI

ÖZET

TAMSAYILI PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE VARDİYA PLANLAMASI: İTFAİYE TEŞKİLATI ÖRNEĞİ

Katıncı, Ali
Yüksek Lisans Tezi,
İşletme ABD
Sayısal Yöntemler Programı
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Arzu ORGAN
Temmuz 2018, xii+ 120 sayfa

Günümüzde hem özel sektörde hem de kamu sektöründe birçok kurum ve kuruluş vardiya usulüne göre çalışmaktadır. Bu kurum ve kuruluşlarda çalışan personellerin verimli bir şekilde faaliyetlerini sürdürebilmeleri için vardiyalarının etkin bir biçimde planlanması gerekmektedir. Etkin bir biçimde planlanmayan vardiyalarda çalışan personellerde, uyku bozukluğu, yorgunluk, kanser, kalp ve damar hastalıkları, ailevi ve psikolojik problemler gibi sorunlar meydana gelmektedir. Bu tür sorunları ortadan kaldırmak amacıyla, çalışanların vardiyalarının etkin bir şekilde planlanması gerekmektedir. Ayrıca, çalışan personelin isteklerini dikkate alarak oluşturulan planlamalar, işyerinde verimlilik artışı ve rekabet avantajı sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada itfaiye teşkilatında çalışan itfaiye erlerinin vardiya planlama problemi ele alınmıştır. Planlanmanın çözümü için tamsayı programlama modeli oluşturulmuş ve oluşturulan model GAMS paket programı ile çözülmüştür. Bu yöntem ile birlikte itfaiye erlerinin ve idarenin istekleri tam yerine getirilmiş ve optimal sonuca ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İtfaiye Teşkilatı (Denizli), Vardiya Çizelgeleme, Vardiya Planlaması, Tamsayı Programlama, Optimizasyon

ABSTRACT

SCHEDULING WITH INTEGER PROGRAMMING TECHNIQUE: THE EXAMPLE OF FIRE BRIGADE

Katrançl, Ali

Master's Thesis

Department of Business Administration

Program in Quantitative Methods

Adviser of Thesis: Assoc. Prof. Arzu ORGAN

June 2018, xii+ 120 pages

Nowadays, a lot of organizations and institutions both in private and public sectors operate on a shift basis. In order for the personnel employed in these organizations and institutions perform their tasks in a productive manner, their shifts must be planned efficiently. Problems such as sleep disorder, fatigue, cancer, heart and vascular diseases, as well as domestic and psychological problems may emerge for the personnel working shifts that have not been planned efficiently. In order to, eliminate such problems, employees departments need to be actively planned. In addition, it is seen that the plans created by taking into consideration the requests of the working personnel provide productivity increase and competitive advantage in the workplace.

In this study, the problem of scheduling for the fire fighters working at the fire department is discussed. For the solution of scheduling, integer programming model is formed and this model is solved using GAMS package program. With this method, all the requests from both the fire fighters and the administration are fulfilled and an optimal result is achieved.

Key Words: Fire Brigade (Denizli), Shift Scheduling, Shift Planning, Integer Programming, Optimization

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ	xi
HARİTALAR DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM VARDİYALI ÇALIŞMA SİSTEMİ

1.1. Vardiyalı Çalışma Sistemi	3
1.2. Vardiyalı Çalışma Sistemini Gerektiren Sebepler	6
1.2.1. Ekonomik Nedenler	7
1.2.2. Sosyal Nedenler	7
1.2.3. Sosyo-Politik Nedenler	7
1.3. Vardiyalı Çalışma Sistemi Çeşitleri	8
1.3.1. Sabit Vardiya Sistemi.....	8
1.3.2. Dönüşümlü Vardiya Sistemi	8
1.3.2.1. Sürekli Vardiyalı Çalışma Sistemi	9
1.3.2.2. Yarı Sürekli Vardiyalı Çalışma Sistemi	9
1.3.2.3. Süreksiz Vardiyalı Çalışma Sistemi.....	9
1.4. Vardiyalı Çalışma Sisteminin Ortaya Koyduğu Sorunlar.....	9
1.4.1. Fiziksel Problemler	10
1.4.1.1. Uyku Bozukluğu	10
1.4.1.2. Yorgunluk	12
1.4.1.3. Kardiyovasküler Bozukluklar	13
1.4.1.4. Gastrointestinal Bozukluklar.....	13
1.4.1.5. Kanser	13
1.4.2. Ailevi ve Toplumsal Problemler	14
1.4.3. Psikolojik Problemler.....	15
1.5. Vardiyalı Çalışma Sistemi ve İş Güvenliği İlişkisi	15
1.6. Vardiyalı Çalışma ve Verimlilik İlişkisi	17
1.7. Vardiyalı Çalışma Sistemi İle İlgili Yasal Düzenlemeler	18

1.7.1. Uluslararası Düzenlemeler	19
1.7.2. Ulusal Düzenlemeler	21
1.8. Literatür Taraması	22

İKİNCİ BÖLÜM

VARDİYA ÇİZELGELEMEDE KULLANILAN BAŞLICA YÖNTEMLER

2.1. Doğrusal Programlama.....	31
2.1.1. Doğrusal Programlama Modelinin Yapısı	33
2.1.2. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler.....	34
2.1.2.1. Grafik Metodu	34
2.1.2.2. Simpleks Metodu	35
2.2. Tamsayı Programlama	35
2.2.1. Tamsayı Programlama Modeli Türleri.....	37
2.2.1.1. Saf Tamsayı Programlama	37
2.2.1.2. Karma Tamsayı Programlama	37
2.2.1.3. 0- 1 Tamsayı Programlama	37
2.2.2. Tamsayı Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler	38
2.3. Hedef Programlama	42
2.3.1. Hedef Programlama Modelinin Yapısı	43
2.3.2. Hedef Programlama Modelinin Formülasyonu.....	43
2.3.3. Hedef Programlama Modelinin Türleri.....	44
2.3.4. Hedef Programlama Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları	46
2.3.4.1. Hedef Programlama Tekniğinin Avantajları.....	46
2.3.4.2. Hedef Programlama Tekniğinin Dezavantajları.....	46
2.4. Genetik Algoritma.....	46
2.4.1. Genetik Algoritma Tekniğinde Kullanılan Temel Kavramlar	47
2.4.2. Genetik Algoritma Tekniğinin Çözüm Aşamaları	50
2.5. Simülasyon (Benzetim).....	51
2.5.1. Simülasyon Tekniğinin Sınıflandırılması	52
2.5.1.1. Deterministik Simülasyon Tekniği	53
2.5.1.2. Stokastik Simülasyon Tekniği	53
2.5.2. Simülasyon Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları.....	53
2.5.2.1. Simülasyon Tekniğinin Avantajları	53
2.5.2.2. Simülasyon Tekniğinin Dezavantajları	54

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAMSAYILI PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE DENİZLİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ İTFAİYE DAİRESİ BAŞKANLIĞI'NDA VARDİYA ÇİZELGELEME

3.1. Çalışmanın Amacı.....	56
3.2. Çalışmanın Yöntemi	56
3.3. Çalışmanın Önemi.....	57
3.4. Çalışmanın Tanıtılması	58
3.5. Çalışmanın Matematiksel Modeli	65
3.5.1. Çivril Grup Amirliği'nde İtfaiye Erlerinin Vardiya Planlanması	66
3.5.2. Kayalık İstasyonu'nda İtfaiye Erlerinin Vardiya Planlanması.....	72
SONUÇ	78
KAYNAKÇA.....	80
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1: Gen, Kromozom ve Popülasyon Yapısı.....	49
Şekil 2: İki Bitlik Çaprazlama Örneği.....	50
Şekil 3: Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı Organizasyon Şeması.....	61

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1: İş Kazaları, Türkiye, 2013-2016 Yılları Arası.....	17
Tablo 2: Sayımlama Sonuç Tablosu.....	39
Tablo 3: Çivril Grup Amirliği İtfaiye Erleri Çalışma Planı.....	69
Tablo 4: Çivril Grup Amirliği İtfaiye Erleri Çalışma Planı Genel Görünümü.....	71
Tablo 5: Kayalık İstasyonu İtfaiye Erleri Çalışma Planı.....	74
Tablo 6: Kayalık İstasyonu İtfaiye Erleri Çalışma Planı Genel Görünümü.....	77

HARİTALAR DİZİNİ

	Sayfa
Harita 1: Denizli İli Haritası ve İtfaiye İstasyonları.....	60
Harita 2: Çivril İlçesi Haritası ve İtfaiye İstasyonları.....	64
Harita 3: Merkez Grup Amirliği Haritası ve İtfaiye İstasyonları.....	65

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB	Avrupa Birliği
BM	Birleşmiş Milletler
DP	Doğrusal Programlama
GA	Genetik Algoritma
GAMS	Genetic Algebraic Modelling System
HP	Hedef Programlama
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
TSP	Tamsayılı Programlama
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ

Günümüzde çalışma hayatının dinamikliği ve üretimde makineleşmenin artması ile birlikte, çalışma şartlarında önemli değişiklikler meydana gelmiş ve çalışma süresi günün 24 saatine yayılmıştır. Endüstri ve hizmet sektöründe yer alan iş kollarında, 24 saat boyunca üretimin devamlılığı gerekli olduğundan dolayı, bu sektörlerde vardiyalı çalışma sistemi ile çalışılmaktadır (Akyol Güner, 2010: 1).

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışan personeller için bir çalışma planı yaparak, personel memnuniyeti, verimliliği, işletme giderleri ve zaman gibi konularda iyileştirmeler yapılabilir. Ayrıca vardiyalı çalışma sistemi ile faaliyetlerini sürdüren yerin istekleri doğrultusunda çeşitli kuralları modele ekleyerek, gerçeğe uygun ve çalışma prensiplerini yerine getirerek planlamalar yapılmaktadır (Varlı ve Eren, 2017: 186).

Vardiyalı çalışma sistemi, 24 saat boyunca üretimin kesintisiz bir şekilde devam ettiği üretim ve hizmet sektörlerinde ve bu sektörlerde çalışanlar için oldukça faydalıdır. Ancak, dengeli ve adaletli şekilde oluşturulmayan planlamalar, çalışanların memnuniyet düzeylerinin düşmesinin yanında, çalışanlarda bir takım fiziksel, psikolojik, ailevi ve toplumsal sorunlara da neden olmaktadır. İtfaiye teşkilatında da, hizmetin kesintisiz bir şekilde devam etmesinden dolayı çeşitli sorunlar meydana gelmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla, doğrusal programlama, tamsayılı programlama, hedef programlama, genetik algoritma ve simülasyon gibi matematiksel modeller kullanılmaktadır.

İnsanların can ve mal güvenliklerinin, hayvanların ise can güvenliklerinin sağlanması da kesintisiz bir süreç olduğundan dolayı, itfaiye erlerinin de çalışmaları vardiyalı çalışmayı gerekli kılmaktadır.

Yangınları önlemek amacıyla kurulan itfaiye teşkilatı, günümüzde 7 gün 24 saat yangınları söndürmenin yanında doğal afetler sonucunda meydana gelen olumsuz durumlarda arama ve kurtarma çalışmalarını gerçekleştirmek, ilk yardım hizmetlerini sağlamak, su baskınlarına müdahale etmek, kaza, çökme, patlama, mahsur kalma gibi durumlara müdahale etmek gibi görevleri vardır. İtfaiye teşkilatı, yangın ve doğal

afetler sonucunda meydana gelen hem mal hem de can kaybını ortadan kaldırmak amacıyla vardiyalı bir şekilde çalışılması gerekmektedir. Bu vardiyalarını etkin bir şekilde planlamak zorundadırlar..

Bu tez çalışması 3 bölümden oluşmuştur. Çalışmanın birinci bölümünde, hem kamu sektöründe hem de özel sektörde faaliyet gösteren çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından tercih edilen vardiyalı çalışma sisteminden genel olarak bahsedilmiştir. Ayrıca bu bölümde, vardiyalı çalışma sisteminin tercih edilme sebepleri, çeşitleri, vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda meydana gelen sorunlar, iş güvenliği ve verimlilik ile ilişkisinden bahsedilmiştir. Bu bölümde daha sonra, hem ülkemizde hem de uluslararası alanda, vardiyalı çalışma sisteminin belli standartlara kavuşturulması amacıyla yer alan düzenlemelerden bahsedilmiştir. Bu bölümün sonunda, vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili yapılan çalışmaları içeren literatür taraması verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümde, vardiyalı çalışma sistemi ile yapılan çalışmaların incelenmesi sonucunda en fazla kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Bu yöntemler; doğrusal programlama tekniği, tamsayı programlama tekniği, hedef programlama tekniği, genetik algoritma tekniği ile simülasyon (benzetim) tekniği genel olarak anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde uygulama çalışması yer almaktadır. Uygulama bölümünde; yangın, su basması, kaza, patlama, çökme, arama, kurtarma gibi can ve mal güvenliği açısından meydana gelen olumsuz durumlarda müdahalede bulunan Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı bünyesindeki, Çivril Grup Amirliği Merkez İstasyonu'nda ve Kayalık İstasyonu'nda çalışan itfaiye erlerinin vardiya planlama problemi ele alınmıştır. Bu problem tamsayı programlama tekniği ile modellenmiş, GAMS paket programı ile çözülmüştür. Çalışmanın sonucunda, itfaiye erlerinin aylık optimal çalışma günleri belirlenmiş.

BİRİNCİ BÖLÜM

VARDİYALİ ÇALIŞMA SİSTEMİ

Bu bölümde genel olarak; vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili bilgilere yer verilerek, vardiyalı çalışma sisteminin sebepleri, çeşitleri, ortaya koyduğu sorunlar, yasal düzenlemeler ve vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

1.1. Vardiyalı Çalışma Sistemi

Vardiyalı çalışma sistemi, temeli Romalılar Dönemine kadar uzanan ve Sanayi Devrimi'nden sonra çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan bir çalışma sistemidir (Kazancı Yabanova, 2016: 4). İlk olarak yüksek sıcaklıktaki fırınların çalışmasına uyum sağlamak amacıyla, kesintisiz süreçlerin gerektiği demir çelik sektöründe uygulanmış ve daha sonraları diğer sanayi sektörlerine uygulanması sonucunda kullanımı giderek yaygınlaşmış bir çalışma tekniğidir (Koruca, 2010: 470).

18. yüzyılda buharın keşfedilmesiyle başlayan Sanayi Devrimi, gerek çalışanlarda gerekse de toplum yapısında bazı değişiklikler yaşanmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda çalışma süreleri 18 saate kadar artmış, kadın ve çocuklar da dâhil olmak üzere el dokuma atölyelerinde ve maden ocaklarında çalışmışlar, bu ağır şartlar genç yaşta ölümlerin ve sakatlıkların yaşanmasına yol açmıştır (Kazancı Yabanova, 2016: 4).

19. yüzyılın başlarına gelindiğinde günlük çalışma süresinin uzunluğu, kapitalist ekonominin geliştiği tüm ülkelerde, özellikle İngiltere, Fransa ve Almanya'da parlamentoların, bilim adamlarının, kimi kitle örgütlerinin ve sendikaların üzerinde tartıştıkları en önemli konu olmuştur (Dinçer, 2006: 82). Bu tartışmanın nedeni olarak, Sanayi Devrimi ile başlayan ve günün neredeyse üçte ikisini kapsayan uzun çalışma sürelerinin, çalışanlarda başta sağlık sorunları olmak üzere psikolojik, ailevi ve toplumsal sorunlara neden olması olarak gösterilebilir. Bu yüzden de uzun saatler boyunca çalışmak zorunda olan çalışanlarda meydana gelen sağlık sorunları, psikolojik sorunlar, ailevi ve toplumsal sorunları en aza indirebilmek amacıyla çeşitli girişimlerde bulunulmuştur.

Yapılan bu girişimlerden ilki, 1833 yılında İngiltere’de fabrika çalışanlarının çalışma koşullarının iyileştirmesi ve çalışanların iş yerlerinde belli saat dilimleri arasında çalışmasını gerekli kılan Factory Act yasası ile ilk adım atılmıştır. Ayrıca yasalara uymayanlara para cezaları da uygulanmıştır. (Pekşen Arı, 2013: 3).

Çalışma sürelerinin azaltılmasına yönelik atılan ikinci adım, 1847 yılında İngiltere’de çıkarılan On Saatlik İşgünü Kanunudur. Bu kanun, tekstil endüstrisinde çalışan kadınların ve çocukların gün içinde çalışma süresini 10 saate kadar düşüren bir kanundur. 1871 yılında çıkarılan diğer bir kanuna göre de tüm sanayi kuruluşlarında günlük çalışma süresi 10.5 saat olarak belirlenmiştir (İncir, 1998: 17).

1990’lu yıllara gelindiğinde çalışma saatleri ile ilgili uluslararası kanunlarda önemli değişiklikler meydana gelmiştir. 1990 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından, çalışma zamanı için yeni standartlar getirmiş, 1993 yılında da vardiya ve dinlenme zamanlarına ilişkin daha geniş bir ölçekte Avrupa Çalışma Saatleri Standartları oluşturulmuştur. Bu çalışmalar ile birlikte ortaya konulan düzenlemeler şunlardır (Pekşen Arı, 2013: 4):

- Bir iş için haftalık çalışma süresi saati 48 saatten fazla olmamalıdır.
- Bir günlük dinlenme süresi en az birbirini izleyen 11 saat olmalıdır.
- Birbirini takip eden ortalama 14 iş günü üzerinde çalışma zamanı için haftalık dinlenme zamanı en az 24 veya 48 saat olmalıdır.
- Bir iş için 6 saatten fazla çalışma süresi için en az 20 dakika dinlenme süresi olmalıdır.
- 17 haftadan fazla çalışma sürelerinde her 24 saatte gece çalışma süresi en fazla 8 saat olmalıdır.
- Gece çalışanlar için ücretsiz sağlık hizmeti olmalıdır.
- Çalışanlar için en az 4 haftalık ücretli yıllık izin olmalıdır.

ILO’nun ortaya koymuş olduğu bu düzenlemeler ile birlikte, çalışma sürelerinde zamanla azalmalar meydana gelmiş ve azalan çalışma süreleri başta Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünyada mevcut çalışma süresinin dışında da üretimin devam etmesi

gerekliliği ile birlikte, vardiyalı çalışma sistemi zamanla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

1990'lı yıllardan sonra işletmelerde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan vardiyalı çalışma sisteminin kesin bir tanımı olmadığından dolayı çok farklı tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamalara örnek olarak şu tanımlar verilebilir:

- Vardiyalı alışma sistemi, çok yaygın bir şekilde bilinen bir iş örgütlenmesi tekniğidir (İncir, 1998: 7, Bambra vd., 2008: 427).
- Vardiyalı alışma sistemi, başlangıç ve bitiş sürelerinin işletmenin yapısına göre ve faaliyet alanlarına göre değişiklik göstermesine bağlı olarak işin gündüz, akşam ve gece çalışmaları olarak düzenlenmesidir (Yüksel, 2002: 199).
- Vardiyalı alışma, çalışmanın en az %50'sinin saat 8.00 ile 16.00 arasında olmayan bir zaman diliminde yapılmasını gerektiren standart dışı zaman izelgeleridir (Pease ve Raether, 2003: 1).
- Vardiyalı alışma, gündüz saatleri dışında çalışma (gece vardiyaları gibi), fazla mesai veya düzensiz iş saatlerinde çalışmayı açıklamaktadır (Sizane ve Van Rensburg, 2011: 71).

Yapılan tüm bu tanımlamalardan hareketle: Vardiyalı alışma sistemi, bireylerin ihtiyaını hissettiği çeşitli mal ve hizmetleri karşılayabilmek amacıyla sözü edilen iş yerinde, bir tam gün içinde farklı zamanlarda, farklı işçi gruplarının aynı makine, teçhizat ve diğer araç gereçleri, birbirini takip eden bir şekilde kullanmasıdır. Bu şekilde bir tam iş günü olan 24 saat boyunca üretim kesintisiz şekilde devam etmektedir.

Çalışanların neredeyse tüm gününü çalışarak geçirdiği uzun çalışma süreleri yerine, belli saatler arasında çalıştıkları çalışma sürelerini kazanması çok uzun bir dönemi kapsamaktadır. Bu uzun dönem boyunca işçi, işveren ve çalışma sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmalarda bulunan çeşitli ulusal ve uluslararası kurumlar arasında çeşitli mücadelelere neden olmuştur. Ancak bu mücadeleler sonunda çalışma süreleri zaman içinde azaltılmıştır.

Çalışma sürelerinin azalmasına bağlı olarak artan talep ihtiyacını karşılamak isteyen işverenler, zaman içinde üretimin 7 gün 24 saat devam ettiği vardiyalı çalışma sistemini benimsemişlerdir.

Vardiyalı çalışma sisteminin, işletmeler tarafından yıllar içinde artan oranda tercih etmelerinin nedenlerini şu şekilde sıralanabilir (Odabaşı ve Eke, 1981: 81):

- İhtiyaç duyulan talep miktarının karşılanması amacıyla üretimin artırılmasının gerekli olması,
- Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışma sonucunda istihdam oranını artırma,
- Ürettiği ürün kapasitesini maksimum düzeye çıkararak, birim maliyetlerde meydana gelen artışın önüne geçebilme isteği,
- İşletmelerin mevcut üretim olanaklarından maksimum faydayı elde etme isteği,
- İşletmelerin, makine ve teçhizatların sürekli çalışması,
- İşletmelerin üretimleri sırasında kullanım olduğu makine ve teçhizatların vardiyalı çalışmayı gerekli kılmasıdır.

1.2. Vardiyalı Çalışma Sistemini Gerektiren Sebepler

Son 50 yılda birçok ülkede giderek yaygınlaşan vardiyalı çalışma sistemi, bazen kesintisiz üretim yapma zorunluluğundan, yani teknolojik bir gereklilik olarak ortaya çıkabileceği gibi, bazen de sağlık hizmetlerinde olduğu gibi toplumsal yarar açısından hizmetin kesintisiz sürmesi gereğinden ortaya çıkabilir (Arpacı, 2007: 72).

Vardiyalı çalışma sistemi, telefon şirketleri, havayolları, hastaneler, güvenlik hizmetleri, bankalar, enerji dağıtım hizmetleri, sağlık hizmetler, mağazalar, oteller, medya gibi kesintisiz hizmet veren (Pati vd, 2001: 32, Dinçer, 2006: 77) yerlerde yaygın bir şekilde başvurulan bir çalışma sistemidir.

Vardiyalı çalışma sistemini gerektiren çeşitli sebepler olmakla birlikte genel olarak ekonomik nedenler, sosyal nedenler ve sosyo-politik nedenler olmak üzere 3 ana grupta incelenebilir (Yüksel, 2006: 9):

1.2.1. Ekonomik Nedenler

Vardiyalı çalışma sistemini gerektiren en önemli nedenler ekonomik nedenler, yani daha fazla kazanma isteğidir. Vardiyalı çalışma sistemi ile birlikte bazı iş kollarının 24 saat boyunca çalışmak zorunda olmasının yanında, makinelerden daha çok yararlanmak, üretim miktarını çoğaltıp ürün başına düşen genel giderleri ve birim ürün maliyetini azaltarak rekabet şansını yakalamak, verimliliği artırmak, yatırım sermayesini kısa sürede amorti etmek, atıl kapasiteyi optimal bir şekilde değerlendirme gibi sebeplerle işletmeler açısından karlı bir durum olarak görüldüğünden dolayı vardiyalı çalışma sistemi tercih edilmektedir (Dinçer, 2006: 77).

Vardiyalı çalışma sistemi, yalnızca işletmeler açısından karlı bir durum değildir. Aynı zamanda bireylerin daha fazla kazanma isteği ile paralel bir şekilde de tercih edilmektedir. Ancak işletmelerin maksimum verimliliği, iş ve işçi istihdamı, kişisel ve kurumsal kazanç bakımından faydalı görülse de sosyal uyumsuzluk, fiziksel ve psikolojik sağlık açısından çalışanlar için son derece olumsuz etkileri mevcuttur (Gerz, 2017: 44).

1.2.2. Sosyal Nedenler

Vardiyalı çalışmayı gerektiren bir başka neden de sosyal nedenlerdir. Toplumunda çeşitli ihtiyaçların karşılanması amacıyla, 24 saat boyunca faaliyet gösteren, başta sağlık hizmetleri ve güvenlik hizmetleri gibi birçok sektörde, hizmetin kesintisiz bir şekilde sağlanması amacıyla vardiyalı çalışma sistemi gereklidir.

Bazı toplumsal ihtiyaçların ise sadece gece karşılanması nedeniyle de vardiyalı çalışma sistemi tercih edilmektedir. Hastaneler, güvenlik hizmetleri, itfaiye teşkilatı, fırınlar, matbaalar, çeşitli eğlence yerleri gece çalışmak zorunda yerler vardiyalı çalışma sistemi ile çalışmaktadır.

1.2.3. Sosyo-Politik Nedenler

Vardiyalı çalışma sistemini gerektiren sebeplerden birini de sosyo-politik nedenler oluşturmaktadır. Sosyo-politik neden olarak istihdamı artırma düşüncesi gösterilebilir. Çünkü kalkınmakta olan ülkelerde en önemli sorun işsizlik sorunudur. Vardiyalı çalışma sistemi ile hem üretimin devamlılığının sağlayıp hem de mevcut

çalışanlardan farklı kişilerin çalıştırılması ile birlikte istihdamın arttırılması amacı vardır.

1.3. Vardiyalı Çalışma Sistemi Çeşitleri

Geleneksel çalışma saatlerinin dışındaki çalışmaları içeren vardiyalı çalışma sisteminde (Hung vd., 2016: 1045), her bir ekip işletme ve yasalara bağlı olarak belli bir saat çalışmaktadır. Bu süre sonrasında bu ekip işi yeni gelen ekibe devretmekte ve o ekip kendi çalışma süresi sonrasında işi yeni gelen ekibe devretmektedir. Bu şekilde, bir işyerinde, birden fazla grup, kendilerinin yapması gereken işleri aynı süre içerisinde yerine getirmektedir. Bu şekilde çalışılan yerlerde vardiyalı çalışmanın amacı, söz konusu işletmede sürekliliği sağlayarak 24 saat boyunca mal ve hizmet üretiminin devam etmesini sağlamaktır.

İşçi sayısının çok olduğu işletmelerde vardiyalı çalışma sistemi, sabit vardiya sistemi ve dönüşümlü vardiyalı çalışma sistemi olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır:

1.3.1. Sabit Vardiya Sistemi

Sabit vardiya sistemi çalışmasında, sürekli olarak gündüz, sürekli olarak öğleden sonradan gece yarısına kadar ve sürekli olarak gece çalışan gruplar vardır. Aksi bir durum olmadıkça, çalışanlar kendi vardiyalarında çalışmak zorundadırlar. Ancak sosyal hukuk kavramının, iş hukukunda daha da belirginleşmesi sonucunda, sürekli olarak gece çalışmasının çalışanların fiziki ve psikolojik açıdan olumsuz etkilerde bulunması nedeni ile bu vardiya sisteminin günümüz uygulamasında yeri azalmıştır (Korkusuz, 2005: 3).

1.3.2. Dönüşümlü Vardiya Sistemi

Dönüşümlü vardiya sisteminde çalışanlar, belli bir zaman dilimi içinde dönüşümlü olarak sabah, akşam ve gece çalışmaktadır. Dönüşümlü vardiyalı çalışma sistemi kendi içinde, sürekli vardiyalı çalışma sistemi, yarı sürekli vardiyalı çalışma sistemi ve süreksiz vardiyalı çalışma sistemi olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Demirbilek, 2004: 79).

1.3.2.1. Sürekli Vardiyalı Çalışma Sistemi

Sürekli vardiyalı çalışma sisteminde, işletmeler haftada 7 gün, günde 24 saat ve bayram tatilleri de dâhil olmak üzere kesintisiz bir şekilde çalışmalarına devam etmektedir. En az dört ekip, çoğunlukla da dört veya yedi ekip sabit veya dönüşümlü olarak çalışırlar. Çalışanların dinlenme süreleri birbirinden farklılık göstermektedir. Sürekli vardiyalı çalışma sisteminde, üretim kapasitesinden en üst düzeyde yararlanma şansı tanıyan, üretim etmenlerinin en uygun kullanımına olanak veren, işletmeye geniş açılımlar sağlayan bir sistemdir (İncir, 1998: 26).

1.3.2.2. Yarı Sürekli Vardiyalı Çalışma Sistemi

Yarı sürekli vardiyalı çalışma sisteminde, işletmeler günde 24 saat çalışır. Hafta sonlarında ve bayramlarda çalışılmaz. Genellikle üç vardiya ve üç ekip söz konusudur. Ekipler sabit ya da dönüşümlü olarak sabah, akşam veya gece vardiyasında çalışırlar. Hafta içinde işletmenin aralıksız çalışması, gece çalışmasının azaltılması imkân sağlamadığından dolayı, sağlıkla ilgili sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir (İncir, 1998: 26).

1.3.2.3. Süreksiz Vardiyalı Çalışma Sistemi

Süreksiz vardiyalı çalışma sisteminde, işletmeler günde 24 saatten az çalışır. Genellikle sabah-akşam veya sabah-gece olmak üzere 16 saat süresince sabit veya dönüşümlü çalışırlar. Hafta sonu ve bayram tatillerinde çalışılmaz. Süreksiz vardiyalı çalışma sistemi, iki ekipli veya çift vardiyalı sistem olarak da bilinir. Bu sistem uygulama bakımında en kolay ve yönetsel sorunların en az olduğu sistemdir (Yıldız vd., 2012:11).

1.4. Vardiyalı Çalışma Sisteminin Ortaya Koyduğu Sorunlar

Günümüzde değişen sosyo-ekonomik koşulları dikkate aldığımızda, gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan ülkeler de birer sanayi toplumu haline gelmiştir. Sanayi toplumu haline gelen bu ülkelerde yer alan fabrikalarda, yoğun talep miktarına bağlı olarak, daha fazla üretim yapma imkânı ortaya çıkmıştır. Artan talep miktarını karşılamak isteyen fabrikalar, zamanla büyümüş ve üretim için gerekli olan işgücüne daha fazla ihtiyaç duymuştur.

Fabrikalar, artan talep miktarını karşılarken maliyetleri en düşük, karı ise en yüksek seviyede tutmak istemişlerdir. Bu amaçla fabrikalar, en fazla maliyet kalemine neden olan işçilik maliyetini azaltmak için vardiyalı çalışma sistemini benimsemişlerdir.

Artan talep ihtiyacını karşılamak, maliyetleri en aza indirip karı en yüksek seviyeye çıkarmak, üretimi kesintisiz bir şekilde sürdürmek gibi sebeplerle farklı vardiya sistemleri ile faaliyet gösteren fabrikalarda çalışan bireylerde, zamanla bir takım sorunlar meydana gelmektedir.

Çeşitli nedenler ile yaygın bir şekilde kullanılan vardiyalı çalışma sistemi, çalışanlarda bir takım sorunların meydana gelmesine neden olur. Genel olarak fiziksel problemler, ailevi ve toplumsal problemler, psikolojik problemler olarak bu sorunlar sıralanabilir (Barton vd., 1994: 749, Pease ve Raether, 2003: 1, Choobineh vd., 2012: 419).

1.4.1. Fiziksel Problemler

Mevcut çalışma saatlerinin dışında çalışma sistemi olarak adlandırılan vardiyalı çalışma sistemi, çalışanların vücut ritmini bozduğundan dolayı çalışanlarda fiziksel problemlere neden olmaktadır.

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda meydana gelen problemlerin en büyük nedeni, çalışanların gün boyunca temel biyolojik fonksiyonlarını idare eden sirkadiyen ritminin bozulmasıdır (Finn, 1981: 32).

İnsanların bir gün içerisinde yaşamış olduğu fiziksel ve biyolojik değişimleri ifade eden sirkadiyen ritmin bozulması ile birlikte fiziksel problemler meydana gelmektedir. Bu fiziksel problemler uyku bozukluğu, yorgunluk, kardiyovasküler bozukluklar, gastrointestinal bozukluklar ve kanserdir.

1.4.1.1. Uyku Bozukluğu

Uyku, organizmanın çevreyle iletişiminin, değişik şiddette uyanlarla geri döndürülebilir biçimde, geçici, kısmi ve periyodik olarak kaybolması durumu olarak tanımlanmaktadır (Sönmez vd., 2010: 105).

İnsan hayatının yaklaşık üçte birini kaplayan, fizyolojik ve periyodik bir süreç olan uyku; bireyin sağlık ve yaşam kalitesini doğrudan etkileyen, çok boyutlu, temel ve vazgeçilmez yaşam aktivitelerinden biri olup (Yalın, 2016: 9), vardiyalı çalışmaya bağlı olarak çalışanların karşılaştıkları en önemli problemlerden bir tanesidir.

Vücut fonksiyonlarımız, 24 saati aşan biyoritme göre düzenlenmektedir. En verimli ve işe yarar çalışma saatlerimiz, vücut saatimizin fonksiyonel bir şekilde çalıştığı saatlere yani öğleden sonraya rastlar. Akşam olması ile birlikte vücudumuz yavaşlar ve sabah 01.00-05.00 arası performansımız en düşük noktasına ulaşır. O saatler vücudumuzun dinlenmesi için gerekli olan uyku için en uygun zamandır (Akyol Güner, 2010: 5). Ancak çalışanların uyuması gereken bu saatlerde çalışması, uyku uyanıklık döngüsünü düzenleyen sirkadiyen ritmin bozulmasına neden olur. Sirkadiyen ritmin bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkan uykusuzluk ve aşırı uykulu olma durumu çalışanların performansında azalma, dikkatlerinin dağılmasına, iş kazalarına, kronik yorgunluk, migren gibi hastalıklara neden olmaktadır.

Özellikle gece vardiyasında çalışmak zorunda olan çalışanlarda en sık görülen problem gündüz uyuyamama problemidir. Yapılan bir çalışmaya göre, gece vardiyasında çalışanların üçte birinin, evlerinden, komşularından, sokaklarından gelen sesler nedeniyle uykularının kaçtıkları belirlenmiş ve gece çalışanların uykularını alamadıklarından sinirlerinin bozduğunu ve haksız yere eş ve çocuklarına bağırduklarını, bunun sonucunda da evdeki rahatlarının kaçtıkları belirlenmiştir (Özkalp, 1984: 224).

Uyulması gereken uyku-uyanıklık ritmi ile endojen sirkadiyen ritim arasındaki uyumsuzluk sonucunda ortaya çıkan uyku bozukluğuna (Costa, 2010: 113) karşı bazı önlemler alınabilir. Bu önlemler şunlardır (Gedikli, 2008: 16):

- Vardiya sistemini gündüz, öğle ve gece olmak üzere 3 şekilde düzenlemek,
- Saat 06.00'da başlayan vardiyalar yerine saat 07.00'de başlayan vardiyaları tercih etmek,
- Vardiya sistemindeki değişimler arasında en az 48 saat süre bırakmak,
- Çalışanların kişisel farklılıklarından meydana gelen avantajları kullanmak,
- Sadece bir veya iki gece arka arkaya çalışma yapmak,

- Vardiyaları kendi içinde bölmekten kaçınmak,
- 12 saatten uzun süreli vardiyalardan kaçınmak,
- Gece çalışması, sağlığı nedeniyle uygun olmayan işçileri gündüz yapılan çalışmalarda istihdam etmek,
- İşçilere, vardiya öncesi ve vardiya sonrası dinlenebilecekleri bir oda sağlamak,
- Uyku bozukluğu şikâyeti olan işçileri tespit edip, tedavi etmek,
- Dinlenme aralarının uzunluğunu, başlama ve bitiş saatlerini düzenlemek,
- Uykudan önce kafein ve alkol kullanımından kaçınmak,
- Aile üyelerini ve arkadaşlarını vardiya programı ile ilgili bilgilendirmek,
- Uyumak için rahat ve sessiz bir yer temin etmek, yatak odalarının mümkün olduğunca ılık ve karanlık olmasını sağlamak,
- Uyurken gözleri dinlendirici pedler ile kulak tıkaçları kullanmak,
- Daha iyi uyumak için uyku öncesinde kitap okumak, ılık bir duş almak, nefes egzersizleri yapmak, kasları rahatlatan egzersizler yapmak.

1.4.1.2. Yorgunluk

Yorgunluk günlük hayatta çok sık duyduğumuz, hissettiğimiz, yakındığımız ve karşılaştığımız bir durumdur. İçinde yaşadığımız toplumun birçoğunda görülen yorgunluk, belli bir iş ya da işlemi yapan insanın, fizyolojik nedenlerle, söz konusu işi daha fazla devam ettiremeyeceği ve psikosomatik tükenme noktasına gelmesi şeklinde tarif edilebilir (Şenol, 2015: 15).

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanların karşılaştıkları fiziksel sorunlardan olan yorgunluk, her zaman hissedilebilir bir enerji yokluğu şeklinde ifade edilebilir (Durmuş ve Bölükbaşı, 2007: 69) ve çalışanlarda çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu olumsuz etkilerden en önemlisi, çalışanların yorgunluk sebebi ile dikkat seviyelerinin düşmesidir. Çalışanların dikkat seviyelerinin düşmesi ile birlikte iş kazaları meydana gelmektedir.

Özellikle gece vardiyasında çalışan bireylerde, baş ve sırt ağrısı gibi somatik belirtilerin kronik yorgunluk şikâyetlerine eşlik etmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bozulmuş uyku-uyanıklık ritminin ve yetersiz uyku kalitesinin yol açtığı kronik yorgunluk ile birlikte, zorlu emosyonel süreçlerin (duygu durum bozuklukları) duyarlı

kişilerde başta ağrı olmak üzere, somatik belirtilere ve fiziksel yetersizliklere yol açtığı söylenebilir (Selvi vd., 2010: 242).

1.4.1.3. Kardiyovasküler Bozukluklar

Vardiyalı çalışma sistemi, beslenme düzenini ve uyku alışkanlıklarını değiştirerek kalp ve damar hastalıklarının ortaya çıkmasına dolaylı yoldan kaynaklık ederken, öte yandan organizmanın biyolojik işlevlerini aksatarak ve hormonal dengeyi bozarak kalp ve damar hastalıklarının oluşmasına yol açmaktadır (İncir, 1998: 73).

Yapılan bir çalışmaya göre, vardiya usulü çalışanlarda vardiyasız çalışanlara oranla trigliserid düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu ve kalp damar hastalıkları riskinin %40 daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Bu duruma çalışma ortamındaki stresin, işten kaynaklanan sıkıntıların, fiziksel ve kimyasal tehlikelerin, beslenme ve uyku düzensizliklerinin, sigara kullanımının, işle ilgili tatminsizliklerin neden olduğu ileri sürülmüştür (Gerz, 2017: 52).

1.4.1.4. Gastrointestinal Bozukluklar

Vardiyalı çalışanların karşılaştığı fiziksel problemlerden bir diğeri de gastrointestinal bozukluklar olarak adlandırılan sindirim sisteminde meydana gelen bozukluklardır.

Vardiyalı çalışma sisteminde çalışanların, normal yemek yeme yerine ayaküstü olarak nitelendirilen sağlıksız ve düzensiz bir şekilde beslenmeleri, tütün ürünlerini ve kahve ürünlerini çok fazla tüketmeleri, sıcak yemek yerine soğuk yiyeceklerin yenilmesi ya da kolay atıştırılmalıkların tüketilmesi gibi sebepler sonucunda gastrointestinal bozukluklar meydana gelmektedir.

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda görülen gastrointestinal bozukluklara, hazımsızlık, mide yanması, mide ekşimesi, midede gaz, konstipasyon gibi şikâyetler örnek olarak gösterilebilir (Taş, 2012: 26).

1.4.1.5. Kanser

İnsan vücudunun uyku sırasında dinlenmesi amacıyla salgılanan hormonlardan bir tanesi melatonin hormonudur ki bu hormon insan sağlığı açısından çok önemlidir.

Melatonin hormonu, kardiyovasküler sistemin işleyişini düzenleme, gastrointestinal sisteme destek olma, kanser semptomlarının iyileştirilmesi, tümör gelişimini engelleme, vücut ısısını dengeleme, uyku düzenini ayarlama, kemikleri koruma, bağışıklık sistemine doğrudan etki etme ve bakteriyel ve viral enfeksiyonlarda terapik etki yapma gibi durumlar yer almaktadır (Bacak ve Kazancı, 2014: 142).

Sanayi Devrimi ile birlikte, kanserin görülme sıklığı da giderek artmıştır. Stres artışı, diyet alışkanlıklarının değişmesi/bozulması, kullanılan sigara ve alkol oranını artması ve gecelerin suni bir şekilde aydınlanması kanserin artmasının nedenleridir. Bunlar arasından, özellikle gecelerin aydınlanması, melatonin hormonunun, fizyolojik salgı düzenini bozması ve dolayısıyla etkinliğini azaltması ve kanser oluşumunu tetikleyen hücrelerin artışı kolaylaştırmaktadır (Topal vd., 2009: 142).

Özellikle gece vardiyalarında çalışanlarda meme kanseri ve prostat kanseri gibi hastalıklara yakalanmanın yüksek olduğundan dolayı, 2007 yılının sonlarına doğru, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) bir kuruluşu olan Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), gece çalışmasını muhtemel kanserojen etkisi bulunanlar listesine dâhil etmiştir (Costa, 2010: 116).

1.4.2. Ailevi ve Toplumsal Problemler

Ailevi ve toplumsal problemler hiç kuşku yok ki en fazla gece vardiyasında çalışanları etkilemektedir. Toplumsal yaşamın hayat bulduğu gündüz saatlerinde çalışanların, bu yaşam içinde aktif olarak yer alamamaları, toplumsal yaşamın dinlendiği gece saatlerinde ise çalışanların işte olmaları, kişilerin kendileri dışında sahip oldukları hem aile yaşantıları hem de toplumsal yaşantılarında çeşitli problemlere neden olmaktadır (Taş, 2012: 28).

Vardiyalı çalışma sisteminde, gece çalışanların mesai saatleri ile ailelerinin günlük rutin olarak yaptıkları faaliyetler arasında eşzamanlı olmaması nedeniyle gündüz çalışanlarına göre daha fazla aile ile ilgili sorunları yaşıyorlar (Finn, 1981: 33).

Gece çalışmasının aile ilişkileri üzerinde ortaya çıkarmış olduğu etkilere, eşlerden birinin ya da her ikisinin gece çalışması veya eşlerin farklı vardiyalarda çalışması, eşlerin yaşlarına, çocuk sahibi olup olmamalarına ve bunların öğrenci olup

olmamalarına göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca kocanın koruyuculuk görevinin ortadan kalkması ve vardiyalı çalışma sistemi içinde yer alan annenin, ikili rolleri vardiyalı çalışma sisteminin neden olduğu ailevi problemlere örnek olarak gösterilebilir (Bacak ve Kazancı, 2014: 145). Ayrıca yapılan bir çalışmaya göre, vardiyalı olarak çalışan eşlerin boşanma oranı, vardiyalı çalışmayan eşlerin boşanma oranından daha fazla olduğunu göstermiştir (Sizane ve Van Rensburg, 2011: 71).

Vardiyalı çalışma sistemi, ailevi problemlere neden olduğu kadar toplumsal problemlere de neden olmaktadır. Çalışanların özellikle hafta sonları ve gece çalışmaları, çalışanların sosyal yaşam üzerinde ki rolünü etkilemektedir. Çünkü gerek aile içinde gerekse de toplumsal faaliyetler hafta sonlarında düzenlenmektedir. Hafta sonlarında vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanların, bu tür faaliyetlere katılamamalarından dolayı; aile düzende bozulmalar, arkadaş ilişkilerin kopması gibi problemlerin yanında bireylerin bir derneğe üye olmalarını, sportif, kültürel, sanatsal, eğitsel, dinsel, siyasal ve sendika gibi toplumsal amaçlar içeren birçok etkinliğe bireyin katılımını engellemektedir (İncir, 1998: 86).

1.4.3. Psikolojik Problemler

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda sadece fiziksel problemler değil aynı zamanda da psikolojik problemlerde görülmektedir. Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda, yaygın olarak depresyon ve anksiyete bozuklukları tespit edilirken, uykululuk, yorgunluk, bellek ve konsantrasyon bozuklukları gibi bilişsel bozukluklar da bu psikopatolojilere eşlik etmektedir (Selvi vd., 2010: 239).

Yapılan çalışmalarda vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili psikolojik problemlerden en çok karşılaşılanı, çalışanların tükenmişlik sendromudur. Çalışma saati fazla ve vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanların, duygusal tükenme ve duyarsızlaşma düzeyi yüksek bulunmuş ve bunun da iş doyumsuzluğuna ve depresyona sebep olduğu belirtilmiştir (Sezgin, 2013: 141).

1.5. Vardiyalı Çalışma Sistemi ve İş Güvenliği İlişkisi

Sanayileşmenin hızlı bir şekilde artmasına bağlı olarak meydana gelen hızlı nüfus artışı sonucunda, çeşitli mal ve hizmetlere olan talep ihtiyacı da artmıştır. Artan bu talep ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla çeşitli ürünleri üreten fabrikalar başta

olmak üzere, 24 saat kesintisiz hizmet veren hastane, güvenlik güçleri, itfaiye, otel gibi yerlerde vardiyalı çalışma sistemi kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Özellikle gece vardiyasında çalışanların karşılaştıkları bir takım sorunlar, başta çalışanları olmak üzere çalışanın ailesini ve diğer insanları çeşitli şekillerde etkilemiştir. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla mal ve hizmet üretimini kesintisiz sağlayan yerlerde iş güvenliği önlemlerini almayı gerekli kılmıştır.

İş güvenliği, çalışanların iş yerlerinde meydana gelebilecek olası tehlikelerden ve çalışanların sağlığına zarar verebilecek olan durumlardan korunması amacıyla alınması gerekli olan tüm önlemleri kapsamaktadır. İş güvenliğinin sağlanması ile birlikte, çalışanların meydana gelebilecek olan çeşitli iş kazaları sonucunda zarar görmesi engellenmek istenmektedir.

Çalışanların mal ve hizmet üretimini meydana getirirken ortaya çıkan ve çalışanı fiziksel, zihinsel ve psikolojik olarak etkileyen iş kazalarının meydana gelmesinde çeşitli nedenler vardır. Bu nedenleri bireyden kaynaklanan nedenler (yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, alışkanlıklar, yorgunluk, iş deneyimi, sağlık durumu ve dikkatsizlik) (Erkal ve Coşkun, 2010: 47), çevresel sorunlardan kaynaklanan nedenler (gürültü, titreşim, ısı ve nem, aydınlatma ve tozlar) (Camkurt, 2007: 93) ve örgütten kaynaklanan nedenler (gerekli önlemlerin alınmaması, çalışanlara iş kazaları ile ilgili gerekli eğitimin verilmemesi vb.) olarak gruplandırabiliriz.

Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda, özellikle gece vardiyasında çalışanlarda, uykusuzluğa bağlı olarak stres seviyelerinde artış, üretim yapma güçlerinde azalma, dikkat seviyelerinde azalma gibi nedenler iş kazalarının meydana gelmesinde önemli olan diğer nedenlerdir. Özellikle gece vardiyasında çalışanlarda meydana gelen iş kazaları, çalışanlarda bir takım bedensel, zihinsel ve psikolojik zararlara neden olabileceği gibi, gece vardiyasında çalışan veya çalışmayan çok sayıda insanın hayatını tehdit edebilecek boyutlarda olabilir.

Özellikle gece vardiyasında çalışan kişilerde, uykusuzluk ve dikkatsizlik gibi nedenlerle meydana gelen iş kazaları sonucunda, sadece çalışan değil aynı zamanda çok sayıda insan etkilenmiştir. İş kazaları sonucunda insanın etkilendiği olaylara, Çernobil Nükleer Santral kazasının saat 05.00 civarında, Three Mile Island Nükleer Santral

kazasının da saat 04.00-06.00 arasında meydana geldiği ayrıca saat 05.00 civarından meydana gelen ve çevreye zehirli gazların salınması ile sonuçlanan Hindistan'daki Bhopal kazası örnek gösterilebilir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki (ABD) Challenger Uzay Mekiği kazasının da, yeterli süre uyumamış kişilerin sabaha karşı yaptıkları hatalardan kaynaklandığı kazalar vardiyalı çalışmanın neden olduğu ve çok sayıda insanın etkilendiği kazalara örnek olarak verilebilir (Yıldız vd., 2012: 37).

Tablo 1: İş Kazaları, Türkiye, 2013-2016 Yılları Arası

	2013	2014	2015	2016
Erkek	170.644	193.192	206.922	241.115
Kadın	20.745	28.174	34.625	44.953
Toplam	191.389	221.366	241.547	286.068

Kaynak: Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK), İstatistik Yıllıkları

Ülkemizde 2013-2016 yılları arasında meydana gelen iş kazaları sayıları tablo 1'de gösterilmiştir (<http://www.sgk.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 30.12.2017). Bu tablo incelendiğinde, hem kadınlarda hem de erkeklerde meydana gelen iş kazalarında bir artış olduğu görülmektedir. Meydana gelen bu artışın sebebi olarak nüfus oranının artması ve nüfus oranının artışına bağlı olarak mal ve hizmet talebin artması gösterilebilir.

Artan bu iş kazalarını önlemek amacıyla, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hazırlanan mevzuatlara uyulması ve bu kapsamda gerekli tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Ayrıca çalışanların makine ve teçhizatları doğru bir şekilde kullanması amacıyla gerekli eğitimin verilerek iş güvenliği tedbirleri alması gerekmektedir.

1.6. Vardiyalı Çalışma ve Verimlilik İlişkisi

Üretilecek olan mal ya da hizmeti, eldeki kaynaklar dâhilinde kullanarak en fazla malı ya da hizmeti üretmeyi verimlilik ya da produktivite olarak tanımlayabiliriz.

Mal ya da hizmet üretmek amacıyla, uzun saatler boyunca çalışanlarda veya gece vardiyasında çalışmak zorunda olan çalışanlarda, yorgunluk meydana gelmektedir. Yorgunluk nedeniyle hem yaptığı işin kalitesinde bir düşüşe hem de kendisinden beklenen verimliliğin azalmasına neden olur. Yorulan çalışanlar işin kalitesinin düşmesine ve bu şekilde de çalıştığı işletmenin kaynaklarını doğru bir şekilde

kullanılmasını engellerken, aynı zamanda yorgunluğa bağlı olarak çeşitli iş kazalarının yaşanmasına neden olur.

Yapılan çeşitli araştırmalar ile çalışanların optimum mental performans düzeyi öğleden sonra saat 14.00-16.00 saatleri arasında, genel dikkat seviyesinin ise öğleden sonra 13.00-19.00 saatleri arasında en fazla olduğu görülmüştür. Yine bu araştırmalar ile çalışanların verimliliklerinin 03.30-05.30 saatleri arasında en az olduğu görülmüştür (Gedikli, 2008: 27).

Çalışanların verimliliklerini arttırmak için çeşitli bazı çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar şunlardır (Gedikli, 2008: 28):

- Vardiya değişim aralarındaki kayıp zamanı en aza indirmek,
- Vardiya değişim sayısını mümkün olduğunca en aza indirmek,
- Vardiya değişimleri sırasında, makina ve teçhizatları sürekli kullanıma hazır olmasını sağlamak amacıyla makine ve teçhizatları kapatıp açmamak,
- Vardiya değiştiren/devralan çalışanların, makinaların uygun kullanımı konusunda birbirleri ile iletişimini sağlamak için gerekli sürenin tanınması,
- Planlı bir dinlenme süresi sisteminin oturtulması,
- Makina ve teçhizatların dinlenme aralarında da kullanıma hazır olmasının sağlanması,
- En hızlı üretim yapan makina ya da teçhizatları mevcut tüm potansiyeli ile kullanılması,
- Üretimin tüm süreçlerindeki personelleri bölümlere eşleştirirken iş yüklerinin de göz önünde bulundurmamak,
- İş planlarını hazırlarken, personelin en üretken olduğu dönemlerde uygun bölümlerde çalışmasının sağlanması.

1.7. Vardiyalı Çalışma Sistemi İle İlgili Yasal Düzenlemeler

18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere'de başlayıp, daha sonra tüm Avrupa'ya yayılan makinalaşma ve fabrika sanayiine geçiş, sebep olduğu değişiklikler açısından üretim biçimi ve ekonomik faaliyetlerde köklü değişiklikler yaşanmasına neden olmuştur (Tunçcan, 2000: 337).

Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bu süreç, ilk olarak çikrik makinesinin icadı ile başlamış, 1782 yılında James Watt'ın yaptığı buharlı makinenin icadından sonra, demir-çelik üretimi başta olmak üzere diğer sektörler ve ülkelere yayılmıştır (Özer ve Biçerli, 2003: 57).

James Watt'ın yaptığı buharlı makine ile birlikte, sanayileşme hızlı bir şekilde artmıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte, özellikle büyük ölçekli tekstil fabrikalarında nitelikli işgücü gerektirmeyen üretimin hızla yaygınlaşmasıyla kadınlar, kendi sınırları dışına çıkmışlardır. Ancak, niteliksiz kadın işgücü, bu dönemde uzun çalışma saatleri ve düşük ücretlerle erkek işgücünün ikamesi olarak görülmüştür (Yılmaz vd., 2008: 91).

Sanayileşmeye bağlı olarak meydana gelen daha fazla kazanma isteği beraberinde rekabeti de meydana getirmiştir. Bu süreçte fabrikalarda yalnızca kadınlar değil çocuklar da, çok uzun süren çalışma saatlerinde çalışmak zorunda kalmışlardır.

Başta kadın ve çocuklar olmak üzere, uzun süre boyunca çalışanların, çalışma standartlarının düzenlenmesi amacıyla hem ülkemizde hem de uluslararası örgütler tarafından çeşitli adımlar atılmıştır.

1.7.1. Uluslararası Düzenlemeler

Çalışanların, uzun çalışma sürelerini azaltmak ve çalışanların haklarını güvence altına almak amacıyla, 1. Dünya Savaşı'ndan sonra, 1919 yılında imzalanan Versailles (Versay) Barış Antlaşması ile kurulan ILO, başta çalışanların çalışma süreleri olmak üzere, uluslararası çalışma şartlarının belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir (Büyük, 2014: 6).

1919 yılında Washington'da gerçekleştirilen ILO'nun genel konferansında kabul edilen ve ülkemiz tarafından onaylanmayan 1 sayılı ilk sözleşme, çalışma süreleri ile ilgilidir. Bu sözleşme, sanayi kuruluşlarında çalışma sürelerinin haftalık 48, günlük 8 saatle sınırlanması hakkında düzenlenmiştir. Sözleşme sadece sanayi kuruluşları ile sınırlı kalmamış, zaman içerisinde ILO tarafından çalışma sürelerine ilişkin birçok sözleşme ve tavsiye kararı düzenlenmiştir (Yıldırım, 2001: 36).

ILO'nun sözleşme ve tavsiyelerine yansıttığı uluslararası çalışma standartları ve ilkeleri, sadece üyesi olan ülkelerin çalışma yaşamlarının düzenlenmesinde yol gösterici olmamış, bunun yanında üye olmayan ülkeler ve uluslararası kuruluşlar üzerinde de etkili olmuştur (Özdemir, 2002: 1).

10 Aralık 1948 tarihli ve 217/A (III) sayılı kararı ile kabul edilen İnsan Hakları Evrensel Beyannamesi (Şenol, 2014: 14), ülkemizde ise 27 Mayıs 1949 tarihli 7217 sayılı Resmi Gazetede yayımlanması ile kabul edilmiştir. İnsan Hakları Evrensel Beyannamesi'nin 24. maddesinde yer alan, “Herkesin dinlenmeye, eğlenmeye, özellikle çalışma süresinin makul ölçüde sınırlandırılmasına ve belirli dönemlerde ücretli izne çıkmaya hakkı vardır” maddesi ile birlikte çalışanların çalışma saatleri sınırlandırılmıştır.

Çalışma şartlarının düzenlenmesine yönelik çalışma yapan bir başka kuruluş, 5 Mayıs 1949 yılında, 10 Avrupa ülkesi tarafından imzalanan Londra Anlaşması ile temelleri atılan Avrupa Konseyidir. Avrupa Konseyi'nin en önemli yapısı oluşturan Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ise 4 Kasım 1950 yılında imzalanmıştır (http://www.mfa.gov.tr/avrupa-konseyi_.tr.mfa, Son Erişim Tarihi: 01.07.2018). Bu sözleşme, ülkemizde 19.03.1954 tarihli 6366 sayılı kanun ile kabul edilmiştir. Sözleşmenin kölelik ve zorla çalıştırma yasağı başlıklı 4. maddesinde, hiç kimsenin zorla çalıştırılmayacağı ve zorunlu çalışma tabi tutulamayacağı belirtilerek çalışanların hakları güvence altına alınmıştır.

Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin bir uzantısı olan Avrupa Sosyal Şartı, temel sosyal ve ekonomik hakları koruyan, medeni ve politik hakları garanti eden Avrupa Sözleşmesi'dir. Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi, birinci kuşak haklar olarak bilinen temel hakları güvence altına alırken, ikinci kuşak haklar olarak kabul edilen sosyal ve ekonomik hakları ise Avrupa Sosyal Şartı koruma altına almıştır (Aydın, 2014: 25). Avrupa Sosyal Şartı, ülkemizde 14.10.1989 tarihli 20215 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Avrupa Sosyal Şartı'nda yer alan, adil çalışma koşulları hakkı başlıklı madde 2'de, çalışma koşullarının etkili bir biçimde sağlanabilmesi amacıyla düzenlemelerde

bulunulmuştur. Ayrıca adil bir ücret hakkı başlıklı madde 4'te, kadınların ve erkeklerin eşit ücret almasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Sosyal politikanın temel amaçlarından olan, iş ve yaşam koşullarını iyileştirmek için çalışmalar yapan bir başka kuruluş ise AB'dir. AB'nin yaptığı bu iyileştirme, aralarında iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin de yer aldığı bir dizi düzenlemeye konu oluşturmaktadır. Bir başka deyişle, AB, iç pazarın kuruluşu ve işleyişi çerçevesinde, çalışanların iş koşullarının düzenlenmesine ilişkin ilke ve kurallar benimsemiştir. Bu kapsamda, 23 Kasım 1993 tarihli 93/104 sayılı yönerge çalışanların iş koşulları bakımından önem taşımaktadır (Erdut, 2002: 1).

1.7.2. Ulusal Düzenlemeler

1475 sayılı yasa döneminde vardiyalı sisteme dayanarak, 23.03.1973 tarihli ve 7/6116 sayılı kararname ile 04.04.1973'te yürürlüğe konulan "Postalar Halinde İşçi Çalıştırılarak Yürütülen İşlerde Çalışmalara İlişkin Bazı Özel Usul ve Kurallar Hakkında Tüzük" yayımlanmıştır (Korkusuz, 2005: 7, Tanış, 2010: 32). Yayımlanan bu tüzüğe göre vardiyalı çalışma ile yapılan işlerde çalışma süreleri, gece vardiyası, haftalık tatiller ve dinlenme süreleri açıklanmıştır.

1475 sayılı yasa döneminde vardiyalı sisteme dayanarak hazırlanan tüzük 12.06.2005 tarihli 25843 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Bazı Tüzüklerin Yürürlükten Kaldırılmasına İlişkin Tüzük" uyarınca 23.03.1973 tarihli ve 7/6116 sayılı kanunla yürürlüğe giren "Postalar Halinde İşçi Çalıştırılarak Yürütülen İşlerde Çalışmalara İlişkin Bazı Özel Usul ve Kurallar Hakkında Tüzük" yürürlükten kaldırılmıştır.

Vardiyalı çalışma ile ilgili çıkarılan bir başka tüzük, 10.06.2003 tarihli 25134 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4857 sayılı İş Kanunu'dur. 4857 sayılı İş Kanunu'nun amacı madde 1 de açıklandığı şekilde işverenler ile bir iş sözleşmesine dayanarak çalıştırılan işçilerin çalışma şartları ve çalışma ortamına ilişkin hak ve sorumlulukları düzenlemektir.

4857 sayılı İş Kanunu'nda madde 63 te açıklandığı şekilde çalışma sürelerinin esaslarını uygulama şekillerini Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından

hazırlanacak yönetmelik ile belirlenir. Yine madde 63 te açıklandığı şekilde bir çalışan haftalık en çok 45 saat çalışabilir. Bu süre aksi bir karara varılmadığı sürece haftanın çalışılan günlerine eşit bir şekilde bölünür ve 11 saati geçemez. Çalışmaya başlama ve bitiş saatleri ile dinlenme süreleri madde 68 uyarınca iş yeri tarafından belirlenecek şekilde uygulamaya koyulur.

09.08.2004 tarihli 25548 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Kadın İşçilerin Gece Postalarında Çalıştırılma Koşulları Hakkında Yönetmelik” 4857 sayılı İş Kanunu’na dayanarak 18 yaşını doldurmuş kadın işçilerin gece vardiyalarında çalışmasını düzenlemektedir. Bu yönetmeliğe göre kadın işçiler gece vardiyasında en fazla yedi buçuk saatten fazla çalıştırılmaz.

24.07.2013 tarihli 28717 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Kadın Çalışanların Gece Postalarında Çalıştırılma Koşulları Hakkında Yönetmelik” hazırlanmıştır. Bu yönetmelik 19.08.2017 tarihinde 30159 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Postalar Halince İşçi Çalıştırarak Yürütülen İşlerde Çalışmalara İlişkin Özel Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” gereğince 5 numaralı maddesi şu şekilde değiştirilmiştir: “Kadın çalışanlar gece postalarında yedi buçuk saatten fazla çalıştırılmaz. Ancak turizm, özel güvenlik ve sağlık hizmeti yürütülen işlerde ve bu işlerin yürütüldüğü işyerlerinde faaliyet gösteren alt işveren tarafından yürütülen işlerde kadın çalışanın yazılı onayının alınması şartıyla yedi buçuk saatin üzerinde gece çalışması yaptırılabilir.”

1.8. Literatür Taraması

Araştırmacılar, kamu ve özel sektörde yer alan çeşitli kurum ve kuruluşlarda vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanların vardiyaların planlanması ve çizelgelenmesi amacıyla çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarını ise yaparken çeşitli yöntemleri kullanmışlardır.

Çalışmanın bu kısmında, literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından çeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Warner (1976), hemşire çizelgelemesinde birden fazla seçeneği bulunan amaçları aynı modelde kullanan ilk kişidir. Bu çalışmada Warner, hemşirelerin çalışma

saatlerinin fazla olmasından dolayı, hemşirelerin isteklerini dikkate alarak, tatil günlerinin ayarlanmasını içeren bir model önerisi geliştirmiştir.

Knutson vd. (1980), devlet okullarına öğrencilerin dengeli bir şekilde yerleştirilmesi amacıyla bir hedef programlama tekniği geliştirmişlerdir. Hedef programlama tekniği, doğrusal programlama tekniğine göre daha az kısıtlama ve değişkene ihtiyaç duyduğundan bu teknik kullanılmıştır. Çalışmada öğrencilerin atama problemini çözmek amacıyla 15 kısıt ve 43 değişken kullanılmıştır.

Min (1987), gerçek dünya problemlerini dikkate alan bir işgücü planlaması için 0-1 hedef programlama tekniğini kullanmıştır. Min, geliştirdiği modeli 3 küçük sayıda alt modellere bölmüş ve her biri farklı seviyede bulunan işgücü çizelgeleme problemi için formüle etmiştir. Ayrıca işgücü planlama probleminin hesaplanabilir olması açısından iki sezgisel önerme ile bu modeli önermiştir.

Özkarahan (1989), hastaneler 7 gün 24 saat hizmet veren yerler olduğu ve hastanelerde görev yapan hemşirelere ödenen maaşların hastane bütçesinde en büyük payı oluşturduğunu ve bu nedenle insan kaynağının verimli bir şekilde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Özkarahan, yaptığı bu çalışma ile en fazla maliyet kalemine neden olan insan kaynağının verimli bir şekilde planlanması amacıyla hemşirelerin vardiyalarını planlamak için bir model geliştirmiştir. Geliştirilen bu modelin çözümünde hedef programlama tekniği kullanılmıştır.

Chen ve Yeung (1992), hemşirelerin vardiyalı çalışmasını planlayan klasik yöntem yerine hemşirelerin vardiyalı çalışma sırasında maruz kaldığı sirkadiyen ritim bozukluğu, iş stresi ve bazı ergonomi problemlerini önlemek amacıyla bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde hedef programlama tekniği kullanılmıştır ve hemşire çizelgeleme problemi için harcanan zamanı azaltarak hemşirelerin istekleri de dikkate alınmış ve böylece çalışma esnasında maruz kalınan problemlerin önlenmesi amaçlanmıştır.

Wren ve Wren (1995), toplu taşıma (otobüs) sürücülerinin günlük vardiyalarının oluşturulması sorunu üzerine bir model önerisinde bulunmuşlardır ve önerdikleri modeli genetik algoritma tekniği ile çözmüşlerdir.

Beaumont (1997), işgücünün ihtiyaç duyulan günün saatine ve haftanın belli bir gününe göre değişiklik göstereceğinden, kaç tane personelin çalıştırılacağı ve ne zaman çalıştırılacağı büyük bir problemdir. Bu problemi çözmek için karmaşık tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir.

Bailey vd. (1997), personel planlama probleminin optimal çözümü, çok sayıda alternatif çözüm yönteminin olmasından dolayı genellikle planlanma zordur. Bu çalışmada benzetim tekniği ve genetik algoritma tekniğini kullanarak hemşire çalışma problemi için bir alternatif sunulmuştur.

Lee ve Kwak (1999), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sağlık bakım sisteminden elde ettikleri verilere dayanarak sağlık sisteminde bilgi kaynaklarının sağlanmasına yardımcı olmak amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin çözümü için öncelikle çok kriterli karar verme tekniklerinden olan ve çok yaygın bir şekilde kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak modelin çözümünde kullanılacak olan ağırlıklar belirlenmiş ve daha sonra hedef programlama tekniği ile model çözülmüştür.

Cai ve Li (2000), karmaşık problemlere sahip personel planlaması için bir model önerisinde bulunmuşlardır. Önerdikleri model de sorunu çok kriterli bir optimizasyon modeli olarak ele almışlardır. Bu model de işgücü ihtiyacını karşılamak amacıyla gerekli personelin atamasının yapılması, toplam maliyeti en aza indirmek ve personel değişimini azaltmak gibi sebeplerle önerdikleri modeli genetik algoritma ile çözümlenmişlerdir.

Kawanaka vd. (2001), başhemşire ya da hastanede yetkili bir kişi tarafından yapılan hemşirelerin vardiyalarının planlanması çok sayıda kısıt içerdiği için planlanması zordur. Kawanaka vd. hemşirelerin vardiyalarının düzenlenmesi amacıyla bir genetik algoritma modeli önermişleridir.

Li ve Kwan (2003), iki yönlü toplu taşıma işini yapan sürücülerin gerçek hayat problemlerine en uygun şekilde vardiyalarının planlanması amacıyla bulanık genetik algoritma tekniğini kullanmışlardır.

Gordon ve Erkut (2004), her yıl yaklaşık 1800 gönüllü tarafından düzenlenen bir halk müziği festivalinde gönüllülerin çalışmalarını rahat bir şekilde yürütebilmeleri amacıyla bir çalışma planı oluşturmuşlardır.

Topaloğlu ve Özkarahan (2004), bir hastanede çalışan hemşirelerin tur çizelgeleme problemini çözmek amacıyla hemşirelere vardiyalarının, mola zamanlarının ve hemşirelerin çalışma takvimini oluşturmak amacıyla hedef programlama tekniğinden yararlanılmıştır. Çalışma hem hastanenin hem de çalışanların isteklerine dikkate alarak bir Hedef Programlama modeli sunmuştur.

Azaiez ve Al Sharif (2005), Suudi Arabistan'da bulunan Riyad Al- Kharj hastanesinde çalışan hemşirelerin vardiyalı planlanması amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu modelde, hastanenin amaçları başta olmak üzere hemşirelerin beceriler ve isteklerini de dikkate almışlardır. Geliştirilen bu model için 0-1 doğrusal hedef programlama tekniğini kullanarak LINGO matematiksel programı ile çözümlenmiştir.

Chu (2007), Hong Kong Uluslararası Havaalanı'nda bagaj hizmetleri bölümünde çalışanların vardiyaları için bir model önerisinde bulunmuştur. Havaalanları 7 gün 24 saat hizmet veren yerlerden olduğundan dolayı çalışanların vardiyalara doğru bir şekilde ataması yapılması gerekmektedir. Bu çalışma ile birlikte klasik atama olarak nitelendirilen el ile atama yerine matematiksel modellerden olan hedef programlama tekniğini kullanarak en iyi atamayı gerçekleştirerek en uygun ekip programını belirlemek amaçlanmıştır.

Al-Yakoob ve Serali (2007), Kuveyt Ulusal Petrol Şirketi'nin 86 adet benzin istasyonuna çalışanları atanması amacıyla 2 aşamalı (birinci aşamada personellerin atanması gerçekleştirilecek, ikinci aşamada ise çalışanların vardiyalarının belirlenmesi sağlanacak) karma tamsayı programlama modeli önermişlerdir. Önerilen bu model CPLEX programı ile çözülmüştür.

Mathirajan ve Ramanathan (2007), Hindistan'da bulunan bir elektronik imalatı yapan bir şirketin pazarlama yöneticisinin ürünlerin pazarlanması amacıyla gezi planlamasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Mathirajan ve Ramanathan göre bu

çalışma belli bir zaman dilimi içerisinde müşterilerin ziyaret edilmesi gerektiğinden bir çizelgeleme problemidir. Bu yüzden 82 kısıt ve 1167 tane ikili değişken bulunan tur çizelgeleme problemini 0-1 hedef programlama tekniğini kullanarak modellemişlerdir. Önerdikleri bu modeli ise LINDO programı ile çözmüşlerdir.

Yeh ve Lin (2007), Tayvan'da Show-Chwan Memorial Hastanesi acil servisinde ek personel istihdam etmeksizin, mevcut çalışanların çalışma zamanlarını düzenlemek amacıyla tüm sistemi kapsayacak şekilde bir simülasyon metodu geliştirmişlerdir. Daha sonra genetik algoritma modeli ile hastaların bekleme zamanlarını en aza indirerek hastaların bekleme zamanlarını ve hasta memnuniyetini arttırmayı amaçlayan bir model geliştirmişlerdir.

Dean (2008), bir hastanede çalışan hemşirelerin 4 haftalık vardiyalarının planlanması amacıyla genetik algoritma tekniğini kullanmıştır.

Sungur (2008), her bir çalışma günü ve saati için bir güzellik salonunda ihtiyaç duyulan işgücü seviyesini minimum maliyette tutmak amacıyla karma tamsayılı hedef programlama modeli önermiştir.

Zolfaghari vd. (2009), perakende sektöründe çalışan personeller için bir personel çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir.

Tsa, ve Li (2009), hemşire çizelgeleme problemi için hastane yönetiminin düzenlemeleri, devletin düzenlemeleri ve hemşirelerin vardiya tercihlerini dikkate alan 2 aşamalı bir matematiksel model önermişlerdir. Önerilen bu matematiksel modelde hemşirelerin tatil programları ve vardiyaları belirlenirken genetik algoritmadan yararlanmışlardır.

Brunner vd. (2009), Alman Üniversitesi Hastanesinde çalışan doktorların tüm doktorların vardiyalarının çizelgelenmesi amacıyla bir model önerisinde bulunmuşlardır. Brunner vd. çalışmalarında tüm doktorların uyması gereken iş sözleşmesinin gerektirdiği yasal ve kurumsal kısıtlamaları dikkate alarak karmaşık tamsayılı programlama tekniğini kullanarak modeli formüle etmiş ve bu modeli CPLEX programı ile çözmüşlerdir.

Erdoğan vd. (2010), ambulans görevlilerinin çalışmalarının planlanması ve böylece en yüksek verimin alınması amacıyla tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir.

Ghiani vd. (2010), aynı gün içerisinde postaları teslim eden bir kurye şirketinin hizmet seviyesi gerekliliklerine bağlı olarak maliyetleri en aza indirmek amacıyla az sayıda değişken tahminine dayanarak bir tamsayı programı ile bu problemi modellemişlerdir.

Jenal vd. (2011), sabah vardiyasında en az 4 hemşire, akşam vardiyasında en az 4 hemşire ve gece vardiyasından en az 3 hemşire çalışacak şekilde bir hastanede çalışan toplam 18 hemşirenin vardiyalarının düzenlenmesi amacıyla hastane yönetiminin ve hemşirelerin de isteklerini dikkate alarak 0-1 tamsayılı hedef programlama modeli geliştirmişlerdir.

Knust ve Schumacher (2011), bir petrol şirketinde farklı becerilere sahip olan şoförlerin farklı özellikte olan tankerlerde vardiyalı bir şekilde çalışması amacıyla, yasal ve güvenlik kısıtlamaları sağlanmış ve şoförlerin istekleri de dikkate alınarak karmaşık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Rajagopalan vs. (2011), acil tıbbi müdahale sağlayıcılarından olan ambulans ve doktorların bir yerleşim yerine en iyi şekilde hizmet verecek şekilde vardiyalarının planlanması amacıyla tamsayılı programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Geliştirdikleri model 2 aşamalıdır. İlk aşamada her bir zaman aralığı için minimum ambulans sayısını, ikinci aşamada ise doktorların çalışacakları vardiyaları için bir çalışma planı geliştirmişlerdir.

Sadjadi ve Esboei (2012), yaptıkları çalışmada lojistik sektöründe yer alan kamyon yükleme ve boşaltma merkezinde personel çizelgelemesi problemini ele almışlardır. En düşük maliyeti ve en yüksek verimliliği sağlayacak olan personel çizelgelemesi için hedef programlama tekniğini kullanmışlardır.

Lin vd. (2012), Tayvan'da bir mağazanın müşterilerine hizmet veren birimdeki çalışanların vardiyalarını düzenlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Lin

vd. çalışanların mesleğe uygun olup olmaması, işçilerin birbirleri ile uyumu ve iş güvenliği konusunda yönetimin hedeflerini de dikkate alan 3 aşamalı bir yöntem geliştirmişleridir. Ayrıca çalışmada bulanık kümelerden yararlanarak doğru işe doğru çalışanın atanmasını gerçekleştirmek amacıyla hedef programlama tekniğini kullanmışlardır.

Güler vd. (2013), özel bir üniversitenin tıp fakültesine bağlı anesteziyoloji ve reanimasyon anabilim dalında çalışanların vardiyalarını planlamak amacıyla bir AHP-hedef programlama modeli geliştirmişlerdir.

Louly (2013), bir telekomünikasyon merkezinde çalışanların vardiyalarını düzenlemek için 0-1 doğrusal hedef programlama modeli önermiştir. Önerilen bu model LİNGO programı ile çözümlenerek, merkezin çalışanlardan en fazla verimi elde edilecek şekilde bir çalışma takvimi hazırlanmasına olanak sağlamıştır.

Rocha vd. (2013), bir cam fabrikasında çalışan personelin planlama problemini çözmek amacıyla, gerçek hayat problemlerine kolayca uyum sağlayabilecek esneklikte bir tamsayılı programlama modeli önermişlerdir. Önerdikleri modeli CPLEX programı ile çözerek personel planlaması yapılarak personel arasındaki iş yükü dengesi belirlenmiştir.

Bektur ve Hasgül (2013), bir restoranda çalışan personelin becerileri, kıdem seviyeleri, çalışanların tercihleri ve sistemin taleplerini dikkate alarak çalışanların grevlere, vardiyalara ve izin günlerine atamalarının gerçekleşmesi amacıyla 30 personeli içeren bir hedef programlama modeli önermişlerdir.

Mutingi ve Mbohwa (2014), personelin çalışma zamanları için tercihleri ve hastaların beklentileri sağlık personellerinin çalışma zamanlarının planlanmasını karmaşık bir hale getirmektedir. Bu yüzden Mutingi ve Mbohwa çelişen birden fazla hedef ve kısıtlamayı aynı anda değerlendirebilen bulanık genetik algoritma tabanlı bir model önerisinde bulunmuşlardır. Bu model tek bir çözüm önerisinde bulunmak yerine alternatif çözümler üretmektedir.

Agyei vd. (2015), Kumasi-Gana da bulunan Tafo Devlet Hastanesinde, hastaların ayakta tedavi edildiği bölümde hemşirelerin vardiyalarının planlanması için bir model geliştirmişleridir. 24 hemşirenin bulunduğu ve hastaların ayakta tedavi edildiği bu bölümde sabah, akşam ve gece vardiyasında en az 1 hemşirenin çalışması şartı ile bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model 0-1 tamsayılı hedef programlama tekniği kullanılarak LINDO 14.0 programı ile çözülmüştür.

Todovic vd. (2015), Bosna-Hersek te bulunan polis karakollarında çalışan polis memurlarının vardiyalı çalışma takviminin düzenlenmesi problemini ele almışlardır. Mevcut durumda polis memurlarının vardiyaları karakol komutanları tarafından 2 vardiya şeklinde herhangi bir matematiksel model kullanılmadan planlanmaktadır. Bu durum adaletsizliklere ve vardiyaların düzenlenmesinde çeşitli zorluklara neden olduğundan hedef programlama tekniğinden yararlanarak 3 vardiya şekilde düzenlenen bir model önerisinde bulunmuşlardır.

Elomri vd. (2015), Katar'da bulunan bir kanser merkezinde bulunan onkoloji ve hematoloji servislerinde bulunan doktorların vardiyalarının düzenlenmesi amacıyla bir hedef programlama modeli önermişlerdir. Önerilen bu modeli CPLEX programı ile çözmüşlerdir.

Alharbi ve AlQahtani (2016), Suudi Arabistan'da bulunan bir hastanenin çocuk hastalıkları anabilim dalında çalışan doktorların çalışma zamanlarının çizelgelemesini yapmak amacıyla genetik algoritma tekniğini kullanmışlardır.

Hidri ve Labidi (2016), yoğun bakım ünitesinde çalışan doktorların vardiyalarının planlanması amacıyla tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Yanmaz (2016), acil servis biriminde çalışan doktorların vardiyalarının incelemesini 2 aşamada gerçekleştirmiştir. İlk aşamada, itfaiye erlerinin çalışma şartlarına benzer bir şekilde çalışan doktorların vardiyalara çizelgelemesi, ikinci aşamada ise simülasyon modeli ile farklı durumlarda modelin nasıl sonuç verdiğini incelemiştir.

Mehrolhassani ve Jahromi (2016), İran'da bulunan Jahrom eyaletinde yaptıkları çalışmada aile hekimlerinin atamasının karar vericilerin görüşleri doğrultusundan gerçekleştiğini ancak bu yöntemin maliyetli ve tatmin edici olmadığını çeşitli uzmanlar ile görüşmeler sonrasında ortaya koymuşlardır. Çalışmada hedef programlama tekniğini kullanarak aile hekimlerinin ataması problemini ele almışlardır. Çalışma sonrasında kamu ve özel sektörde farklı vardiyalarda çalışanların sayılarını ortaya koymuştur.

Stevanovic vd. (2016), 12 saat çalışma ve 24 saat dinlenme esasına göre çalışan itfaiye erlerinin müzik etkinlikleri, konserler, spor turnuvaları gibi özel etkinliklerde görev yapacak minimum ek itfaiye eri sayını belirlemek amacıyla doğrusal programlama tekniğinden yararlanmışlardır.

Ciritçioğlu vd. (2017), bir üniversitede 19 farklı bölümde çalışan güvenlik görevlilerinin sabah, akşam ve gece olmak üzere vardiyalarının düzenlenmesi amacıyla bir model önerisi geliştirmişlerdir. Önerdikleri modeli hedef programlama tekniğini kullanarak ILOG Cplex Optimizasyon programı yardımı ile çözmüşlerdir.

Hasan ve Arefin (2017), başta büyük kuruluşlar olmak üzere farklı alanlarda hizmet sunan kuruluşların, iyi bir hizmet sunabilmesi için kendi bünyelerinde çalışanların çalışma zamanlarının iyi bir şekilde planlaması gerektiğini vurgulamışlardır. Güvenlik hizmeti sunan polislerin, restoran çalışanların, ulaşım hizmetini sağlayan otobüs sürücülerinin ve sağlık hizmeti sunan hemşirelerin vardiyalarını doğrusal programlama tekniğini kullanarak model önerilerinde bulunmuş ve bu model önerilerini MATHEMATİCA v9 programı kullanarak çözmüştür.

Özcan vd. (2017), Türkiye'deki büyük ölçekli bir hidroelektrik santraldeki gerçek verileri kullanılarak, ürün ve hizmet üretiminde istihdam edilen personelin gerçekleştirmek istenilen hedeflere ulaşılmasındaki önemine dikkat çekmiş ve bu personellerin motivasyon ve performanslarının artırılmasına katkı sağlayacak bir çizelgeleme gerçekleştirmek amacıyla bir model önerisi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu modeli hedef programlama tekniği ile çözümlenmişlerdir.

İKİNCİ BÖLÜM

VARDİYA ÇİZELGELEMEDE KULLANILAN BAŞLICA YÖNTEMLER

Vardiyalı çalışma sistemi, bireylerin ihtiyaç duyduğu mal ve hizmetleri karşılayabilmek amacıyla bir tam gün boyunca, farklı çalışanlar tarafından birbirini takip edecek şekilde çalışma sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Bu kısım da literatürde vardiyalı çalışma sistemi ile gerçekleştirilen çalışmaların incelenmesi sonucunda, çalışmalarda en fazla kullanılan tekniklerden olan doğrusal programlama, tamsayılı programlama, hedef programlama, genetik algoritma ve simülasyon yöntemleri genel olarak açıklanmıştır.

2.1. Doğrusal Programlama

İşletmelerde karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde en fazla kullanılan kantitatif tekniklerin başında, yöneylem araştırması bünyesinde bulunan doğrusal programlama (DP) tekniği gelmektedir (Büyükkeklik, 2007: 30).

DP, belli doğrusal eşitliklerin ya da eşitsizliklerin kısıtlayıcı koşulları altında doğrusal bir amaç fonksiyonunun optimum sonucunu bulmak olarak tanımlanabilir (Taha, 2000: 11, Alan ve Yeşilyurt, 2004: 152).

Bir başka tanıma göre DP, kıt kaynakların en iyi şekilde kullanılarak en yüksek verimin elde edilmesini sağlayan bir matematiksel yöntemdir. Buradaki doğrusal terimi, modeldeki tüm fonksiyonların doğrusal olduğunu anlatırken, programlama terimi ise bir hareket tarzının veya planının seçilmesi anlamına gelmektedir (Çetindere vd., 2010: 275).

DP ile ilgili ilk çalışmalar, 1930'ların sonlarına doğru, Rus matematikçi Leonid Kantorovich tarafından üretim planlaması için formüle edilmiştir. Daha sonra DP'nin matematiksel temeli olarak hizmet eden dualite teoremi, 1944 yılında J. von Neuman tarafından ortaya atılmıştır. DP ile ilgili çalışmaların çok uzun işlemler gerektirmesinden dolayı, temeli 1941 ve 1945'te W. Leontief ve arkadaşları tarafından geliştirilen ekonomik girdi çıktı modeli temeline dayanan bir formülasyonu 1947 yılında George B. Dantzig geliştirmiştir. Diğer taraftan DP problemlerinin çözümü için

geliştirilen simpleks metodunu ilk kez George Stigler'in ev ekonomisi verilerine dayanan diyet problemi üzerinde test etmiştir (Shi, 2001: 2).

1947 yılında simpleks yönteminin keşfedilmesi ile birlikte hem teoride hem de pratikte, ekonomi üzerinde büyük katkıları olmuştur. Kaynak dağılımı, üretim planlaması, vardiya planlama, askeri stratejileri formüle etme, yatırım portföylerini planlama ve pazarlama gibi çok çeşitli alanlarda DP tekniği kullanılmıştır (Matousek ve Gartner, 2007: 9).

Her türlü karar verme probleminde olduğu gibi DP yöntemi ile optimal sonuca ulaşılması amacıyla karar vericilerin dikkat etmesi gereken belli varsayımlar vardır. Bu varsayımlar dikkate alınmadan model çözümlenirse tutarsız sonuçlar elde edilecektir. Bu varsayımlar, doğrusallık varsayımı, eşitsizlik varsayımı, negatif olmama koşulu, kaynakların sınırlılığı ve sonluğu varsayımı, bölünebilirlik varsayımı, toplanabilirlik varsayımı, belirlilik varsayımı ve tek değerli beklentiler varsayımıdır (Özkan, 2005: 9).

- **Doğrusallık Varsayımı:** Modelde yer alan girdi ve çıktı ilişkilerinin doğrusal nitelikte olduğunu, bir başka deyişle modelin amacını ve kısıtlayıcı koşullarını belirleyen fonksiyonların doğrusal denklemler olduğu varsayılr.
- **Eşitsizlik Varsayımı:** Üretim süreçleri tarafından kullanılan üretim faktörleri toplamının sıfıra eşit, büyük ya da küçük olması koşuludur. Bu ifade, tüm üretim kaynaklarının arzının kullanımının gerekmediği durumlarda söz konusu olabileceğini, ancak üretilen herhangi bir üretim miktarının sıfırdan büyük ya da eşit olması gerektiğini ortaya koyar.
- **Negatif Olmama Varsayımı:** Negatif üretim olamayacağından dolayı, üretim düzeyinin ya da karar değişkenlerinin pozitif veya sıfıra eşit olması gerekliliğini ortaya koyar.
- **Kaynakların Sınırlılığı ve Sonluğu Varsayımı:** Üretim faaliyetinde kullanılan girdiler sınırsız olmadığını her girdinin tükenebilir olduğunu ifade eden varsayımdır.

- **Bölünebilirlik Varsayımı:** Üretim faktörlerinin ve ürünlerinin bölünebilir yapıda olmalarını, yani kesirli olabilecekleri varsayımdır.
- **Toplanabilirlik Varsayımı:** Faaliyetlerin birbirlerinin etkilemedikleri varsayımdır. Yani tüm faaliyetlerden elde edilecek kazanç, her bir faaliyetten ayrı ayrı elde edilecek kazançların toplamına eşittir.
- **Belirlilik Varsayımı:** Birim başına kar, her faaliyet için gerekli faktör miktarı ve elde edilecek ürün miktarı gibi ekonomik değerlerin belirli ve sabit olduğu varsayımdır.
- **Tek Değerli Beklentiler Varsayımı:** Kaynak arzı, girdi çıktı katsayıları ve fiyatların kesin olarak bilindiği varsayımdır.

2.1.1. Doğrusal Programlama Modelinin Yapısı

DP modeli, amaç fonksiyonu, kısıtlayıcılar ve modelde yer alan değişkenlerin negatif olmama şartı olmak üzere 3 bileşenden meydana gelmektedir (Sarıaslan ve Karacabey, 2003: 67).

- **Amaç Fonksiyonu:** DP tekniğinde amaç, matematiksel bir biçimde ifade edilen ve ifade ettiği sayısal değeri maksimum ya da minimum gibi iki durumu gerçekleştirmeyi amaçlayan bir doğrusal fonksiyon olarak tanımlanmaktadır.
- **Kısıtlayıcılar:** Bir işletmede mevcut olan hammadde, enerji, işgücü, makine ve sermaye gibi kıt kaynakları üretim faktörleri içinde bulunduran kısıtlamalardır.
- **Negatif Olmama Şartı:** DP modelinde yer alan karar değişkenlerinin negatif değerler almamasını sağlayan şarttır.

Standart bir DP problemi modeli şu şekilde ifade edilebilir (Kolman ve Beck, 1980: 65):

Karar değişkenleri x_1, x_2, \dots, x_n ve kar/ maliyet değişkenleri c_1, c_2, \dots, c_n şeklinde ifade edilirse amaç fonksiyonu:

$$Z_{\max/\min} = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2.1)$$

Modelde b_1, b_2, \dots, b_i şeklinde ve model de yer alan değişkenlerin, bu kıt kaynaktan birim başına kullandığı girdi miktarını da $a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{ij}$ şekilde ifade ettiğimizde DP modelinin kısıtlayıcı denklemleri şu şekilde ifade edilebilir:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq = \geq b_1 \quad (2.2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq = \geq b_2 \quad (2.3)$$

$$\begin{array}{ccccccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq = \geq b_m \quad (2.4)$$

Karar değişkenlerinin negatif olmamasını ise şu şekilde ifade edebiliriz:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (2.5)$$

2.1.2. Doğrusal Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

DP problemlerin çözümünde kullanılmak üzere çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Ancak günümüzde en fazla kullanılan 3 yöntem vardır. Bu yöntemler; en fazla 2 karar değişkeni içeren problemlerin çözümünde kullanılan grafik metodu, 3 veya daha fazla karar değişkeni içeren problemlerin çözümde kullanılan simpleks metodu ve çok sayıda karar değişkenini içeren ancak çözümü için çok sayıda işlem gerektiren problemlerin çözümünde kullanılan bilgisayar destekli paket programlarıdır. Bu kısımda grafik metodu ve simpleks metodu ele alınmıştır.

2.1.2.1. Grafik Metodu

Herhangi bir DP modeli, 2 veya 3 karar değişkeni içerdiği problemlerin çözümünde grafik metodu kullanılmaktadır (Darst, 1991: 34). Ancak modelde 3 karar değişkeni olması durumunda, problemim çözüm işlemleri uzatacağından dolayı,

genellikle 2 karar değişkeni içeren modellerin çözümünde grafik metodu tercih edilmektedir.. Gerçek hayatta meydana gelen işletme problemlerinde 2 den daha fazla karar değişkeni olacağından grafik yöntemi pek kullanılmamaktadır.

2.1.2.2. Simpleks Metodu

DP problemlerin çözümünde 2 karar değişkeni içeren problemlerin çözümünde grafik yöntemi kullanılırken, 2'den daha fazla karar değişkeni içeren problemlerin çözümünde, grafik yöntemi ile problemin çözümünün yapılması zorlaşmaktadır. Gerçek hayat problemlerinde de çok sayıda değişkenin olduğu düşünöldüğünde, grafik yöntemi yerine DP özüm yöntemlerinden bir diğeri olan simpleks yöntemi ile çözüm yapmak kolaylaşacaktır.

DP problemlerin çözümünde kullanılan simpleks metodu, ilk kez 1947 yılında George B. Dantzig ve arkadaşları tarafından ABD hava kuvvetlerinin bir araştırma örgütü olan, RAND Corporation'da kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda Charnes, Cooper, Henderson gibi bilim adamları tarafından, simpleks yöntemi farklı alanlarda kullanılmış ve böylece DP'nin kullanımı yaygınlaşmıştır (Öztürk, 2005: 130, Ekmekçi, 2015: 65).

Simpleks metodunun en önemli özelliği, en iyi çözümüne ardışık yaklaşım (cebirsel tekrarlama, iterasyon) yolu ile ulaşmasıdır. Simpleks metodunda öncelikle başlangıç tablosu düzenlenerek tekrarlayıcı işlemler ile belirli bir hesap yöntemi içinde gelişen çözümlere doğru ilerleyerek, optimal çözümüne ulaşana kadar işlemlere devam edilir (Tütek ve Gümüşoğlu, 2008: 138, Büyükkeklik, 2007: 45, etindere, 2009: 41). Simpleks yönteminin diğer bir özelliği ise, her yeni çözümün kendinden önceki en az bir çözüm kadar iyi olmasıdır.

2.2. Tamsayılı Programlama

Tamsayılı Programlama (TSP), DP problemlerine optimum tamsayı çözümü üretmek için geliştirilen DP'nin özel bir uzantısıdır. Değişkenlerin bir kısmının veya tamamının tamsayılı değerler aldığı, genel DP modelinden elde edilen optimizasyon problemlerin bir sınıfıdır (Ergölen vd., 2005: 165).

TSP modeli, DP modelinde meydana gelebilecek olan ve gerçeği yansıtmayan sonuçları ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bazı DP modellerinde sonuçların tamsayı

çıkması, modelin gerçek hayattaki problemlere uygunluğunu bozmaktadır (Akay, 2009: 17). Örneğin bir iş yerine çeşitli makine ve teçhizatın alınması, bir makineye işçinin atanması, ek bir binanın kurulacağı yerin belirlenmesi, üretilecek olan ürünlerin sayısı gibi.

Tamsayılı programlama ile ilgili çalışmalar, ilk olarak 1950'li yıllarda Gomory, Land ve Doing tarafından çeşitli alanlarda yapılan çalışmalarda görülmektedir (Milano, 2004: 15).

TSP, normal olarak sürekli biçimde tanımlanan karar değişkenlerinin, kesikli değerler alan karar değişkenleri biçimde tanımlandığı, gerçek problemlerin doğası gereği en sık karşılaşılan durumlara çözüm arar. Bu durum hem problemlerin modellenmesinde ve hem de modellerin problem çözümünde kullanılmasında, etkin ve hızlı çalışan algoritmalar gereksinimini beraberinde getirmiştir (Patır, 2009: 193).

Kısaca TSP, modelde yer alan değişkenlerin bir kısmının ya da tümünün tamsayılı olarak ifade edilmesini açıklamaktadır.

Genel olarak TSP modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tütek ve Gümüšoğlu, 2008: 260):

$$Z_{\max/\min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.6)$$

Kısıtlayıcılar,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.7)$$

$$x_j \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (2.8)$$

Değişkenler;

c_j = Kar ve maliyet değişkeni

x_j = Karar değişkeni

b_i = Sınırlayıcı Şart

a_{ij} = Girdi miktarı

TSP modellerinin çözümlü DP modeli çözümlüne göre daha zor ve karmaşıktır. Ancak modelin doğru bir Şekilde ifade edilmesi ile birlikte bu durum ortadan kaldırılabılır.

2.2.1. Tamsayılı Programlama Modeli Türleri

TSP probleminin çözümlü için oluşturulan modelde yer alan değişkenlere göre, saf tamsayılı programlama, karma tamsayılı programlama ve 0-1 tamsayılı programlama olmak üzere 3 tipte görülebilmektedir (Teyyar, 1996: 47).

2.2.1.1. Saf Tamsayılı Programlama

TSP modelinde yer alan tüm değişkenlerin tümünün tamsayılı değerler alması söz konusu ise saf (arı, bütünüyle) tamsayılı programlama olarak adlandırılır. Personel programlama problemleri bu türdendir (Şengül, 2010: 121).

2.2.1.2. Karma Tamsayılı Programlama

TSP modelinde, bazı değişkenlerin tamsayı değerli olması gerekli iken diğer değişkenler bölünebilirlik varsayımını karşılayan yani kesirli değerler alabilen değişkenler ise bu türden problemler karma tamsayılı programlama olarak adlandırılır (Öztürk, 2005: 335). Karma tamsayılı programlama algoritmalarının en önemli özelliği uygun çözümlere kolayca ulaşılabilir olmasıdır. Bu amaçla karma tamsayılı programlama yaygın bir Şekilde kullanılmaktadır (Andrade, 2017: 62).

2.2.1.3. 0- 1 Tamsayılı Programlama

TSP modelinde bulunan tüm değişkenlerin 0 ya da 1'e eşit olmasının istendiği modellere 0-1 tamsayılı programlama problemi denilmektedir (Gürbüz ve Cömert, 2015: 105). Çeşitli ürünler üreten bir fabrika da mevcut olan ürünlerden hangilerinin üretilip üretilmeyeceği, yeni bir tesis kurmak isteyen fabrikanın bu tesisi kuracağı yerin seçimi, bir fabrika da çalışan işçilerin mevcut makinelerin hangisinde çalışıp

çalışmayacağıının belirlenmesi vb. durumlarda 0-1 tamsayılı programlama tekniğinden yararlanır.

0-1 tamsayılı programlama matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir (Patır, 2009: 200):

$$Z_{\max/\min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.9)$$

Kısıtlayıcılar,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.10)$$

$$x_j \text{ 0 ya da 1} \quad (2.11)$$

Değişkenler;

c_j = Kar ve maliyet değişkeni

x_j = Karar değişkeni

b_i = Sınırlayıcı şart

a_{ij} = Girdi miktarı

2.2.2. Tamsayılı Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

TSP problemlerin çözüm yöntemleri, kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel algoritmalar olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır.

TSP problemlerinin çözüm yöntemlerinden birisi olan kesin çözüm yöntemleri, problemin optimal sonuca ulaşmasını sağlar. Ancak optimal çözüme ulaşmak için çok fazla işleme gerek duyarak, maliyet ve zaman açısından kayba neden olmaktadır. Kesin çözüm yöntemleri, sayımlama, kesme düzlemi, dinamik programlama, dal-sınır tekniği ve dal-kesme tekniği olarak sınıflandırılabilir (Güler, 2008: 16).

TSP problemlerinin çözüm yöntemlerinden sezgisel algoritmalar ise gerçek hayatta karşılaşılan ve matematiksel formülasyon ile ifade edilemeyecek kadar karmaşık problemlerin çözümünde kullanılır. Sezgisel yöntemler ile optimum sonuçlar yerine yaklaşık çözümler elde edilir. Sezgisel algoritmalar, greedy algoritmalar, tavlama benzetimi, tabu arama, genetik algoritmalar ve dağınık algoritmalar olarak sınıflandırılabilir (Şengül, 2010: 132)

Sayımlama: Probleme yer alan tüm olasılıkların amaç fonksiyonu hesaplanarak, bu hesaplamalar içerisinde amaç fonksiyonu optimum yapan değer seçilir (Winston, 2004: 542). TSP problemlerinin çözüm tekniklerinden olan sayımlama yöntemi, problemde değişken sayısı az olduğu durumlarda çözüm için avantaj sağlamaktadır. Ancak değişken sayısı çok olan problemlerin çözümünde sayımlama yöntemi kullanıldığında, olası tüm çözümleri sayma işlemi optimal sonuca ulaşmayı zorlaştırmaktadır.

Tablo 2: Sayımlama Sonuç Tablosu

	x_1	x_2	x_3	Kısıt 1	Kısıt 2	Uygun Çözüm	Amaç Fonksiyon Değeri
1	0	0	0	√	√	Evet	Z=0
2	0	0	1	X	√	Hayır	-
3	0	1	0	√	√	Evet	Z=6
4	1	0	0	√	√	Evet	Z=2
5	1	1	0	√	√	Evet	Z=8
6	1	0	0	X	X	Hayır	-
7	0	1	1	X	√	Hayır	-
8	1	1	1	X	X	Hayır	-

Kaynak: Durmuş, 2018: 30

Tablo 2’de sayımlama yöntemi ile çözümlenmiş bir problemin sonucu yer almaktadır. Sayımla yönteminde 2^{değişken sayısı} kadar çözüm bulunmaktadır (Durmuş, 2018: 30).

Kesme Düzlemi: Kesme düzlemi yöntemi, TSP problemlerini çözmek amacıyla ilk önerilmiş olan yöntemdir. Yöntem genel olarak ilk defa Dantzig tarafından

açıklanmış, ancak Gomory tarafından geliştirilmiştir (Papadimitriou ve Steiglitz, 1982: 326). Gezgin satıcı problemi, sipariş yöntemi, kesim problemleri ve paketleme problemleri gibi birçok alanda kullanılan kesme düzlemi tekniği aslında, DP problemlerinde yer alan noktaların gevşetilmesi ile elde edilir (Flaudas ve Pardalos, 2009: 1650). Yani problemde yer alan tüm kısıtlayıcı değerler sabitken, değişkenlerin tamsayı değerler alması kısıtı kaldırılır.

Dinamik Programlama: Richard Bellman tarafından geliştirilen dinamik programlama, optimizasyon problemlerini basit ve verimli bir şekilde çözmek için yaygın bir şekilde kullanılan bir tekniktir (Ungru ve Jiang, 2017: 255).

Dinamik programlama, çok karmaşık problemlerin formüle edilmesini zorlaştıracığından kullanılmaması tercih edilmektedir. Diğer yöneylem araştırması yöntemlerine göre, aşama süreçlerinin uzun olması ile birlikte adımlardaki işlem sayısının az olması, iyi bir planlama ile çözüme kolay bir şekilde ulaşmayı sağlamaktadır. Dinamik programlamanın diğer tekniklere göre üstünlüğü, zaman faktörünü değerlendirmesi yanında, çok boyutlu problemlerin çözümünde etkin hesaplama kolaylığı sağlamasıdır (Yücel ve Ulutaş, 2010: 273).

Büyük ve çok sayıda karar değişkeni olan sorunları, ardışık küçük sorunlara bölerek çözmek için geliştirilmiş bir yöntem olan dinamik programlama tekniği, her alt sorunu izleyerek ele alır ve tüm sorun optimal olacak biçimde çözülür (Yücel ve Ulutaş, 2010: 273, Biyani vd., 2012: 421).

Dal-Sınır Tekniği: Dal-sınır tekniği Land ve Doig tarafından geliştirilen genel amaçlı bir çözüm tekniğidir. Temel fikir, TSP problemlerinin çözüm değerleri üzerinde kademeli olarak geliştirilmiş alt sınırlar veren DP problemlerinin bir dizisini çözmektir (Efroymsen ve Ray, 1966: 362). Yani dal-sınır tekniği problemin tüm çözümlerini saymak yerine daha küçük çözüm değerini inceleyerek optimal sonuca ulaşır.

Dal-Kesme Tekniği: Dal-kesme algoritması hibrid bir yaklaşım olup, dal-sınır algoritması ile kesme yönteminin birleşmesinden oluşur. Verilen problem için öncelikle kesme yöntemi kullanılarak, çözüm işlemi bir tamsayı çözüm bulana kadar veya daha fazla kesme bulunamayınca kadar devam etmektedir. Bu aşamada dal-sınır

algoritması devreye girerek, bulunan tamsayıya göre çeşitli dallara ayrılıp, çözüm bulununcaya kadar çalışmasını sürdürür (Güler, 2008: 19).

Greedy Algoritmalar: Açgözlü algoritmalar olarak da bilinen greedy algoritmalar, dinamik programlama tekniği gibi her zaman olmasa da sıklıkla optimal sonuca ulaşabilmektedir. Global çözüme ulaşabilmek amacıyla yerel bilgilerden yararlanılır (Neapolitan, 2015: 151).

Tavlama Benzetimi: Tavlama benzetimi yaklaşımları, malzemeyi ısıttıktan sonra soğumasını sağlayarak, katı malzeme kalitesini artıran fiziksel tavlama sürecini taklit etmektedir. Tavlama benzetimi algoritması, yerel optimumdan kaçışı araştırmaya yardım eden ve küresel optimum için aramaya devam eden ilkeyi açıklar. Soğutma işlemini kontrol eden fonksiyon, arama sırasında bulunan düşük kaliteli çözümlerin kabul edilebilirlik olasılığını ifade etmektedir. Bu olasılık, arama başlangıcında kalitesiz çözümleri kabul eden ve dolayısıyla kolayca yerel optimumdan kaçmaya izin veren yüksek bir değere ayarlanır. Arama boyunca, olasılık giderek azalır dolayısıyla, yerel optimumdan kaçmak zorlaşır. Temel amaç mevcut yerel optimum komşuluğunda yeni bir yerel optimuma sıçramaktansa, global optimuma ulaşmaya çalışmaktır (Küçük, 2016: 14).

Genetik Algoritmalar: Evrimsel hesaplama araştırmalarından en popüler olan genetik algoritma (Sivanandam ve Deepa, 2008: 3), doğal seleksiyon ve doğal genetik mekanizmasına dayanan stokastik arama teknikleridir ve geleneksel arama tekniklerinden farklı olarak, popülasyon adı verilen bir dizi tesadüfi çözümle başlamaktadır (Gen ve Cheng, 1997:1). Daha sonra her nesilde meydana gelen bireyler için amaç fonksiyonunun sonucu değerlendirilerek daha iyi olan bireyler seçilir ve yeni bir popülasyon elde edilmiş olur.

Tabu Arama: Hafıza kullanımını esas alan tabu arama algoritması, optimizasyon problemlerini çözmek amacıyla Glover ve Hansen tarafından geliştirilmiştir (Pham ve Karaboğa, 2000: 8). Tabu araması algoritmasında, daha iyi bir çözüme ulaşmak için komşuluk yapısına ihtiyaç duymaktadır (Glover ve Laguna, 1997: 2). Yani daha iyi bir sonuca ulaşmak amacıyla, bulunduğu çözüm yapısından daha kötü sonuç veren bir komsuya geçiş yapar.

Dağınık Arama: Dağınık arama yöntemi, son yıllarda geliştirilen metasezgisel yöntemler kapsamında yer alan bir yapay zeka tekniğidir. Dağınık Arama Metodu, yeni çözümler elde edebilmek için referans küme adı verilen bir kümedeki çözümleri birleştirir. Dağınık Arama Metodunun diğer evrimsel algoritma metotlarından temel farkı, çözümü seçme yoludur. Dağınık Arama metodunda sistematik olarak referans kümesinden iki ya da daha fazla çözüm seçilerek yeni sonuçlar üretilir. Dağınık arama metodu iki kümeyle eş zamanlı olarak çalışır. Bu kümeler farklılaştırma ve referans kümeleridir (Şengül, 2010: 135).

2.3. Hedef Programlama

Çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olan Hedef Programlama (HP), Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından 1955 yılında DP'nin bir çeşidi olarak ortaya konulmuş ve 1961 yılında Charnes ve Cooper yaptıkları bir başka çalışma ile HP tekniğinin algoritması geliştirilmiştir (Romero, 1991: 2, Tamiz vd., 1995: 39). 1970'li yılların ortalarına kadar HP ile çok fazla çalışma görülmemesine rağmen, Ijiri, Lee ve Ignizio gibi araştırmacılar tarafından HP tekniği geliştirilerek çok çeşitli alanlarda kullanılmasına imkan sağlamıştır (Tamiz vd., 1998: 569).

HP, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu DP problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden doğrusal programlamanın aksine, HP, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır (Gülenç ve Karabulut, 2005: 57).

HP ile ilgili ilk bilgisayar kodu 1962 yılında anten sistemlerinin tasarımı probleminin çözümü için Ignizio tarafından geliştirilmiştir. Ignizio, 1967 yılında HP için ardışık DP göre bir bilgisayar kodu geliştirmiştir. 1968 yılında ise Veikko Jaaskelainen, HP ile ilgili bir bilgisayar kodu geliştirmiştir (Ignizio, 1985: 14).

Günümüzde ise HP'nin hemen hemen her alanda uygulamasını görmekte birlikte en fazla uygulama gerçekleştirilen alanlar: çizelgeleme, tedarikçi seçimi, proje yönetimi, karar destek sistemi, muhasebe, üretim planlama, pazarlama, ekonomi, kaynak planlaması vb. alanlardır.

2.3.1. Hedef Programlama Modelinin Yapısı

HP modeli yapısı; karar değişkenleri, sistem kısıtları, hedef kısıtları, amaç fonksiyonları ve birleşik amaç fonksiyonu olmak üzere 5 temel bileşenden meydana gelmektedir (Varlı, 2017: 9):

- **Karar Değişkenleri**, HP modelinde yer alan karar değişkenleri, problemi çözecek olan karar verici tarafından, değeri belirlenmek istenilen bilinmeyen değerlerdir.
- **Sistem kısıtları**, elde bulunan kıt kaynakları ifade eden sistem kısıtları, modelde mutlaka bulunması gereken kısıtlardır.
- **Hedef kısıtları**, sistem kısıtları gibi modelde kesinlikle bulunması gerekmeyen kısıtlardır. 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**, hedef kısıtlarındaki sapma değişkenlerinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır.
- **Birleşik Amaç Fonksiyonu**, karar verici tarafından oluşturulan modelde yer alan tüm amaç fonksiyonlarının, belirli bir öncelik sıralarına göre veya ağırlıklarına göre toplam şekilde yazılmasıdır.

2.3.2. Hedef Programlama Modelinin Formülasyonu

İlk kez Charnes ve Cooper' ın çalışmaları ile ortaya çıkan ve DP'nin geliştirmiş bir şekli olan HP, çok sayıda hedefin ve amacın olduğu durumlarda, her amaca yönelik olarak belirlenen önceliğe ve ağırlığa göre hedef değerlere ulaşmanın yollarını bulmak için geliştirilmiş bir tekniktir (Alp vd., 2011: 1982). HP tekniğinde çözülmek istenilen problemin sonucu maksimum ya da minimum şekilde ifade edilmemektedir. Bunun yerine HP tekniğinde, amaçlar ile karar vericinin belirlemiş olduğu hedefler arasındaki sapmayı en aza indirmeye çalışılmaktadır.

Genel bir HP aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Varlı, 2017: 10):

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.12)$$

$$\sum_{j=1}^n k_{ij}y_j + d_i^+ + d_i^- = l_i \quad (2.13)$$

$$d_i^+ * d_i^- = 0 \quad (2.14)$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad (i = 1 \dots k) \quad (j = 1 \dots n) \quad (2.15)$$

Değişkenler;

y_j = j. karar değişkeni

k_{ij} = i. hedefin j. karar değişkeni sayısı

l_i = i. hedef için ulaşılmak istenen değer

d_i^+ = i. hedefin pozitif sapma değişkeni

d_i^- = i. hedefin negatif sapma değişkeni

2.3.3. Hedef Programlama Modelinin Türleri

HP, çözülmek istenilen problem doğrultusunda kurulan modelin amaç fonksiyonunun yapısına göre tek hedefli programlama, eşit ağırlıklı çok hedefli programlama, ağırlıklı çok hedefli programlama, öncelikli çok hedefli programlama ve ağırlıklı öncelikli çok hedefli programlama olmak üzere 5 farklı şekilde sınıflandırılabilir (Özkan, 2014: 67).

- **Tek Hedefli Programlama:** Tek hedefli programlamada, problemin tek hedefi olduğu zaman, karar vericinin ulaşmak istediği bu hedefe ulaşmaktır. Modelin kurulması ve çözülmesi dikkate alındığında diğer HP türlerine göre en basitidir.
- **Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama:** Probleme ilişkin hedefler birbiri ile aynı derecede öneme sahipse eşit ağırlıklı çok hedefli programlama söz konusudur. Burada amaç istenmeyen sapma değişkenlerinin minimum kılınmaya çalışılmasıdır.

Ayrıca sapma değişkenlerinin problemin yapısına göre aynı ölçü birimi ile ifade edilmesi gerekmektedir (Özgül Bilgin, 2013: 41).

- **Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama:** Ağırlıklı çok hedefli programlamada, probleme ilişkin hedeflere öncelik durumuna göre birer ağırlık değeri atanır ve bu şekilde hedeflerden sapma düzeyinin minimum kılınması amaçlanır. Karar vericiler tarafından; sapma değişkenlerinin önem derecelerine göre, negatif ve pozitif sapmalara ağırlıklar atanır (Türkoğlu, 2017: 33).

- **Öncelikli (Lexicographic) Çok Hedefli Programlama:** Öncelikli hedef programlamada, amaç fonksiyonunu oluşturmak için ulaşılması istenilen hedeflerin hiyerarşik bir yapıda olması gerekmektedir. Karar verici, tercihini kullanarak önem derecesi en fazla olan hedeften başlayarak daha az önem derecesine sahip hedefe doğru bir sıralama yapar. Birinci öncelikli hedef gerçekleştirilmeden ikinci öncelikli hedefe, ikinci öncelikli hedef gerçekleştirilmeden üçüncü öncelikli hedefe geçilmez. Öncelikli çok hedefli programlama genel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir (Öztürk, 2005: 309):

$$p_1 \gg p_2 \gg p_3 \gg \dots \gg p_n \quad (2.16)$$

Matematiksel olarak yukarıdaki gibi gösterilebilen öncelikli çok hedefli programlamada öncelikle p_1 hedefinden istenilen sonuç elde edilir. p_1 hedefinden istenilen sonuç alındıktan sonra p_2 hedefinden sonuç elde edilir ve p_3 hedefinden sonuç elde edilir. Bu şekilde tüm hedefler sırası ile gerçekleştirilerek istenilen tüm hedeflere ulaşılmış olunur.

- **Ağırlıklı Öncelikli Çok Hedefli Programlama:** Ağırlıklı öncelikli çok hedefli programlamada, ulaşılacak istenilen hedefler ilk olarak öncelik durumuna göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada dikkat edilmesi gereken durum, en öncelikli hedeften başlayarak daha az öncelikli hedefe doğru bir sınıflandırılmasının yapılmasıdır. Ancak bazı HP problemlerinde aynı hedefe ilişkin birden fazla sapma değişkeni aynı öncelik düzeyinde amaç fonksiyonunda yer alabilir. Bu gibi bir durumla karşılaşıldığında ise sapma değişkenlerinde ağırlık kullanılarak öncelik düzeyi belirlenmektedir.

2.3.4. Hedef Programlama Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları

HP'nin avantaj ve dezavantajları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır (Alp, 2008: 77):

2.3.4.1. Hedef Programlama Tekniğinin Avantajları

- HP, iki ya da daha fazla amaca sahip olan karar problemlerinin çözümü yapılabilir.
- HP kullanıcıya, amacın öncelikleri bakımından etkin bir çözüm sunarken, birbirine zıt amaçların amaç fonksiyonunda yer almasına fırsat verir.
- Gevşek kısıtlara (mutlaka sağlanması zorunlu olmayan kısıtlara) izin verilir.
- DP problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yöntemi, HP problemlerinin çözümünde de kullanılır ve böylece hesaplamaların hızlı ve sonuçların etkin olması sağlanır.
- HP, DP'de "Uygun Çözüm Mevcut Olmayan" problemlere bir çözüm geliştirme de yardımcı bir teknik olarak kullanılabilir.

2.3.4.2. Hedef Programlama Tekniğinin Dezavantajları

- Amaç fonksiyonu çok sayıda başarı fonksiyonunun birleştirilmesi ile oluşturulur. Bu nedenle, karmaşık bir yapıya sahip olabilir.
- Hedef değerleri, karar vericiler tarafından belirlendiği için subjektif bir nitelik taşır.
- Karar vericiler ayrıca hedeflerin ağırlık ve öncelik seviyelerini belirlerler, bu da yine subjektif bir durum oluşturur.
- Ağırlık ve öncelik seviyelerinin bağdaşık hale getirecek bir yol bulunmalıdır.
- Çözüm sonucunda bulunan sonucun karar vericiler tarafından her zaman tatmin edici olmasını garanti edemez.

2.4. Genetik Algoritma

Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek ortaya çıkan genetik algoritma (GA), doğada bulunan canlıların yapılarındaki çeşitli özellikleri ve geçirdikleri evrim sürecini sanal ortama aktararak, matematiksel modeli kurulamayan ya da kurulması için çok sayıda işlem yapılması gereken durumlar için geliştirilmiş bir tekniktir.

GA, yapay zekânın hızla gelişen alanlarından biri olan evrimsel hesaplamanın bir alt dalıdır. 1970’li yıllarda John Holland tarafından icat edilmiş ve 1975 yılında “Doğal ve Yapay Sistemlerde Uyum” adlı kitapta yayınlanana GA, Holland’ın meslektaşları ve öğrencileri tarafından geliştirilmiştir (Jiao ve Wang, 2000: 552, Haupt ve Haupt, 2004: 22).

Genetik algoritmalar konusundaki esas gelişim ise, John Holland’ın doktora öğrencisi David E. Goldberg tarafından 1985 yılında hazırlanmış olduğu “Gaz Borularının Genetik Algoritma İle Optimizasyonu” isimli doktora tezi ile sağlanmıştır. Goldberg 1989 yılında yayımladığı kitabı ile genetik algoritmaya yeni bir boyut kazandırmıştır (Küçük, 2016: 31).

Doğal seleksiyon ve doğal genetik temelli stokastik arama tekniği olan GA, geleneksel arama tekniklerinden farklı olarak popülasyon adı verilen rastgele bir çözüm seti ile başlar. Bu popülasyonda yer alan her birey eldeki problemi temsil eden birim olan kromozom olarak adlandırılır. Bu kromozomlar bir sembol dizisidir ve genellikle ikili birer dizge şeklinde gösterilir. Bu kromozomlar kuşaklar boyunca birbirini takip edecek şekilde bir sonraki nesle aktarılır. Yeni bir nesil elde edileceği zaman ise kuşaklar boyunca aktarılan kromozom çiftleri mutasyon adı verilen işlem gerçekleştirilir. Bu şekilde yeni ve güçlü bir nesil elde edilmiş olur (Gen ve Cheng, 1997: 1).

GA’nın kullanım oldukça geniştir. Makine öğrenimi, basit programların gelişimi, doğrusal olmayan dinamik sistemler (tahmin, veri analizi), robot yörünge planlaması, genetik programlama, strateji planlama, protein moleküllerinin şekillerinin bulunması, gezgin satıcı problemleri, görüntü oluşturma işlevleri, çeşitli alanlarda kontrol, dizayn ve zamanlama, yapay zeka öğrenme, sinyal işleme ve kombinasyonel optimizasyon gibi alanların yanı sıra bazı sanat, müzik ve resim geliştirme alanlarında da kullanılmaktadır (Ertuğrul ve Özçil, 2016: 225).

2.4.1. Genetik Algoritma Tekniğinde Kullanılan Temel Kavramlar

Optimizasyon araçlarından bir tanesi olan ve evrim ilkelerini modelleyen GA, en karmaşık durumlarda bile en uygun çözümü üretebilir. Kalitelerine göre seçilen ve daha sonra var olan bireyleri birleştirerek ya da değiştirerek yeni bir nesil için temel olarak

kullanılan bir kodlanmış çözüm popülasyon için çalışmaktadır (Burke vd., 1994: 35). GA'nın yapısında yer alan temel kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

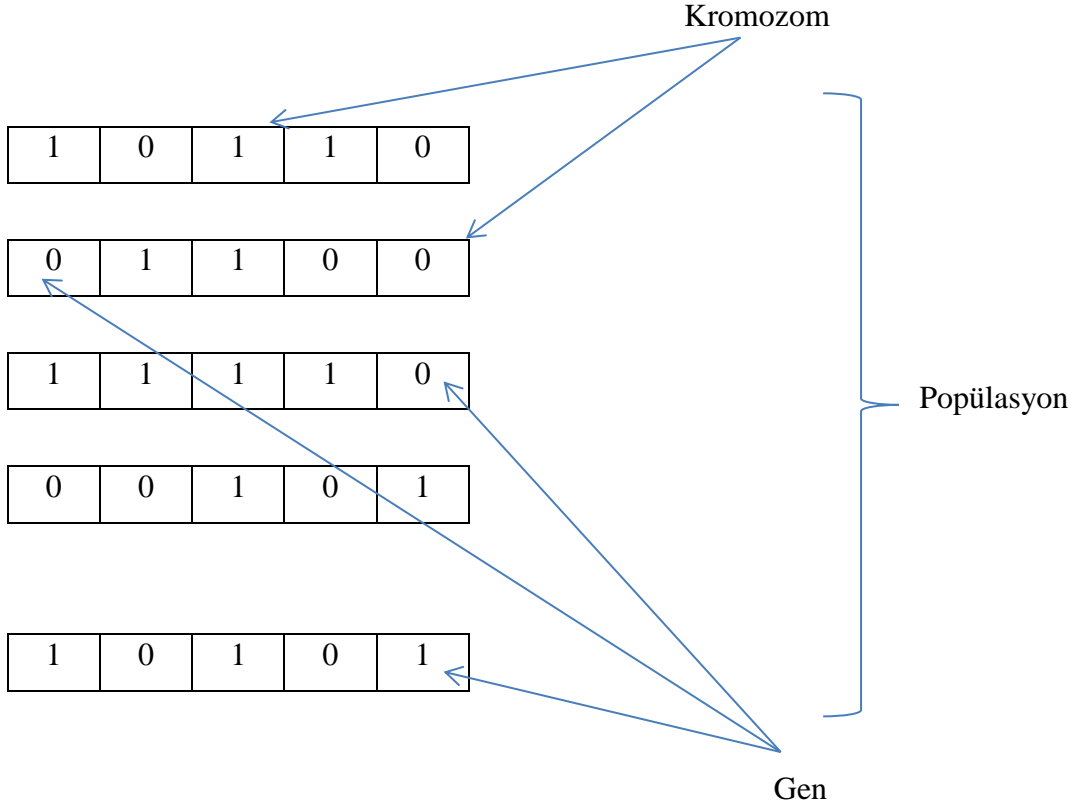
- **Gen:** Kalıtsal molekülde bulunan ve organizmanın karakterlerinin tayininde rol oynayan kalıtsal birimlere gen adı verilmektedir. Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim olarak alınır (Gözen, 2007: 36).

- **Kromozom:** Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye kromozom adı verilmektedir.

GA'da amaç, bir kromozoma sahip bireyler tarafından meydana getirilen toplumun değiştirilmesidir. Kromozomlar, verilen l uzunluğunda semboller zinciri ile temsil edilmektedir. Genellikle bu semboller 0 ya da 1 olur. Her bir kromozom optimizasyon problemi için uygun bir çözümü temsil eder ve her bir sembol bit olarak adlandırılmaktadır. Bu bit hangi parametreyi temsil ediyorsa sırasıyla dizilerek kromozom meydana getirilir (Ceylan ve Haldenbilen, 2005: 3601).

- **Popülasyon:** Geçerli alternatif çözüm kümesi olan popülasyon, kromozomların bir araya gelmesi ile meydana gelmektedir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) genelde sabit tutulur. GA'da popülasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural yoktur. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi (iterasyon sayısı) azalır (Gözen, 2007: 36).

Şekil 1: Gen, Kromozom ve Popülasyon Yapısı



Kaynak: Küçük, 2016: 36

- **Uygunluk Fonksiyonu:** Uygunluk fonksiyonu, genlerin bir araya gelerek oluşturduğu kromozomların, bir problemin çözümünde ne derece etkili olduğunu ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Uygunluk fonksiyonu her problem için ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.
- **Çaprazlama:** Çaprazlama, uygunluk fonksiyonuna göre seçilen bireyler arasında gen alışverişinde bulunulmasını ifade eder. Mevcut gen havuzunun potansiyelini arttırmak için, bir önceki nesilden daha iyi nitelikler içeren yeni bireyler elde edebilmek için çaprazlama operatörü kullanılır. Çaprazlama için seçilen bireyler belirli metotlara göre eşleştirilerek, yeni yavru bireylerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Altan, 2013: 8).

Şekil 2: İki Bitlik Çaprazlama Örneği

1. ebeveyn	100110 0010
2. ebeveyn	110111 0111
Çaprazlama sonucunda oluşan 1. birey	100110 0111
Çaprazlama sonucunda oluşan 2. birey	110111 0010

Kaynak: Çalışkan vd., 2016: 22

- **Mutasyon:** Yavru oluşturan bir seri içinde bir veya daha fazla genin dönüşümüdür. Genellikle, mutasyon operatörü nadiren kullanılır. Son çalışmalar mutasyon operatörünün genetik algoritmalarda önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Optimal mutasyon olasılığı oranı, kromozomun uzunluğu ve sorunun çözüm alanı ile orantılıdır (Ertuğrul ve Özçil, 2016: 230).

2.4.2. Genetik Algoritma Tekniğinin Çözüm Aşamaları

GA ile bir problem çözülmesi sırasında izlenmesi gereken adımları şu şekilde sıralanabilir (İşler, 2009: 22):

Adım 1: İlk çözüm grubu olarak başlangıç popülasyonunu tesadüfi olarak oluşturun.

Adım 2: Her bir kromozom için bir uygunluk değeri hesaplanır; bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir. Popülasyonda yer alan en iyi uygunluk değerine sahip olan birey (kromozom), bir sonraki yeni nesile (popülasyon) doğrudan değiştirilmeden aktarılır.

Adım 3: İki grup dizi (kromozom), belirli bir seçim yöntemine göre (uygunluk değerlerine göre hesaplanmış olasılık değerlerine göre) rassal olarak seçilirler.

Adım 4: Seçilen iki kromozom için rassal olarak genetik operatörler kullanılarak çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Sonuçta yeni popülasyonda yer alacak iki yeni birey (kromozom) oluşur. Çaprazlama, yeni popülasyonda yer alacak birey sayısına ulaşılan dek sürer.

Adım 5: Yeni popülasyondaki bireyler, rassal olarak mutasyon işleminden geçerler.

Adım 6: Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca yukarıdaki işlemler sürdürülür. Eğer en büyük nesil sayısına ulaşılmamışsa adım-2'ye dönülür. İterasyon, en büyük nesil sayısına ulaşıncaya kadar bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan kromozom (çözüm) seçilir.

2.5. Simülasyon (Benzetim)

Günlük hayatta önemsiz gibi görünen ancak hayati nitelikte olan bir takım problemler ile karşı karşıya kalabilmekteyiz. Bir işletmenin yeni bir makine alması, bir kişinin çeşitli yatırımlarda bulunması, bir iş yerine yeni personellerin alınması, bir siyasi partinin çeşitli seçim yatırımlarında bulunması gibi durumlarda sonuçlarının kesin olarak tahmin edilememesi ya da sonuçların yanlış tahminde bulunulması durumunda hem maliyet açısından hem de zaman açısından çeşitli kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır.

Bu gibi durumlarda yaklaşık çözüme götüren metotlara, ilkesiz yaklaşımlara, daha doğrusu sistematik denemeye, planlı aramaya, modele uygun sayısal denemeye dayanan metotlara başvurulmaktadır. Bu şekilde ilkesiz yaklaşımlar arasından en bilineni simülasyon tekniğidir (Yılmaz, 2004: 263).

Tarihte ilk simülasyonlara yüzyıllar öncesinde Çin savaş oyunlarında rastlanmaktadır. Simülasyon tekniği, askeri alanlarda uzun yıllar kullanıldıktan sonra modern havacılık endüstrisinde kullanılmıştır (Bradley, 2006: 40).

Simülasyon tarihinde atılan en büyük adımlardan birisi, 1929 yılında Edward Link tarafından geliştirilmiş olan ilk uçak simülatörü ile ortaya çıkmıştır. 1949 yılında ücretli olarak yapılan eğlence amaçlı sürüşler için tasarlanan Link'in simülatörü ordu ve ticari havacılık alanlarında eğitim yapılması ve değerlendirmelerde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Polat, 2015: 4).

Modern anlamda ise kullanımı 1940 yılı sonlarından John Von Neumann ve Stanislaw Ulam'ın Los Alamos Scientific Laboratory'deki çalışmalarına dayanır. Bu laboratuvarında nötronların hareketlerini inceleyen bu iki bilim adamı, karşılaştıkları matematiksel olarak çok karmaşık ve deneysel olarak çözümü çok pahalı olan nükleer savunma problemlerini çözmek için "Monte Carlo" analizi adı verilen ve bugünkü simülasyon tekniğinin ilk kullanımını geliştirdiler (Sarıaslan ve Karacabey, 2003: 391).

Simülasyon, bir sürecin modelini geliştirerek, bu model üzerinde deneme-yanılma deneyleri yaparak, sürecin zaman içindeki davranışlarını öngörmeye yarayan önemli bir tasarım aracıdır (Tütek ve Gümüšoğlu, 2008: 401).

Bir başka tanıma göre simülasyon, gerçeklere ve varsayımlara dayalı olarak belirsizlik koşulları altında seçenekleri değerlendirmek amacıyla, gerçek karar vermeyi temsil eden ve bilgisayarlara programlanmış matematiksel bir model kullanan kantitatif bir tekniktir (Sariaslan ve Karacabey, 2003: 391).

Ancak simülasyon, matematiksel programlama modellerinin aksine karar vericiye optimal bir çözüm sunmaz. Bunun yerine sistem karakteristiklerini ve sistem davranışının belirli değerleri, sistemi belirli bir süre boyunca çalıştırarak karar almada kolaylık sağlar (Molnar, 2005: 213).

Karar alıcılar her zaman basit kararlar almazlar. Bazen çok karışık problemlerin çözümü için bazı kararlar almak zorunda olabilir ve bu kararların sonucuna meydana gelen olumlu ya da olumsuz duruma katlanmak zorundadırlar. Ancak bu karışık problemlerin çözümünü gerçekleştirmeden önce simülasyon tekniğini kullanarak sistemi önceden görme fırsatları vardır. Bir simülasyon tekniğini oluştururken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Bu noktalar (Hillier ve Lieberman, 2001: 1085):

- Sistemdeki durumun ya da problemin tanımlanması
- Sistemde meydana gelebilecek olası durumların tespit edilmesi
- Sistemi değiştirebilecek olan olası durumların tespit edilmesi
- Simülasyon programında bazı adreslerde yer alan simülasyon programı için doğrulama
- Çeşitli türlerdeki olayları tesadüfi bir şekilde oluşturacak bir yöntemin belirlenmesi
- Çeşitli türden olaylar tarafından meydana getirilen durumların tanımlanmasını sağlayacak bir formülün geliştirilmesi.

2.5.1. Simülasyon Tekniğinin Sınıflandırılması

Henüz meydana gelmemiş bir durumun analizini gerçekleştirmek ve meydana geldikten sonraki durumunu değerlendirmek olarak ifade edilen simülasyon tekniğini genel olarak deterministik simülasyon tekniği ve stokastik simülasyon tekniği olarak 2'ye ayırabiliriz (Yılmaz, 2004: 264).

2.5.1.1. Deterministik Simülasyon Tekniği

Davranışı daha önceden tahmin edilebilen ve gelecekte ne tür davranışlara gireceği bilinen modeller deterministik modeller olarak adlandırılır. Deterministik modellerde mekanizma açık ve belirgin bir şekilde tanımlanır (Öztürk, 2004: 117). Yani deterministik simülasyon tekniğinde, modelde kullanılacak olan tüm değişkenlerin ve kısıtların, belli olduğu ve aynı değerler ile aynı sonuçların alınacağı problemlerin çözümünde kullanılır.

2.5.1.2. Stokastik Simülasyon Tekniği

Davranışı daha önceden bütünüyle kestirilemeyen modeller stokastik modeller olarak adlandırılır. Bu tip modellerde girdi değerleri ve süreç, olasılık dağılımları ile temsil edilebilmektedirler. Stokastik modeller, deterministik modellerden daha karmaşık olduğu için bu modellere çözümler bulmak ve bulunan çözümlerin analitik olarak yeterli olması oldukça güçtür. Bu açıdan simülasyon tekniği, stokastik modellerin analizi ve çözümünde en çok başvurulan temel tekniklerden biri olmuştur (Öztürk, 2004: 117).

2.5.2. Simülasyon Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları

Teoriksel ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar ortamında izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniği (Keleş vd., 2009: 138) olan simülasyon tekniğinin avantaj ve dezavantajları aşığıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.5.2.1. Simülasyon Tekniğinin Avantajları

Simülasyon tekniğinin avantajları şu şekilde açıklanabilir (Çörekçi, 2014: 2):

- Simülasyon yöntemi oldukça esnektir istenildiği zaman değişiklik yapılabilir.
- Gerçek sistemler ve bileşenleri oldukça stokastik yapıdadır ve bu modellerin matematiksel olarak gösterilmesi oldukça zordur. Bu tip sistemlerin modellenmesinde simülasyon yöntemi oldukça kolaydır.

- Simülasyon zaman kavramı üzerinde tam bir kontrol sağlar. Sistem zamanının değiştirilmesi ve zaman parametrelerindeki değişiklikler kolaylıkla kontrol edilebilir.
- "...olsa ne olur?" gibi sorular sorularak model üzerindeki değişikliklerin sonuca yansması ve alternatiflerin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu da yöneticilere fikir verme konusunda yararlıdır.
- Simülasyon yöntemi gerçek sistem içinde değişiklikler, denemeler, alternatif fikirlerin uygulanması gibi kontrol ve zaman isteyen çalışmaları kolay bir şekilde uygulama imkânı verir.
- Simülasyon yöntemi hem mevcut sistemdeki olası değişikliklerin sistem üzerindeki etkisini belirlemek için bir analiz aracı, hem de değişen koşullar altında yeni oluşturulacak bir sistemin performansını belirleme için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir.
- Yeni sistem dizaynları, planlar, taşıma sistemleri simülasyon modeli üzerinde herhangi bir kaynak harcanmadan test edilebilir. Bu kritik bir noktadır. Çünkü kararlar bir kez alındığında, tuğlalar yerleştirildiğinde değişiklikler ve düzeltmeler çok pahalı olabilir.
- Simülasyon, değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiçbir veriye sahip olmadığımız durumlarda kullanılabilir.
- Simülasyon, analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere de kullanılabilir.
- Simülasyon duyarlılık analizi yapmada da oldukça avantajlıdır. Girdi değerlerindeki değişikliklerin sonuca yansması kolaylıkla incelenebilir.

2.5.2.2. Simülasyon Tekniğinin Dezavantajları

Simülasyon tekniğinin dezavantajları şu şekilde açıklanabilir (Tütek ve Gümüsoğlu, 2008: 403):

- Simülasyon modelleri kesin değildir. Bir optimizasyon sorunu olmadığından bir yanıt ortaya koymaz, sadece değişik işletim koşullarına sistemin tepkilerinden oluşan bir set ortaya koyar.

- İyi bir simülasyon modeli çok pahalı olabilir. Çoğunlukla kullanılabilir nitelikte bir şirket planlaması modelini geliştirmek çok uzun süre alabilir.
- Her durum simülasyon kullanılarak değerlendirilemez; yalnızca belirsizlik içeren durumlar simülasyon kullanımına adaydır ve rastlantısal bir öge olmadan simülasyonunun tüm deneyleri aynı sonucu verir.
- Simülasyon, çözümlerin kendilerini değil, bir çözüm değerlendirme yolu geliştirir. Yöneticiler test etmek istedikleri çözümleri geliştirmek zorundadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TAMSAYILI PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE DENİZLİ BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ İTFAİYE DAİRESİ BAŞKANLIĞI'NDA VARDİYA
ÇİZELGELEME

Bu bölümde çalışmanın konusuna, amacına, yöntemine, önemine ve tanıtılmasına değinilerek, çalışmanın matematiksel programlama ile modellenerek çözülmesi açıklanacaktır.

3.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; yangın, deprem, sel, patlama, çökme, arama, kurtarma gibi insanların ve hayvanların güvenliğini tehlikeye sokan durumlarda, onlara yardım etmek amacıyla çalışan itfaiye erlerinin, matematiksel programlama tekniklerinden olan ve karar vericinin amacını göre problemin optimal sonucuna ulaşmaya çalıştığı tamsayılı programlama tekniği ile itfaiye erlerinin çalışacakları vardiyaların planlanması amaçlanmıştır.

Optimal bir çalışma düzeninin oluşturulması amacıyla hazırlanan bu çalışma ile birlikte, çalışma planının hazırlanması sürecinin kısa sürdüğü, dengesiz ve adaletsiz çalışma düzeninin ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır.

3.2. Çalışmanın Yöntemi

Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı'nda çalışan ve konu ile ilgili olan kişiler ile gerçekleştirilen bire bir görüşmeler sonrasında elde edilen verilere dayanarak tamsayılı programlama modeli oluşturulmuştur.

Oluşturulan model, matematiksel programlama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan bir modelleme sistemi olan Genetic Algebraic Modelling System (GAMS) ile çözülmüştür. Karmaşık ve büyük ölçekli modelleme uygulamaları için geliştirilen GAMS, doğrusal, doğrusal olmayan ve karışık tamsayı optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılır (<https://www.gams.com/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2018). GAMS programı ile modellenen problem Inter ® Core™ İ7- 4790 CPU @ 3.60 GHz işlemcisine sahip 8 GB belleği olan Windows 10 işletim sistemi olan bir

bilgisayarda GAMS 23.5 sürümlü paket programı ile modellenmiş ve CPLEX çözücüsü kullanılarak optimal sonuca çok kısa bir sürede ulaşmıştır.

3.3. Çalışmanın Önemi

18. yüzyılda buharın keşfedilmesiyle başlayan Sanayi Devrimi ile birlikte, hem toplumda hem de çalışma yaşamında köklü değişiklikler meydana gelmiştir. Bu köklü değişikliklerle birlikte başta kadın ve çocuklar olmak üzere çalışanlar, uzun çalışma saatlerinde çalışmak zorunda kalmışlardır. Uzun çalışma saatleri boyunca çalışmak zorunda kalan çalışanlarda başta sağlık problemleri olmak üzere çeşitli problemler meydana gelmiştir.

Uzun çalışma saatleri boyunca çalışanlarda meydana gelen problemleri ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli kitle örgütleri ve sendikalar, çalışma saatlerinin azaltılması ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi için çeşitli adımlar atılması gerektiğini vurgulamışlardır. Ve nihayetinde 1833 yılında çalışma sürelerinin ve çalışma şartlarının düzenlenmesi amacıyla Factory Act Yasası ilk adım atılmıştır.

Factory Act Yasası ile başlayan ve uzun yıllar boyunca çalışanların çalışma şartlarının ve çalışma sürelerinin iyileştirilmesi için çeşitli adımlar atılmıştır. Her ne kadar çalışma sürelerinin düzenlenmesi amacıyla çeşitli adımlar atılsa da, giderek artan nüfus oranının ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla üretimin devamlılığını da gerekli kılıyordu. Bu yüzden 24 saat üretimin devam edebilmesi için farklı çalışanlar tarafından farklı saat diliminde, aynı gün içerisinde, aynı makine ve teçhizatlar ile gerçekleştirilen vardiyalı çalışma sistemini gerekli kılmıştır.

İlk olarak fabrikalarda üretimin devamlılığı için kullanılan vardiyalı çalışma sisteminin zamanla faydalarının görülmesi ile birlikte daha sonra çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak vardiyalı çalışma sisteminin yaygınlaşması ile birlikte çalışanlarda fiziksel sorunlar başta olmak üzere ailevi ve toplumsal sorunlar, psikolojik sorunlar meydana gelmiştir. Ancak bu sorunlara rağmen 24 saat kesintisiz hizmet veren hastane, güvenlik güçleri, itfaiye, fırınlar, eğlence mekânları gibi yerlerde vardiyalı çalışma sistemi gereklidir. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla çalışanların, çalışma saatlerinin optimum bir şekilde planlanması gerekmektedir.

Can ve mal güvenliğinin sağlanması açısından önemli bir yere sahip olan itfaiye teşkilatında gerçekleştirilen bu çalışma ile birlikte, literatürde çok sayıda çalışmaya konu olan vardiyalı çalışma sistemi, hem ihmal edilen bir sektör olması hem de bu sektörün çalışma şartlarının diğer sektörlerden farklı olması dolayısıyla diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

3.4. Çalışmanın Tanıtılması

Eski Mısır'da, Sümerlerde ve özellikle Romalılar devrinde yangın söndürme görevi askerler tarafından yerine getirilmekteydi. Dünyada ilk itfaiye örgütü Roma'da kurulmuş olup itfaiye pompası ve gerekli donanıma sahip olan imparatorun askerleri tarafından yürütülmüştür. Yangını erkenden haber alabilmek amacı ile kentin farklı noktalarına yangın gözetleme kuleleri kurulmuştur (Söylemez, 2012: 32).

Osmanlı Devleti'nde ilk itfaiye teşkilatı aslen Fransız olan ve daha sonradan Müslüman olarak Davut Ağa adını alan bir mühendis tarafından geliştirilen ve yangınlarda kullanılan tulumbanın yararları görülünce ilk kez 1720 yılında Yeniçeri Ocağı'na bağlı olarak Tulumbacılar Ocağı kurulmuştur. (Baskıcı, 2014: 176).

Osmanlı Devleti'nde yangın söndürme hizmetlerinin 1720 yılında teşkilatlandırılmasından önce balta, kova, merdiven, kürek gibi malzemelerin belli bir yerde saklanması ve yangın meydana geldiği zaman halk tarafından kullanılmasına dayanıyordu. Aynı zamanda o yerleşim yerinde yıkılan binalara müdahale edilemeyerek yangının büyümesinin engellenmesine çalışılıyordu (Özgür ve Azaklı, 2001: 155).

II. Mahmut döneminde geliştirilen Islahat Hareketleri'nden Yeniçeri Ocağı'na bağlı Tulumbacılar Ocağı da etkilenmiştir. Vakay-ı Hayriye olarak adlandırılan Yeniçeri Ocağı'nın kaldırılması ile birlikte Asâkir-i Mansûre-i Muhammediye adında yeni bir modern ordu kurulmuştur. Önceleri Yeniçeri Ocağı'na bağlı olarak faaliyet gösteren Tulumbacılar Ocağı da bu olay ile birlikte kaldırılmış ve yerine mahalle tulumbacılığı getirilmiştir. (Söylemez, 2012: 37-38).

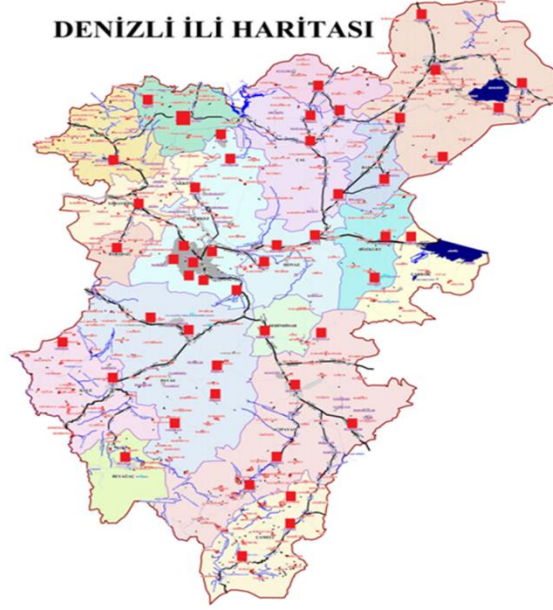
İtfaiye kavramı, Arapçadan dilimize girmiş bir kavram olup itfa fiilinden türemiş bir kelime olarak tanımlanmaktadır. İtfa, söndürmek anlamına gelir. İtfaiye ise yangın söndürme örgütü anlamına gelmektedir (Söylemez, 2012: 32).

İtfaiye teşkilatının görevi sadece yangınlara müdahale ederek can ve mal güvenliğini sağlamak olarak düşünülse de, 21.10.2006 tarihli ve 26326 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan, Belediye İtfaiye Yönetmeliği göre, itfaiye teşkilatının görevleri çok daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu görevler şunlardır.

- Yangınlara müdahale etmek ve söndürmek,
- Her türlü kaza, çökme, patlama, mahsur kalma ve benzeri durumlarda teknik kurtarma gerektiren olaylara müdahale etmek ve ilk yardım hizmetlerini yürütmek; arazide, su üstü ve su altında her türlü arama ve kurtarma çalışmalarını yapmak,
- Su baskınlarına müdahale etmek,
- Doğal afetler ve olağanüstü durumlarda kurtarma çalışmalarına katılmak,
- Sivil Savunma ile İlgili Şahsi Mükellefiyet, Tahliye ve Seyrekleştirme, Planlama ve Diğer Hizmetler Tüzüğü gereğince kurulan itfaiye servisi mükelleflerini eğitmek, nükleer, biyolojik, kimyasal maddeleri ile kirlenmelerde arıtma işlemlerine yardımcı olmak,
- Halkı, kurum ve kuruluşları itfaiye hizmetleri ile ilgili olarak bilgilendirmek, alınacak önlemler konusunda eğitmek ve bu konuda tatbikatlar yapmak,
- Kamu ve özel kuruluşlara ait itfaiye birimleri ile gönüllü itfaiye personelinin eğitim ve yetiştirilmesine yardım etmek; bunların bina, araç-gereç ve donanımlarının itfaiye standartlarına uygunluğunu denetlemek ve bu birimlere yangın yeterlilik belgesi vermek ve gerektiğinde bu birimlerle işbirliği yapmak,
- Belediye sınırları dışındaki olaylara müdahale etmek,
- Belediye sınırları içinde bacaları belediye meclisince tespit edilecek ücret karşılığında temizlemek veya temizlettirmek ve bacaları yangına karşı önlemler yönünden denetlemek,
- Talep edilmesi halinde orman yangınlarının söndürülmesi çalışmalarına katılmak,
- İmar planlarına göre parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı madde depolama yerlerini tespit etmek,

- İşyeri, eğlence yeri, fabrika ve sanayi kuruluşlarını yangına karşı önlemler yönünden denetlemek, bu konularda mevzuatın öngördüğü izin ve ruhsatları vermek,
- Belediye başkanının verdiği diğer görevleri yapmak.

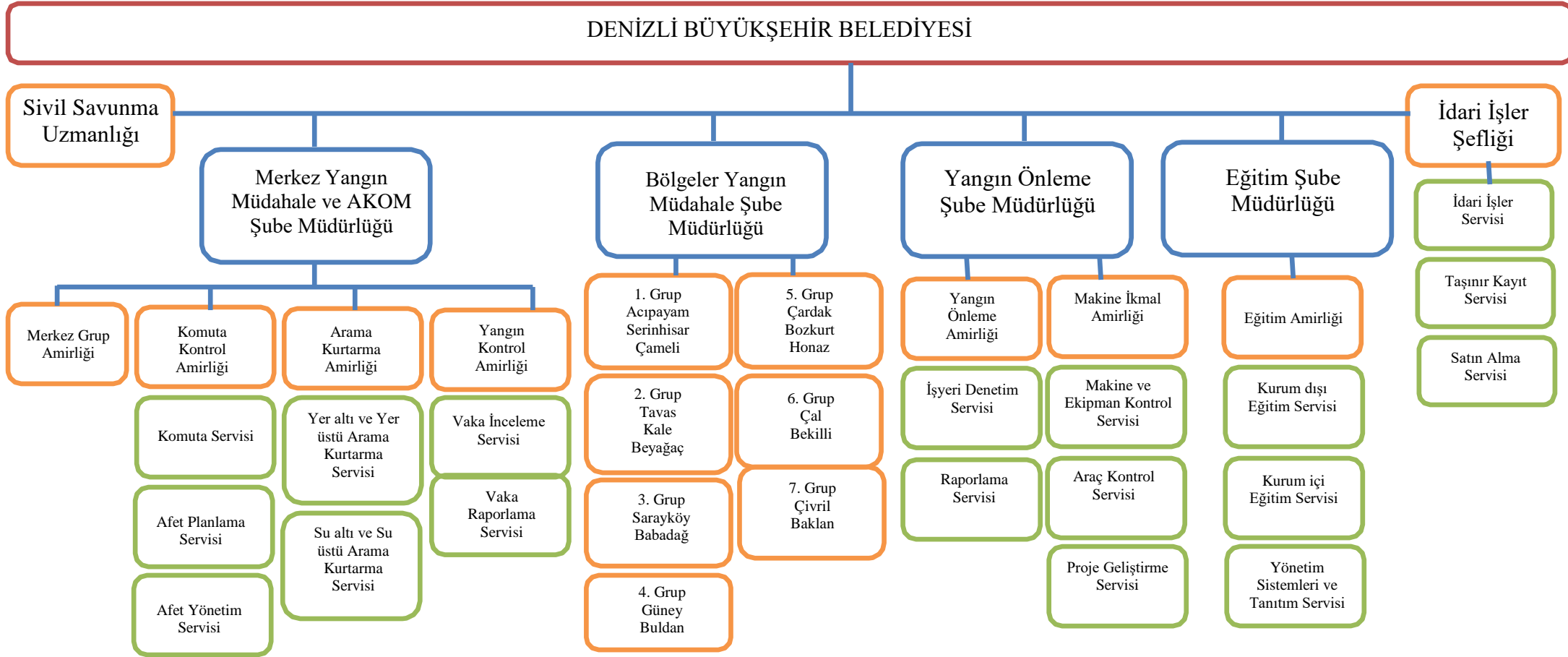
Harita 1: Denizli İli Haritası ve İtfaiye İstasyonları



Çalışmanın gerçekleştirildiği Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı, Denizli ili sınırları içerisinde yer alan 11.693 km² mücahir alanda, toplam 19 ilçe, 52 istasyon (52 istasyon içerisinde bölgelere dağılmış şekilde yer alan 10 istasyon yangın, trafik kazaları, arama, kurtarma gibi tüm olaylara müdahale edebilecek şekilde ekip ve ekipmanlara sahiptir) 100 itfaiye aracı ve 541 personel (369 personel daimi işçi statüsünde, 44 personel kadrolu işçi statüsünde ve geriye kalan 128 personel ise memur statüsünde çalışmaktadır) ile faaliyetlerini sürdürmektedir.

Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, Denizli İli sınırları içerisinde meydana gelebilecek çeşitli olaylar sonucunda can ve mal güvenliğini sağlamakla yükümlü olduğu nüfus yaklaşık olarak 1 milyon 80 bin kişidir. Bu nüfus içerisinde, itfaiye daire başkanlığına mevsimlere bağlı olarak yıl içerisinde ortalama 65.000 ihbar gelmekte ve ortalama 10.000 adet vakaya müdahale edilmektedir. Ayrıca yıl içerisinde ortalama 35.000 kişiye çeşitli eğitimler verilmekte, ortalama 3000 adet kamuya açık işyerinde de yangın denetimi gerçekleştirilmektedir.

Şekil 3: Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı Organizasyon Şeması



Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı şekil 3 te de görüldüğü üzere; Sivil Savunma Uzmanlığı Birimi ve İdari İşler Şefliği Birimi olmak üzere 2 adet birim ve Merkez Yangın Müdahale ve AKOM Şube Müdürlüğü, Bölgeler Yangın Müdahale Şube Müdürlüğü, Yangın Önleme Şube Müdürlüğü ve Eğitim Şube Müdürlüğü olmak üzere 4 adet şubeden meydana gelmektedir.

Merkez Yangın Müdahale ve AKOM Şube Müdürlüğü'ne bağlı olarak Merkez Grup Amirliği, Komuta Kontrol Amirliği, Arama Kurtarma Amirliği ve Yangın Kontrol Amirliği olmak üzere 4 adet birim vardır.

- **Merkez Grup Amirliği:** Denizli İl Merkezini oluşturan Pamukkale Belediyesi ve Merkezefendi Belediyesi sınırları içerisinde meydana gelen olaylara müdahale eden amirliğidir.
- **Komuta Kontrol Amirliği:** Komuta Servisi Birimi, Afet Planlama Servisi Birimi ve Afet Yönetim Servisi Birimlerinden meydana gelen Komuta Kontrol Amirliği, herhangi bir olay meydana geldiği zaman, o olayla ilgili gelen ihbarları değerlendirerek olay yerine en yakın ekibi yönlendirip en kısa sürede olaya müdahale edilmesini sağlayan amirliktir.
- **Arama Kurtarma Amirliği:** Yeraltı ve Yerüstü Arama Kurtarma Servisi Birimi ile Su altı ve Su üstü Arama Kurtarma Servisi Biriminden meydana gelen Arama Kurtarma Amirliği, deprem, çökme, patlama gibi afetler sonucunda yeraltında ve yer üstünde meydana gelen olaylara ile deniz, göl, akarsu gibi su altı ve sel baskını, su baskını gibi su üstünde meydana gelen olaylara müdahale eden amirliktir.
- **Yangın Kontrol Amirliği:** Vaka İnceleme Servisi Birimi ve Vaka Raporlama Servisi Biriminden meydana gelen Yangın Kontrol Amirliği, çeşitli nedenlerle meydana gelerek insanların hayatını tehlikeye atan durumlarda, tüm hukuksal süreçleri yürüten ve bu süreçleri raporlayan amirliktir.

Bölgeler Yangın Müdahale Şube Müdürlüğü'ne bağlı olarak 7 adet grup amirliği bulunmaktadır. Bu amirlikler merkez ilçeler olan Pamukkale ve Merkezefendi dışında kalan ilçeleri kapsamaktadır. Bu amirlikler şunlardır:

- **1. Grup Amirliği:** Acıpayam, Serinhisar ve ameli ilçelerini kapsamaktadır.
- **2. Grup Amirliği:** Tavas, Kale ve Beyağa ilçelerini kapsamaktadır.
- **3. Grup Amirliği:** Sarayköy ve Babadağ ilçelerini kapsamaktadır.
- **4. Grup Amirliği:** Güney ve Buldan İlçelerini kapsamaktadır.
- **5. Grup Amirliği:** ardak, Bozkurt ve Honaz ilçelerini kapsamaktadır.
- **6. Grup Amirliği:** al ve Bekilli ilçelerini kapsamaktadır.
- **7. Grup Amirliği:** Çivril ve Baklan ilçelerini kapsamaktadır.

Yangın nleme Şube Müdürlüğü'ne bağlı olarak Yangın nleme Amirliği ve Makine İkmal Amirliği olmak üzere 2 adet birimden meydana gelmektedir.

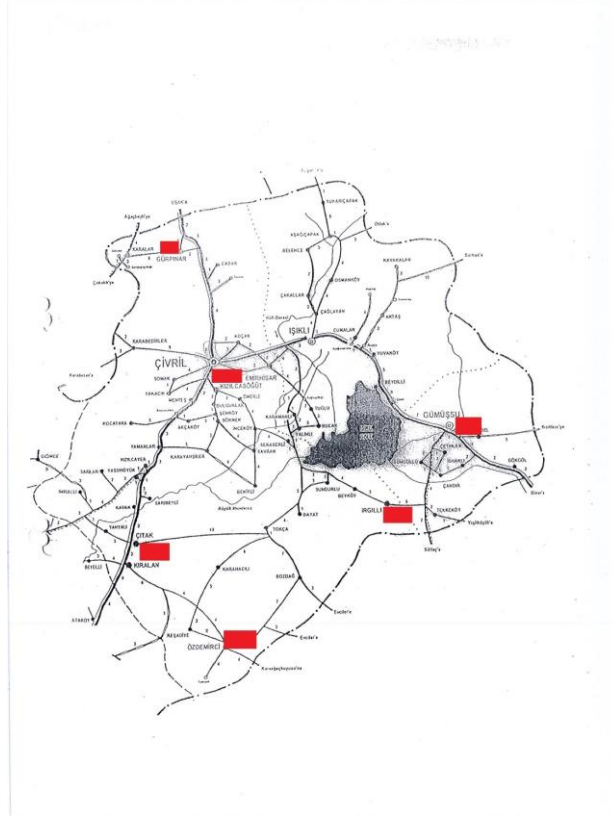
- **Yangın nleme Amirliği:** İŞyeri Denetim Servisi Birimi ve Raporlama Servisi Birimi'nden meydana gelen Yangın nleme Amirliği, ortalama 3000 adet kamuya açık iŐyerinin olası bir yangının önüne geçilebilmesi amacıyla gerekli olan tüm denetimleri yapması ve bu denetimlerin sonucunun raporlanmasını sağlayan amirliktir.

- **Makine İkmal Amirliği:** Makine ve Ekipman Kontrol Servisi Birimi, Araç Kontrol Servisi Birimi ve Proje Geliştirme Servisi Birimi'nden meydana gelen Makine İkmal Amirliği, yangın, deprem, sel, patlama, okme, arama, kurtarma gibi durumlarda kullanılan tüm araç gereçlerin bakımını yapılması, kullanıcı görüŐünün alınması ve dünyadaki trendlerin takip edilmesi ve diğer itfaiye teŐkilatlarında kullanılan araç gereçlerin araŐtırılarak itfaiye bünyesine kazandırılmasını sağlayan amirliktir.

Eğitim Şube Müdürlüğü'ne bağlı olarak yalnızca Eğitim Amirliği bulunmaktadır.

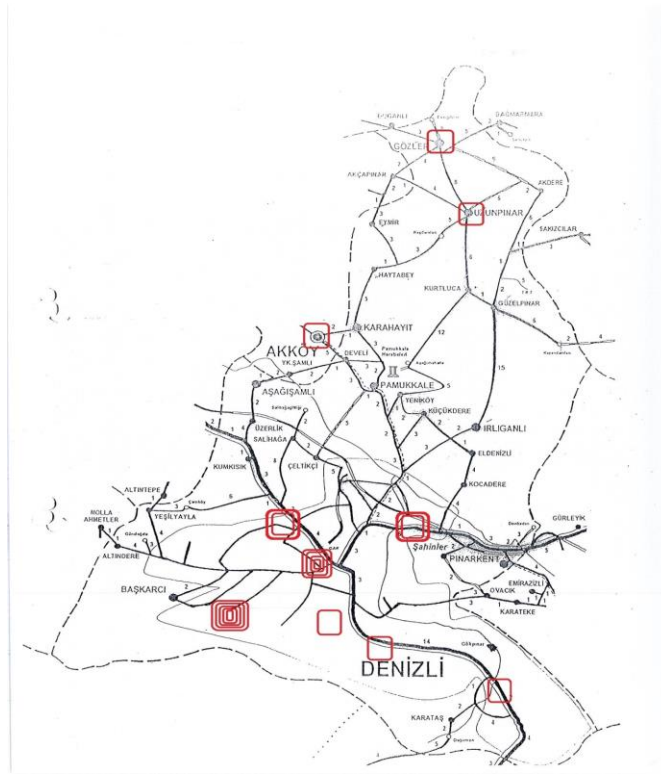
- **Eğitim Amirliği:** Kurum dıŐı Eğitim Servis Birimi, Kurum içi Eğitim Servis Birimi ve Yönetim Sistemleri ve Tanıtım Hizmetleri Birimi'nden meydana gelen Eğitim Amirliği, vatandaŐlarının meydana gelebilecek olumsuz durumlarda bilinçlendirilmesi ve ilk müdahaleleri yapabilmesi ve kendi bünyesindeki personelin eğitim yoluyla bilinçlendirilmesi için faaliyet gösteren amirliktir.

Harita 2: Çivril İlçesi Haritası ve İtfaiye İstasyonları



Bölgeler Yangın Müdahale Şube Müdürlüğü 7. Grup Amirliği'nde yer alan ve çalışmanın ilk kısmının gerçekleştirildiği Çivril Grup Amirliği; merkez istasyonu, Çıtak İstasyonu, Gümüşsu İstasyonu, Özdemiş İstasyonu, ve Gürpınar İstasyonu olmak üzere 5 istasyondan meydana gelmektedir. Çivril Grup Amirliği'nde faaliyet gösteren toplam 46 itfaiye eri ve 9 itfaiye aracı bulunmaktadır. Bu itfaiye erlerinden 22 tanesi merkez istasyonda, 6 tanesi Gürpınar İstasyonunda, 6 tanesi Gümüşsu İstasyonunda, 6 tanesi Çıtak İstasyonunda ve 6 tanesi Özdemiş İstasyonunda çalışmaktadır.

Harita 3: Merkez Grup Amirliği Haritası ve İtfaiye İstasyonları



Merkez Yangın Müdahale ve AKOM Şube Müdürlüğü'ne bağlı Merkez Grup Amirliği; Kayalık İstasyonu, Gümüşler İstasyonu, Bahçelievler İstasyonu, Bağbaşı İstasyonu, Cankurtaran İstasyonu, Kınıklı İstasyonu, Akkale İstasyonu, Akköy İstasyonu, Uzunpınar İstasyonu ve Gözler İstasyonu olmak üzere toplam 10 istasyondan oluşmaktadır. Bu istasyonlar içerisinde Kayalık İstasyonu toplam 43 itfaiye eri ile meydana gelen her türlü olumsuz duruma müdahale edebilecek durumdadır.

3.5. Çalışmanın Matematiksel Modeli

21.10.2016 tarihli 26326 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Belediye İtfaiye Yönetmeliği” gereğince 14.07.1965 tarihli 657 sayılı Devlet Memurları Kanununda ifade edilen çalışma sürelerine bağlı kalınmaksızın tatil günlerini de kapsayacak şekilde itfaiye erleri için bir çalışma sistemi oluşturulmuştur.

Bu çalışma 26326 sayılı yönetmelik dikkate alınarak, Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, Çivril Grup Amirliği, Kayalık İstasyonu ile görüşülmüş ve itfaiye erlerinin çalışma şartları hakkında bilgilere ulaşılmıştır. Bu bilgiler şunlardır:

- A- B- C adı verilen 3 vardiyalı bir sistem uygulanmaktadır.
- A- B- C vardiyalarından çalışma saatleri 8.30- 8.30 şekilde 24 saatlik çalışma zamanını kapsamaktadır.
- 24 saat çalışan bir itfaiye eri izleyen 2 gün (48 saat) dinlenmektedir.
- Çivril Grup Amirliği Merkez İstasyonda toplam 21 itfaiye eri ve 1 itfaiye şefi, Kayalık İstasyonu'nda ise 42 itfaiye eri, 1 itfaiye şefi ve 1 aşçı çalışmaktadır (İtfaiye şefleri ve Kayalık İstasyonu'nda çalışan aşçı vardiya usulü çalışmadığı için çalışmaya dâhil edilmemiştir).
- İtfaiye erlerinin aylık en fazla çalışabileceği çalışma saati 240 saattir.
- Bir itfaiye eri ayda en fazla 10 kez vardiyalı bir şekilde çalışmalıdır.
- Çivril Grup Amirliği Merkez İstasyonda bir vardiya da minimum 7 itfaiye eri ve Kayalık İstasyonu'nda bir vardiya da minimum 14 itfaiye eri çalışmalıdır.

İtfaiye erlerinin çalışma şartlarını gösteren amaç fonksiyonu ve kısıtların ifade edildiği ortak indisler şu şekilde gösterilmiştir:

İndisler:

$i = 1, 2, \dots, n$ toplam itfaiye eri sayısı

$j = 1, 2, \dots, m$ gün sayısı

$k = 1, \dots, p$ vardiya sayısı

x_{ijk} i. itfaiye erinin, ayın j. günü k. vardiyasında çalışıyorsa 1, aksi halde 0

v vardiya çalışma süresi

y_{ij} i. itfaiye erinin, ayın j. günü vardiyada çalışıyorsa 0, aksi halde 1

3.5.1. Çivril Grup Amirliği'nde İtfaiye Erlerinin Vardiya Planlanması

Çivril Grup Amirliği'nde çalışan itfaiye erlerin çalışma şartlarını gösteren amaç fonksiyonu ve kısıtlar şu şekilde gösterilmiştir:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (3.1)$$

Yukarıda ifade edilen amaç fonksiyonunda, itfaiye daire başkanlığında vardiyalara atanan itfaiye erlerinin sayısı en küçüklenecektir.

Kısıtlayıcılar:

Dinlenme kısıtı;

$$x_{ijk} = 1 - y_{ij} \quad \forall i, j, k \quad (3.1)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{i(j+1)k} + x_{i(j+2)k} \leq y_{ij} \quad \forall i, j \quad (3.2)$$

Yukarıda ifade edilen 3.1 numaralı kısıt, bir itfaiye erinin 24 saatlik bir vardiyada çalışması kısıtını ve 3.2 numaralı kısıt, vardiya sonrasını izleyen 2 gün yani 48 saat dinlenmesini ifade etmektedir.

Vardiyada çalışması gereken kişi sayısı kısıtı;

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq 7 \quad \forall j, k \quad (3.3)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (3.4)$$

Yukarıda ifade edilen 3.3 numaralı kısıt ile bir vardiya da minimum 7 itfaiye erinin çalışmasını ve 3.4 numaralı kısıt ile itfaiye erlerinin bir vardiyaya 1 kez atanması ifade edilmiştir.

Atama kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} \leq 10 \quad \forall i \quad (3.5)$$

Yukarıda ifade edilen 3.5 numaralı kısıt, bir itfaiye erinin bir ay içerisinde en fazla 10 kez 24 saatlik vardiyaya atanabileceğini ifade etmektedir.

Aylık çalışma süresi kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} * v \leq 240$$

Vi (3.6)

Yukarıda ifade edilen 3.6 numaralı aylık çalışma süresi kısıtı, bir itfaiye erinin bir ay içerisinde toplam çalışma süresinin 240 saati aşamayacağını belirtmektedir.

GAMS matematiksel modeli ile optimum sonuca çok kısa bir sürede ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlar tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3: Çivril Grup Amirliği İtfaiye Eriği Çalışma Planı

		GÜNLER																													
		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
İTFAYE ERLERİ	X ₁		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₂	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₃		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₄		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₅			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₆		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₇			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₈		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₉		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₁₀		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₁₁			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₂	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₁₃			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₄	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₁₅	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		

Tablo 3: Çivril Grup Amirliği İtfaiye Erleri Çalışma Planı (Devam)

X ₁₆	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
X ₁₇			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
X ₁₈			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
X ₁₉			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
X ₂₀	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
X ₂₁	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		

Çivril Grup Amirliği Merkez İstasyonda çalışan itfaiye erlerinin çalışacağı vardiyalar için optimal çalışma planı hazırlanmıştır. Hazırlanan bu planın genel görünümü tablo 4 te gösterilmiştir.

Tablo 4: Çivril Grup Amirliği İtfaiye Erleri Çalışma Planı Genel Görünümü

VARDİYALAR	İTFAİYE ERLERİ	GÜNLER
A	$x_2, x_{12}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{20}$ ve x_{21}	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 ve 28
B	$x_1, x_3, x_4, x_6, x_8, x_9$ ve x_{10}	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26 ve 29
C	$x_5, x_7, x_{11}, x_{13}, x_{17}, x_{18}$ ve x_{19}	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 ve 30

3.5.2. Kayalık İstasyonu'nda İtfaiye Erlerinin Vardiya Planlanması

Kayalık İstasyonu'nda çalışan itfaiye erlerin çalışma şartlarını gösteren amaç fonksiyonu ve kısıtlar ise şu şekilde gösterilmiştir:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (3.8)$$

Yukarıda ifade edilen amaç fonksiyonunda, itfaiye daire başkanlığında vardiyalara atanan itfaiye erlerinin sayısı en küçüklenecektir

Kısıtlayıcılar:

Dinlenme kısıtı;

$$x_{ijk} = 1 - y_{ij} \quad \forall i, j, k \quad (3.9)$$

$$\sum_k^p x_{i(j+1)k} + x_{i(j+2)k} \leq y_{ij} \quad \forall i, j \quad (3.10)$$

Yukarıda ifade edilen 3.9 numaralı kısıt, bir itfaiye erinin 24 saatlik bir vardiyada çalışması kısıtını ve 3.10 numaralı kısıt, vardiya sonrasını izleyen 2 gün yani 48 saat dinlenmesini ifade etmektedir.

Vardiyada çalışması gereken kişi sayısı kısıtı;

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq 14 \quad \forall j, k \quad (3.11)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (3.12)$$

Yukarıda ifade edilen 3.11 numaralı kısıt ile bir vardiya da minimum 14 itfaiye erinin çalışmasını ve 3.12 numaralı kısıt ile itfaiye erlerinin bir vardiyaya 1 kez atanması ifade edilmiştir.

Atama kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} \leq 10 \quad \forall i \quad (3.13)$$

Yukarıda ifade edilen 3.13 numaralı atama kısıtı, bir itfaiye erinin bir ay içerisinde en fazla 10 kez 24 saatlik vardiyaya atanabileceğini ifade etmektedir.

Aylık çalışma süresi kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} * v \leq 240 \quad \forall i \quad (3.14)$$

Yukarıda ifade edilen 3.14 numaralı aylık çalışma süresi kısıtı, bir itfaiye erinin bir ay içerisinde toplam çalışma süresinin 240 saati aşamayacağını belirtmektedir.

GAMS matematiksel modeli ile optimum sonuca çok kısa bir sürede ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlar tablo 5 te gösterilmiştir.

Tablo 5: Kayalık İstasyonu İtfaiye Eleri Çalışma Planı

		GÜNLER																													
		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
İTFAYE ERLERİ	X ₁			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₂	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₃	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₄	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₅	*			*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X ₆		*			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X ₇			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₈			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₉			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₀			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₁			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₂			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₃			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₄			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X ₁₅			*			*			*			*			*			*			*			*			*			*

Tablo 5: Kayalık İstasyonu İtfaiye Erleri Çalışma Planı (Devam)

İTFAYE ERLERİ	X16	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X17	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X18	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X19	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X20	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X21	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X22	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X23	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X24	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X25	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X26	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X27	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X28	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X29	*			*			*			*			*			*			*			*			*
	X30	*			*			*			*			*			*			*			*			*
X31	*			*			*			*			*			*			*			*			*	

Tablo 5: Kayalık İstasyonu İtfaiye Epleri Çalışma Planı (Devam)

İTFAYE ERLERİ	X32	*			*			*			*			*			*			*			*			*			
	X33		*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X34			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X35		*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X36		*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X37			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X38	*			*			*			*			*			*			*			*			*			
	X39		*			*			*			*			*			*			*			*			*		
	X40			*			*			*			*			*			*			*			*			*	
	X41	*			*			*			*			*			*			*			*			*			
	X42			*			*			*			*			*			*			*			*			*	

Kayalık İstasyonu'nda çalışan itfaiye erlerinin çalışacağı vardiyalar için optimal çalışma planı hazırlanmıştır. Hazırlanan bu planlamanın genel görünümü tablo 6 da gösterilmiştir.

Tablo 6: Kayalık İstasyonu İtfaiye Erleri Çalışma Planı Genel Görünümü

VARDİYALAR	İTFAYE ERLERİ	GÜNLER
A	X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₁₉ , X ₂₀ , X ₂₃ , X ₂₅ , X ₂₇ , X ₂₈ , X ₂₉ , X ₃₂ , X ₃₈ , X ₄₁	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 ve 28
B	X ₆ , X ₁₆ , X ₁₇ , X ₁₈ , X ₂₁ , X ₂₂ , X ₂₄ , X ₂₆ , X ₃₀ , X ₃₁ , X ₃₃ , X ₃₅ , X ₃₆ , X ₃₉	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26 ve 29
C	X ₁ , X ₇ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁ , X ₁₂ , X ₁₃ , X ₁₄ , X ₁₅ , X ₃₄ , X ₃₇ , X ₄₀ , X ₄₂	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 ve 30

SONUÇ

Dünya üzerinde, insanların istek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mal ve hizmet üreten sektörlerde yaşanan vardiya planlama problemi, ülkemizde de pek çok sektörde ortak sorunu teşkil etmektedir. Gelişmiş pek çok ülke bu problemi yapılan araştırmalar ve geliştirilen modellerle çözmüş olmasına rağmen, ülkemizde bu uygulamalar neredeyse hiç kullanılmamakta ve hala sorumlular tarafından manuel olarak oluşturulan planlamalar büyük maliyet getirmektedir. Bu şekilde oluşturulan planlamalar, çalışanlara dengesiz ve adaletsiz bir çalışma programı sunmaktadır (Karayel ve Atmaca, 2017: 129).

Çalışanların performansının ve firma verimliliğinin artışında doğrudan etkisi olan vardiya planlama probleminin, dengeli ve adaletli bir şekilde yapılmaması durumunda, çalışanların performansının azalmasına ve azalan performansa bağlı olarak firma verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır.

Dengeli ve adaletli bir şekilde oluşturulamayan planlamalar ile çalışmak zorunda olan çalışanlarda; uyku bozukluğu, yorgunluk, kalp ve damar hastalıkları, mide ve bağırsak hastalıkları, kanser gibi fiziksel rahatsızlıklar, depresyon, anksiyete bozukluğu, konsantrasyon bozukluğu, tükenmişlik sendromu gibi psikolojik rahatsızlıklar ile çalışanların hem ailevi yaşantısında hem de toplumsal yaşantısında sorunlar yaşamasına neden olmaktadır. Vardiyalı çalışma sistemi ile çalışanlarda meydana gelen bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla çalışanların, vardiyalarının etkin bir biçimde planlanması gerekmektedir.

Vardiya planlama, her bir vardiyada ihtiyaç duyulan çalışan sayısını optimal bir şekilde sağlayarak, çalışanların en uygun vardiyalara atanması problemi şeklinde tanımlanabilir. (Varlı, 2017: 6). Çalışanların çalışacakları vardiyaları optimal bir şekilde planlayan kamu ve özel sektörlerde, çalışanların çalışma performansının artması yanında söz konusu sektörlerde verimliliğin de artışına yardımcı olmaktadır.

Hem ülkemizde hem de dünya üzerinde vardiya planlama problemi ile ilgili çalışmalar yapan araştırmacıların çalışmaları incelendiğinde, hemşire planlama problemi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluktadır. Hemşire planlama problemi

yanında, özel güvenlik görevlilerin planlanması, polis memurlarının planlanması, doktorların planlanması, çağrı merkezi çalışanlarının planlanması, şoförlerin planlanması gibi çeşitli sektörlerde planlama problemi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak 7 gün 24 saat insanların can ve mal güvenliklerinin, hayvanların ise can güvenliklerinin sağlandığı itfaiye teşkilatında çalışan itfaiye erlerinin planlanmasını kapsayan bir çalışma olmadığı görülmüştür.

Bu tez çalışması, Denizli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı Çivril Grup Amirliği Merkez İstasyonunda ve Kayalık İstasyonu'nda çalışan itfaiye erlerinin aylık vardiyalarının planlanması amacıyla yapılmıştır. İtfaiye erlerinin aylık 240 saat çalışma kısıtı, bir ay içerisinde minimum 10 gün çalışma kısıtı, 24 saat çalışıp 48 saat dinleme kısıtı, bir vardiyaya atanan itfaiye erinin başka bir vardiyaya atanmama kısıtı, Çivril Grup Amirliği için bir vardiyada minimum 7, Kayalık İstasyonu'nda bir vardiya da minimum 14 itfaiye erinin çalışması ve tamsayı kısıtı dikkate alınmıştır. Bu problem, tamsayılı programlama tekniği ile modellenmiştir. Bu model, GAMS paket programına yazılarak, CPLEX çözücüsü yardımı ile çözülmüştür.

Bu çalışma ile birlikte itfaiye erlerinin çalışacakları vardiyalar, manuel şekilde hazırlanan planlamalara göre çok kısa bir süre içerisinde hazırlanmış ve daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile birlikte, itfaiye erlerinin çalışacakları vardiyalar sistemli bir hale getirilmiştir. İtfaiye erlerinin vardiyalarının belirlenmesinde kullanılan GAMS paket programı sayesinde, ileride vardiyalarda yapılabilecek değişiklikler kolay bir şekilde değiştirilerek, yeni bir planlama yapılmasına imkân tanıyacaktır. Standart hale getirilen çalışma tabloları ile itfaiye erlerinin çalışma kalitesinin artmasını sağlayacaktır.

Gelecekte itfaiye erlerinin vardiyalarının planlanması amacıyla çalışma yapacak olan araştırmacılara; çalışmaya farklı kısıtlar ekleyerek, farklı matematiksel programlama teknikleri (genetik algoritma, simülasyon, hedef programlama, sezgisel algoritmalar vb.) kullanarak, çalışanların tercihlerini dikkate alan esnek çalışmalar yaparak mevcut çalışma sistemi ile sonuçların karşılaştırılması önerilebilir. Ayrıca, çalışanların yaz tatil ve hastalıkları durumunda vardiyalarda değişikliği dikkate alan esnek vardiya sistemleri ele alınarak çalışma genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- Agyei, W., Denteh, W. O. Ve Andaam, E. A. (2015). "Modeling Nurse Scheduling Problem Using 0-1 Goal Programming: A Case Study Of Tafo Government Hospital, Kumasi-Ghana", *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4, 5-10.
- Akay, D. (2009). Filo Ataması Problemi ve Karmaşık Tam Sayı Programlama İle En İyileme Yöntemleri, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akyol Güner, T. (2010). Çalışma Yaşamında Vardiya Çalışması ve Uyku İle İlgili Özelliklerin Değerlendirilmesi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Alan, M. A. ve Yeşilyurt, C. (2004). "Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel İle Çözümü", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5/1, 151-162.
- Alharbi, A. ve AlQahtani, K. (2016). "A Genetic Algorithm Solution for the Doctor Scheduling Problem", *The Tenth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences*, 91-97.
- Alp, S. (2008). "Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7/13, 73-91.
- Alp, S., Yavuz, E. ve Ersoy, N. (2011). "Using Linear Goal Programming in Survey Engineering for Vertical Network Adjustment", *International Journal of the Physical Sciences*, 6/8, 1982-1987.
- Altan, A. (2013). Genetik Algoritmada Çaprazlama Operatörü İçin Benzerlik Ölçütü Geliştirilmesi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Al-Yakoob, S. M., & Sherali, H. D. (2007). Mixed-integer Programming Models for an Employee Scheduling Problem with Multiple Shifts and Work Locations", *Annals of Operations Research*, 155/1, 119-142.
- Andrade, C. E., Ahmed, S, Nemhauser, G. L. Ve Shao, Y. (2017). "A Hybrid primal Heuristic for Finding Feasible Solutions to Mixed Integer Programs", *European Journal of Operational Research*, 263/1, 62-71.
- Arpacı, F. (2007). "Vardiya Usulü Çalışmanın Hemşirelerin Sosyal Yaşamı ve Ev Yaşamı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi", *NWSA: Life Sciences*, 2/4, 71-79.
- Aydın, F. (2014). Avrupa Sosyal Şartı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Dış İlişkiler ve Yurtdışı İşçi Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kayıhan Ajans, Ankara.

- Azaiez, M. N., ve Al Sharif, S. S. (2005). "A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling", *Computers & Operations Research*, 32/3, 491-507.
- Bacak, B. ve Kazancı, E. (2014). "Türk Çalışma Hayatında Vardiyalı Gece Çalışan İşçilerin Karşılaştığı Fizyolojik, Psikolojik ve Sosyolojik Etkilerin Değerlendirilmesi", *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 3/6, 132-149.
- Bailey, R. N., Garner, K. M. ve Hobbs, M. F. (1997). "Using Simulated Annealing and Genetic Algorithms to Solve Staff-Scheduling Problems", *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 14/2, 27.
- Bambra, C. L., Whitehead, M. M., Sowden, A. J., Akers, J., Petticrew, M. P. (2008). "Shifting Schedules: The Health Effects of Reorganizing Shift Work", *American Journal of Preventive Medicine*, 34/5, 427-434.
- Barton, J., Folkard, S., Smith, L. ve Poole, C. (1994). "Effects On Health Of A Change From A Delaying To An Advancing Shift System", *Occupational and Environmental Medicine*, 51/11, 749-755.
- Baskııcı, M. (2014). "Ondokuzuncu Yüzyılda İstanbul'un Eski ve Yeni İtfaiye Teşkilatları ve Bir Yabancı'nın Gözlemleri", *Mülkiye*, 26/233, 175-189.
- Beaumont, N. (1997). "Scheduling Staff Using Mixed Integer Programming", *European Journal of Operational Research*, 98/3, 473-484.
- Bektur, G. ve Hasgöl, S. (2013). "Kıdem Seviyelerine Göre İşgücü Çizelgeleme Problemi: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15/2, 385-402.
- Biyani, P., Prakriya, S. Bagchi, A. ve Prasad, S. (2012). "Dynamic Programming Based Multi-User Resource Allocation For Partial Crosstak Cancellation in VDSL", *IEEE Communications Letters*, 16/3, 420-423.
- Bradley, P. (2006). "The History of Simulation in Medical Education and Possible Future Directions", *Medical Education*, 40/3, 254-262.
- Brunner, J. O., Bard, J. F. ve Kolisch, R. (2009). "Flexible Shift Scheduling Of Physicians", *Health Care Management Science*, 12/3, 285-305.
- Burke, E. K., Elliman, D. G. ve Weare, R. (1994). "A Genetic Algorithm Based University Timetabling System", *In Proceedings of the 2nd. East-West International Conference on Computer Technologies in Education*, 1, 35-40.
- Büyük, B. (2014). "Antraklı (Aralı) Çalışma Uygulamaları ve Yasal Mevzuat Çerçevesinde Bu Uygulamanın Sınırlarının Değerlendirilmesi", *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Müfettişliği Yardımcılığı Etüdü*.

- Büyükkeklik, M. (2007). Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modellerinin Kullanımı: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Cai, X. ve Li, K. N. (2000). "A Genetic Algorithm for Scheduling Staff of Mixed Skills Under Multi-Criteria", *European Journal of Operational Research*, 125/2, 359-369.
- Camkurt, M. Z. (2007). "İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerin İş Kazası Üzerindeki Etkisi", *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 20/6, 80-106.
- Ceylan, H. ve Haldenbilen, S. (2005). "Şehirler Arası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma İle Modellenmesi", *İMO Teknik Dergi*, 238, 3599-3618.
- Chen, J. G. ve Yeung, T. W. (1992). "Development of a Hybrid Expert System for Nurse Shift Scheduling", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9/4, 315-327.
- Choobineh, A., Soltanzadeh, A., Tabatabaee, H., Jahangiri, M. ve Khavaji, S. (2012). "Health Effects Associated With Shift Work In 12-Hour Shift Schedule Among Iranian Petrochemical Employees", *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 18/3, 419-427.
- Chu, S. C. (2007). "Generating, Scheduling and Rostering of Shift Crew-Duties: Applications at the Hong Kong International Airport", *European Journal of Operational Research*, 177/3, 1764-1778.
- Ciritcioğlu, C., Akgün, S., Varlı, E., & Tamer, E. (2017). "Kırıkkale Üniversitesi Güvenlik Görevlileri İçin Vardiya Çizelgeleme Problemine Bir Çözüm Önerisi.", *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9/2, 1-23.
- Costa, G. (2010). "Shift Work and Health: Current Problems and Preventive Actions", *Safety and health at Work*, 1/2, 112-123.
- Çalışkan, F., Yüksel, H. ve Dayık, M. (2016). "Genetik Algoritmaların Tasarım Sürecinde Kullanılması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 5/2, 21-27.
- Çetindere, A. (2009). Kapasite Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Çetindere, A., Sevim, Ş. ve Duran, C. (2010). "Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, 271-300.

- Çörekçi, C. (2014). Atölye Tipi Üretimde Simülasyon Teknikleri İle Dinamik Çizelgeleme Ve Atölye Simülasyonu, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Darst, R. B. (1991). Introduction to Linear Programming, Marcel Dekker Inc., New York.
- Dean, J. (2008). “Staff Scheduling by A Genetic Algorithm with A Two-Dimensional Chromosome Structure”, *In Proc of the 7th Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, 1-15.
- Demirbilek, T. (2004). “Vardiyalı Çalışmanın Kadının Aile ve Sosyal Yaşamına Etkisi”, *Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1/7, 77-98.
- Dinçer, D. (2006) Benzetim Tekniği ile Çağrı Merkezlerinde Vardiya Planlama (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Durmuş, B. (2018). Tamsayı Programlamada Klasik ve Greedy Sezgisel Algoritma Sonuçlarının Karşılaştırılması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Durmuş, D. ve Bölükbaşı, N. (2007). “Kronik Yorgunluk Sendromuna Güncel Bir Bakış”, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 53/2, 69-73.
- Efroymsen, M. A. ve Ray, T. L. (1966). “A Branch-Bound Algorithm for Plant Location”, *Operations Research*, 14/3, 361-368.
- Ekmekçi, N. (2015). Sanayi İşletmelerinde Üretim Planlaması ve Doğrusal Program İle Bir Sanayi İşletmesinde Optimizasyon Uygulaması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Elomri, A., Elthlatiny, S. ve Sidi Mohamed, Z. (2015). “A Goal Programming Model for Fairly Scheduling Medicine Residents”, *International Journal of Supply Chain Management*, 4/2, 6-10.
- Erdoğan, G., Erkut, E., Ingolfsson, A. ve Laporte, G. (2010). “Scheduling Ambulance Crews for Maximum Coverage”, *Journal of The Operational Research Society*, 61/4, 543-550.
- Erdut, Z. (2002). “Avrupa Birliği’nde İş Sürelerinin Düzenlenmesi ve Türkiye”, *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 17, 1-18
- Ergülen, A., Kazan, H. ve Kaplan, M. (2005). “İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu İçin Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, 163-172.
- Erkal S. ve Coşkuner, S. (2010). “Bir Hastanede Çalışan Ev İdaresi Personelinin İş Kazası Geçirme Durumunun ve Kazalardan Korunmak İçin Aldıkları Önlemlerin İncelenmesi”, *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 13/1, 45-62.

- Ertuğrul, İ, ve Özçil, A. (2016). “Siyasi Parti Mitinglerinin Gezgin Satıcı Problemi Yaklaşımı İle Analizi”, *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4/4, 223-238.
- Finn, P. (1981). “The Effects of Shift Work on The Lives of Employees”, *Monthly Lab. Rev.*, 104, 31-35.
- Flaudas, C. A. ve Pardalos, P. M. (2009). *Encyclopedia of Optimization*, Springer, New York.
- Gedikli, F. G. (2008). Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşyerinde, Vardiya Sistemi ile Yapılan Çalışmanın Sağlık ve Güvenlik Üzerine Etkileri, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gen, M. ve Cheng, R. (1997). *Genetic Algorithms & Engineering Design*, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Gerz, M. (2017). Vardiya Usulü Çalışan Ebe Ve Hemşirelerde Beslenme Durumunun Saptanması ve Obezite ile İlişkilendirilmesi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Okan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ghiani, G., Manni, E. ve Quaranta, A. (2010). “Shift Scheduling Problem Sama-Dat Courier Industry”, *Transportation Science*, 44/1, 116-124.
- Glover, F. ve Laguna, M. (1997). *Tabu Search*, Springer, New York.
- Gordon, L. ve Erkut, E. (2004). “Improving Volunteer Scheduling for the Edmonton Folk Festival”, *Interfaces*, 34/5, 367-376.
- Gözen, Ş. (2007). Bulanık Esnek Akış Tipi Çok Prosesli Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ve Tavlama Benzetimi İle Çözümü, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gülenç, İ. F. ve Karabulut, B. (2005). “Doğrusal Hedef Programlama İle Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9, 55-68.
- Güler, A. (2008). Tamsayılı Programlama Problemleri İçin Garanti Değerli Algoritmalar, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güler, M. G., İdi, K. ve Güler, E. Y. (2013). “A Goal Programming Model for Scheduling Residents in an Anesthesia and Reanimation Department”, *Expert Systems with Applications*, 40/6, 2117-2126.
- Gürbüz, H. ve Cömert, E. (2015). “Bakım Planlama Faaliyetlerinde Tamsayılı Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama”, *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 4/7, 101-122.

- Hasan, M. ve Arefin, R. (2017). "Application of Linear Programming in Scheduling Problem", *Dhaka University Journal of Science*, 65/2, 145-150.
- Haupt, R. L. ve Haupt, S. E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- Hidri, L., & Labidi, M. (2016). "Optimal Physicians Schedule in an Intensive Care Unit", *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 8/10, 814-818.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (2001). *Introduction Operations Research*, McGraw-Hill International Edition, New York.
- http://www.mfa.gov.tr/avrupa-konseyi_.tr.mfa, Sın Erişim Tarihi: 01.07.2018.
- <http://www.sgk.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 30.12.2017.
- <https://www.gams.com/>, Son Erişim Tarihi: 25.05.2018
- Hung, E. W. M., Aronson, K. J., Leung, M., Day, A. ve Tranmer, J. (2016). "Shift Work Parameters and Disruption of Diurnal Cortisol Production in Female Hospital Employees", *Chronobiology international*, 33/8, 1045-1055.
- Ignizio, J. P. (1985). *Introduction to Linear Goal Programming*, California: Sage Publication Inc.
- İncir, G. (1998). *Çoklu Vardiya Çalışmasının Ergonomik Tasarımı*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- İşler, M. (2009). *Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Doyumsuz Algoritma İle Çözümü: Bir Hazır Giyim İşletmesine Uygulanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jenal, R., Ismail, W. R., Yeun, L. C. ve Oughalime, A. (2011). "A Cyclical Nurse Schedule Using Goal Programming", *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 43/3, 151-164.
- Jiao, L ve Wang, L. (2000). "A Novel Genetic Algorithm Based on Immunity", *IEEE Transactions on Systems, and Cybernetics-part A: Systems and Humans*, 30/5, 552-561.
- Karayel, S. D. ve Atmaca, E. (2017). "Özel Bir Hastane İçin Hemşire Çizelgeleme Problemi", *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21/2, 111-132.
- Kawanaka, H., Yamamoto, K., Yoshikawa, T., Shinogi, T. ve Tsuruoka, S. (2001). "Genetic Algorithm With The Constraints For Nurse Scheduling Problem", *In Evolutionary Computation, 2001. Proceedings of the 2001 Congress on. IEEE*, 2, 1123-1130.

- Kazancı Yabanova, E. (2016). Gece Vardiyasının İşçiler Üzerinde Yarattığı Fizyolojik, Psikolojik, Sosyolojik ve İş Kazası Etkilerine İlişkin Bir Alan Araştırması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Keleş, S., Başkent, E. Z. ve Kadıpğulları, A. İ. (2009). “Orman Amenajman Planlarının Sümülasyon Tabanlı Planlanması: Kavramsal Çerçeve”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9/2, 136-145.
- Knust, S. ve Schumacher, E. (2011). “Shift Scheduling for Tank Trucks”, *Omega*, 39/5, 513-521.
- Knutson, D. L., Marquis, L. M., Ricchiute, D. N. ve Saunders, G. J. (1980). “A Goal Programming model For Achieving Racial Balance in Public Schools”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 14/3, 109-116.
- Kolman, B. ve Beck, R. E. (1980). *Elementary Linear Programming with Application*, Academic Press, London.
- Korkusuz, R. (2005) “Vardiyalı (Postalar Halinde) Çalışma ve Türk İş Hukukundaki Düzenlemesi”, *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 9/1-2, 1-18.
- Koruca, H. İ. (2010). “Simülasyon Destekli Vardiya Planlama Modülü Geliştirilmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25/3, 469-482.
- Küçük, A. (2016). Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu ve Bir Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Lee, C. W. ve Kwak, N. K. (1999). “Information Resource Planning for a Health-Care System Using an AHP-Based Goal Programming Method”, *Journal of the Operational Research Society*, 50/12, 1191-1198.
- Li, J. ve Kwan, R. S. (2003). “A Fuzzy Genetic Algorithm for Driver Scheduling”, *European Journal of Operational Research*, 147/2, 334-344.
- Lin, H. T., Chen, Y. T., Chou, T. Y. ve Liao, Y. C. (2012). “Crew Rostering with Multiple Goals: An Empirical Study”, *Computers & Industrial Engineering*, 63/2, 483-493.
- Louly, M. A. O. (2013). “A Goal Programming Model for Staff Scheduling at a Telecommunications Center”, *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 1-12.
- Mathirajan, M. ve Ramanathan, R. (2007). “A (0–1) Goal Programming Model for Scheduling the Tour of a Marketing Executive”, *European Journal of Operational Research*, 179/2, 554-566.
- Matousek, J. ve Gartner, B. (2007). *Understanding and Using Linear Programming*, Springer, New York.

- Mehroolhassani, M. H. ve Jahromi, V. K. (2016). "Application Of Goal Programming To Improve Human Resource Allocation For Urban Family Physician Plan In Iran ", *Journal of Health Management and Informatics*, 3/3, 94-99.
- Milano M. (2003). *Constraint and Integer Programming: Toward a Unified Methodology*, Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.
- Min, H. (1987). "A Disaggregate Zero-One Goal Programming Model for the Flexible Staff Scheduling Problem", *Socio-Economic Planning Sciences*, 21/4, 271-282.
- Molnar, I. (2005). "Simulation and Optimisation", *Society and Economy*, 27/2, 213-226.
- Mutingi, M. ve Mbohwa, C. (2014). "Health-care Staff Scheduling in a Fuzzy Environment: A Fuzzy Genetic Algorithm Approach", *In Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* 3038-3047.
- Neapolitan, R. E. (2015). *Foundations of Algorithms*, Jones & Bartlett Learning, Burlington.
- Odabaşı, M. ve Eke, H. (1981). *Kapasite Kullanımı Açısından Vardiya Düzeni*, MPM Yayınları, Ankara.
- Özcan, E. C., Varlı, E. ve Eren, T. (2017). "Hidroelektrik Santrallerde Vardiya Çizelgeleme Problemleri İçin Hedef Programlama Yaklaşımı", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10/4, 363-370.
- Özdemir, B. (2002). "ILO Temel Haklar ve İlkeler Bildirgesi" , *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 17/3, 18-27.
- Özer, M. ve Biçerli, K. (2003). "Türkiye’de Kadın İşgücünün Panel Veri Analizi", *Sosyal Bilimler Dergisi*, 55-86.
- Özgül Bilgin, H. (2013). *Bir Banka Şube Yer Seçiminde Hedef Programlama Uygulaması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi)*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özgür, H. ve Azaklı S. (2001). "Osmanlı’da Yangınlar ve İtfaiye Hizmetleri", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*", 1, 153-172.
- Özkalp, E. (1984). "Gece Vardiyası ve Çalışanlar Üzerine Olan Sosyo-Psikolojik Etkileri", *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2/2, 221-233.
- Özkan, M. (2014). *Bulanık Hedef Programlama ve Bir İşletme Üzerinde Uygulama, (Basılmamış Doktora Tezi)*, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Özkan, Ş. (2005). *Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri*, Nobel Yayınları, Ankara.

- Özkarahan, I. (1989). A Flexible Nurse Scheduling Support System”, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 30/2-3, 145-153.
- Öztürk, A. (2005). Yöneylem Araştırması, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Öztürk, L. (2004). “Monte-Carlo Simülasyon Metodu ve Bir İşletme Uygulaması”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 116-122.
- Papadimitriou, C. H. ve Steiglitz, K. (1988). Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Dover Publications Inc., New York.
- Patır, S. (2009). “Tamsayılı Programlama ve Malatya Maksan Trasformatör İşletmesine Bir Uygulama”, *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 23/1, 193-206.
- Pati, A.K., Chandrawanshi, A. ve Reinberg, A. (2001). “Shift work: Consequences and Management” , *Current Science*, 81/1, 32-52.
- Pease, E. C. ve Raether, K. A. (2003). “Shift Working and Wellbeing: A Physiological and Psychological Analysis of Shift Workers”, *UW-L J Under Research*, 1-5.
- Pekşen Arı, Ö. (2013). Vardiyalı Çalışma Düzeninin İş Göreninin İşten Ayrılma Niyetine Etkisi, Bursa’daki Beş Yıldızlı Şehir Otellerinde Bir Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.
- Pham, D. T. ve Karaboğa, D. (2000). Intelligent Optimisation Techniques, Simulated Annealing and Neural Networks, Springer, Londra.
- Polat, B. (2015). Monte Carlo Simülasyon Analizinin Güç Fonksiyonları ile Belirlenmesi ve BİST-100 Üzerine Bir Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C., Sharer, E. Ve Setzler, H. (2011). “Ambulance Deployment and Shift Scheduling: Integrated Approach”, *Journal of Service and Management*, 4, 66-78.
- Rocha, M., Oliveira, J. F. ve Carravilla, M. A. (2013). “Cyclic Staff Scheduling: Optimization Models for Some Real-Life Problems”, *Journal of Scheduling*, 16/2, 231-242.
- Romero, C. (1991). Handbook of Critical Issues in Goal Programming, Pergamon, New York.
- Sadjadi, S. J. ve Esboei, A. A. (2012). “A Multi-Objective Programming to Increase Labor Efficiency of a Truck Hub: A Case Study”, *International Journal of Industrial Engineering*, 23/2, 155-162.
- Sariaslan, H. ve Karacabey, A. A. (2003). İşletmelerde Sayısal Analizler, Turhan Kitapevi, Ankara.

- Selvi, Y., Özdemir, P. G., Özdemir, O., Aydın, A. ve Beşiroğlu, L. (2010). “Sağlık Çalışanlarında Vardiyalı Çalışma Sisteminin Sebep Olduğu Genel Ruhsal Belirtiler ve Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi”, *Düşünen Adam Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Dergisi*, 23/4, 238-243.
- Sezgin, T. (2013). “Çalışma Süresi Modellerindeki Değişim ve Çalışan Sağlığı Üzerine Etkileri”, *Çalışma Dünyası Dergisi*, 1/1, 137-143.
- Shi, Y. (2001). *Multiple Criteria and Multiple Constraint Levels Linear Programming Concepts, Techniques and Application*, World Scientific, London.
- Sivanandam, S. N. ve Deepa, S. N. (2008). *Introduction to Genetic Algorithms*, Springer, Berlin.
- Sizane, N. F. ve Van Rensburg, E. (2011). “Night Shift Working Mothers: Mutual Perceptions With Adolescent Children”, *Journal of Psychology in Africa*, 21/1, 71-78.
- Sönmez, S., Ursavaş, A., Uzaslan, E., Ediger, D., Karadağ, M., Gözü, R. O. ve Ege, E. (2010). “Vardiyalı Çalışan Hemşirelerde Horlama, Uyku Bozuklukları ve İş Kazaları”, *Tur Toraks Der*, 11, 105-108.
- Söylemez, A. (2012). “Bir Yerel Hizmet Birimi Olarak İtfaiye’nin Tarihi”, *Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 15/2, 29-47.
- Stevanovic, O., Kekic, D., Konya, V. ve Milenkovic, M. (2016). “The Use of Linear Programming for Determining Number of Fire-Fighters on Shifts in Case of Special Events”, *Acta Polytechnica Hungarica*, 13/5, 155-167.
- Sungur, B. (2008). Bir Güzellik Salonunun Tur Çizelgeleme Problemi İçin Karma Tamsayılı Hedef Programlama Modelinin Geliştirilmesi”, *Istanbul University Journal of the School of Business*, 37/1, 49-64.
- Şengül, Ü. (2010). Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayılı Programlama Modeli ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü İçin Bir Uygulama, (Basılmamış Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Şenol, A. (2014). Türk Çalışma Hayatının Uluslararası Standartlar Bakımından Durumu, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Şenol, U. (2015). Bir Sanayi Kuruluşundaki Vardiyalı ve Vardiyasız Çalışanların Anksiyete ve Depresyon Düzeylerinin Yaşam Kalitesine Etkisi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Taha, H. A. (2000). *Yöneylem Araştırması* (Çeviren: Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf), Literatür Yayıncılık, İstanbul.

- Tamiz, M, Jones, D. ve Romero, C. (1998). “Goal Programming for Desicion Making: An Overview of the Current State-of-the-Art”, *European Journal of Operational Research*, 111/3, 569-581.
- Tamiz, M., Jones, D. F. ve El-Darzi, E. (1995). “A Review of Goal Programming and Its Application”, *Annals of Operations Research*”, 58/1, 39-53.
- Tamış, S. (2010). Vardiyalı Çalışma Sistemindeki Şikâyetlerin İşgören Motivasyonuna Etkisi: Gaziantep İli Halıcılık Sektörü Çalışanları Üzerinde Bir Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
- Taş, E. (2012). Vardiyalı ve Vardiyasız Çalışan Hemşirelerin Uyku İle İlgili Özelliklerin Karşılaştırılması, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Teyyar, İ. T.(1996). Tamsayılı Programlama ve Lastik Sanayii Üzerine Bir Uygulama, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Todovic, D., Makajic-Nikolic, D., Kostic-Stankovic, M. ve Martic, M. (2015). “Police Officer Scheduling Using Goal Programming”, *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 38/2, 295-313.
- Topal, T., Öter, S. ve Korkmaz, A. (2009). “Melatonin ve Kansere İlişkisi”, *Genel Tıp Dergisi*, 19/3, 137-143.
- Topaloglu, S. ve Özkarahan, I. (2004). “An İmplicit Goal Programming Model For The Tour Scheduling Problem Considering The Employee Work Preferences”, *Annals of Operations Research*, 128/1-4, 135-158.
- Tsai, C. C. ve Li, S. H. (2009). “A Two-Stage Modeling with Genetic Algorithms for the Nurse Scheduling Problem”, *Expert Systems with Applications*, 36/5, 9506-9512.
- Tunçcan, N. (2000). “AB’de Çocuk İstihdamı”, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 41-42, 335-357.
- Türkoğlu, S. P. (2017). “Karar Vermede Hedef Programlama Yöntemi Ve Uygulamaları”, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1/2, 29-46.
- Tütek, H. H. ve Gümüsoğlu, Ş. (2008). Sayısal Yöntemler Yönetmelik Yaklaşımlar, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Ungru, K. ve Jiang, X. (2017). “Dynamic Programming Based Segmentation in Biomedical Imaging”, *Computational and Structural Biotechnoloh Journal*, 15, 255-246.

- Varlı, E. (2017). İmalat Sektöründe Formenler İçin Vardiya Çizelgeleme Probleminin AHP-Hedef Programlama İle Çözümü, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Varlı, E. ve Eren, T. (2017). “Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10/2, 185-197.
- Warner, D. M. (1976). “Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach”, *Operations Research*, 24/5, 842-856.
- Winston, W. L. (2004), *Operations Research Applications and Algorithms*, Belmont, Thomson Brooks Cole, California.
- Wren, A. ve Wren, D. O. (1995). “A Genetic Algorithm for Public Transport Driver Scheduling”, *Computers & Operations Research*, 22/1, 101-110.
- Yalın, H. (2016). “Yoğun Bakımda Uykusuzluk”, *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 20/1, 9-15.
- Yanmaz, Ö. (2016). Bir Devlet Hastanesinin Acil Servis Biriminde Çalışan Doktorların Vardiyalarının Çizelgelenmesi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yeh, J. Y. ve Lin, W. S. (2007). “Using Simulation Technique And Genetic Algorithm to Improve the Quality Care of A Hospital Emergency Department”, *Expert Systems with Applications*, 32/4, 1073-1083.
- Yıldırım, K. (2001). “Uluslararası Düzenlemelerde Fazla Çalışma ve Ülke Uygulamaları” , *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 23/4, 34-103.
- Yıldız, A. N., Gedikli, F. G. ve Küçükbiçer, B. (2012). Vardiyalı Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Konuları, Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu Yayını, Aydoğdu Ofset Ankara.
- Yılmaz, A., Bozkurt, Y. ve İzci, F. (2008). “Kamu Örgütlerinde Çalışan Kadın İşgörenlerin Çalışma Yaşamlarında Karşılaştıkları Sorunlar Üzerine Bir Araştırma”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9/2, 89-114.
- Yılmaz, Z. (2004). Sayısal Yöntemler, Ekin Kitapevi, Bursa
- Yücel, M. ve Ulutaş, A. (2010). “Dinamik Programlamanın İşçilik Maliyetlerinin Minimizasyonunda Uygulanması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15/3, 271-290.
- Yüksel, İ. (2002). “Vardiyalı ve Vardiyasız Çalışan Hemşirelerin İş Güçlüğüünün Ayırt Edici Değişkenlerinin Belirlenmesi” , *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7/1, 199-210.

Yüksel, S. (2006). Vardiyalı Çalışma Sistemi ve Türk İş Mevzuatındaki Yeri, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.

Zolfaghari, S., Quan, V., El-Bouri, A. ve Khashayardoust, M. (2009). “Application of A Genetic Algorithm to Staff Scheduling in Retail Sector”, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 5/1, 20-47.

EKLER

EK-1:

Çivril Grup Amirliği'nde çalışan itfaiye erlerinin planlanması amacıyla formüle edilen ve kapalı halde ifade edilen matematiksel modelin açılımı:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{141}+X_{142}+X_{143}+X_{151}+X_{152}+ \\ & X_{153}+X_{161}+X_{162}+X_{163}+X_{171}+X_{172}+X_{173}+X_{181}+X_{182}+X_{183}+X_{191}+X_{192}+X_{193}+X_{1101}+X_{1102}+ \\ & X_{1103}+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_{11} \\ & 151+X_{1152}+X_{1153}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192} \\ & +X_{1193}+X_{1201}+X_{1202}+X_{1203}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X \\ & 1241+X_{1242}+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282} \\ & +X_{1283}+X_{1291}+X_{1292}+X_{1293}+X_{1301}+X_{1302}+X_{1303}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X \\ & 232+X_{233}+X_{241}+X_{242}+X_{243}+X_{251}+X_{252}+X_{253}+X_{261}+X_{262}+X_{263}+X_{271}+X_{272}+X_{273}+X_{281}+X_{282} \\ & +X_{283}+X_{291}+X_{292}+X_{293}+X_{2101}+X_{2102}+X_{2103}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131} \\ & +X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X \\ & 2172+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{2201}+X_{2202}+X_{2203}+X_{2211}+X_{2212}+X_{2213} \\ & +X_{2221}+X_{2222}+X_{2223}+X_{2231}+X_{2232}+X_{2233}+X_{2241}+X_{2242}+X_{2243}+X_{2251}+X_{2252}+X_{2253}+X_{2261}+X_{2} \\ & 262+X_{2263}+X_{2271}+X_{2272}+X_{2273}+X_{2281}+X_{2282}+X_{2283}+X_{2291}+X_{2292}+X_{2293}+X_{2301}+X_{2302}+X_{2303} \\ & +X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}+X_{341}+X_{342}+X_{343}+X_{351}+X_{352}+X_{353}+ \\ & X_{361}+X_{362}+X_{363}+X_{371}+X_{372}+X_{373}+X_{381}+X_{382}+X_{383}+X_{391}+X_{392}+X_{393}+X_{3101}+X_{3102}+X_{3103}+ \\ & X_{3111}+X_{3112}+X_{3113}+X_{3121}+X_{3122}+X_{3123}+X_{3131}+X_{3132}+X_{3133}+X_{3141}+X_{3142}+X_{3143}+X_{3151}+X_{3} \\ & 152+X_{3153}+X_{3161}+X_{3162}+X_{3163}+X_{3171}+X_{3172}+X_{3173}+X_{3181}+X_{3182}+X_{3183}+X_{3191}+X_{3192}+X_{3193} \\ & +X_{3201}+X_{3202}+X_{3203}+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}+X_{3261}+X_{3262}+X_{3263}+X_{3271}+X_{3272}+X_{3273}+X_{3281}+X_{3282}+X_{3283} \\ & +X_{3291}+X_{3292}+X_{3293}+X_{3301}+X_{3302}+X_{3303}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{431}+X_{432}+X \\ & 433+X_{441}+X_{442}+X_{443}+X_{451}+X_{452}+X_{453}+X_{461}+X_{462}+X_{463}+X_{471}+X_{472}+X_{473}+X_{481}+X_{482}+X_{483} \\ & +X_{491}+X_{492}+X_{493}+X_{4101}+X_{4102}+X_{4103}+X_{4111}+X_{4112}+X_{4113}+X_{4121}+X_{4122}+X_{4123}+X_{4131}+X_{413} \\ & 2+X_{4133}+X_{4141}+X_{4142}+X_{4143}+X_{4151}+X_{4152}+X_{4153}+X_{4161}+X_{4162}+X_{4163}+X_{4171}+X_{4172}+X_{4173}+ \\ & X_{4181}+X_{4182}+X_{4183}+X_{4191}+X_{4192}+X_{4193}+X_{4201}+X_{4202}+X_{4203}+X_{4211}+X_{4212}+X_{4213}+X_{4221}+X_{4} \\ & 222+X_{4223}+X_{4231}+X_{4232}+X_{4233}+X_{4241}+X_{4242}+X_{4243}+X_{4251}+X_{4252}+X_{4253}+X_{4261}+X_{4262}+X_{4263} \\ & +X_{4271}+X_{4272}+X_{4273}+X_{2281}+X_{4282}+X_{4283}+X_{4291}+X_{4292}+X_{4293}+X_{4301}+X_{4302}+X_{4303}+X_{511}+X_{5} \\ & 12+X_{513}+X_{521}+X_{522}+X_{523}+X_{531}+X_{532}+X_{533}+X_{541}+X_{542}+X_{543}+X_{551}+X_{552}+X_{553}+X_{561}+X_{562}+ \\ & X_{563}+X_{571}+X_{572}+X_{573}+X_{581}+X_{582}+X_{583}+X_{591}+X_{592}+X_{593}+X_{5101}+X_{5102}+X_{5103}+X_{5111}+X_{5112} \\ & +X_{5113}+X_{5121}+X_{5122}+X_{5123}+X_{5131}+X_{5132}+X_{5133}+X_{5141}+X_{5142}+X_{5143}+X_{5151}+X_{5152}+X_{5153}+X \\ & 5161+X_{5162}+X_{5163}+X_{5171}+X_{5172}+X_{5173}+X_{5181}+X_{5182}+X_{5183}+X_{5191}+X_{5192}+X_{5193}+X_{5201}+X_{5202}+ \\ & X_{5203}+X_{5211}+X_{5212}+X_{5213}+X_{5221}+X_{5222}+X_{5223}+X_{5231}+X_{5232}+X_{5233}+X_{5241}+X_{5242}+X_{5243}+X_{5} \\ & 251+X_{5252}+X_{5253}+X_{5261}+X_{5262}+X_{5263}+X_{5271}+X_{5272}+X_{5273}+X_{5281}+X_{5282}+X_{5283}+X_{5291}+X_{5292}+ \\ & X_{5293}+X_{5301}+X_{5302}+X_{5303}+X_{611}+X_{612}+X_{613}+X_{621}+X_{622}+X_{623}+X_{631}+X_{632}+X_{633}+X_{641}+X_{642} \end{aligned}$$

$X_{13141}+X_{13142}+X_{13143}+X_{13151}+X_{13152}+X_{13153}+X_{13161}+X_{13162}+X_{13163}+X_{13171}+X_{13172}+X_{13173}$
 $+X_{13181}+X_{13182}+X_{13183}+X_{13191}+X_{13192}+X_{13193}+X_{13201}+X_{13202}+X_{13203}+X_{13211}+X_{13212}+X_{13213}$
 $+X_{13221}+X_{13222}+X_{13223}+X_{13231}+X_{13232}+X_{13233}+X_{13241}+X_{13242}+X_{13243}+X_{13251}+X_{13252}+X_{13253}$
 $+X_{13261}+X_{13262}+X_{13263}+X_{13271}+X_{13272}+X_{13273}+X_{13281}+X_{13282}+X_{13283}+X_{13291}+X_{13292}+X_{13293}$
 $+X_{13301}+X_{13302}+X_{13303}+X_{1411}+X_{1412}+X_{1413}+X_{1421}+X_{1422}+X_{1423}+X_{1431}+X_{1432}+X_{1433}+X_{1441}$
 $+X_{1442}+X_{1443}+X_{1451}+X_{1452}+X_{1453}+X_{1461}+X_{1462}+X_{1463}+X_{1471}+X_{1472}+X_{1473}+X_{1481}+X_{1482}+$
 $X_{1483}+X_{1491}+X_{1492}+X_{1493}+X_{14101}+X_{14102}+X_{14103}+X_{14111}+X_{14112}+X_{14113}+X_{14121}+X_{14122}+X_{14123}$
 $+X_{14131}+X_{14132}+X_{14133}+X_{14141}+X_{14142}+X_{14143}+X_{14151}+X_{14152}+X_{14153}+X_{14161}+X_{14162}+X_{14163}$
 $+X_{14171}+X_{14172}+X_{14173}+X_{14181}+X_{14182}+X_{14183}+X_{14191}+X_{14192}+X_{14193}+X_{14201}+X_{14202}+$
 $X_{14203}+X_{14211}+X_{14212}+X_{14213}+X_{14221}+X_{14222}+X_{14223}+X_{14231}+X_{14232}+X_{14233}+X_{14241}+X_{14242}$
 $+X_{14243}+X_{14251}+X_{14252}+X_{14253}+X_{14261}+X_{14262}+X_{14263}+X_{14271}+X_{14272}+X_{14273}+X_{14281}+X_{14282}$
 $+X_{14283}+X_{14291}+X_{14292}+X_{14293}+X_{14301}+X_{14302}+X_{14303}+X_{1511}+X_{1512}+X_{1513}+X_{1521}+X_{1522}+X_{1523}$
 $+X_{1531}+X_{1532}+X_{1533}+X_{1541}+X_{1542}+X_{1543}+X_{1551}+X_{1552}+X_{1553}+X_{1561}+X_{1562}+X_{1563}+X_{1571}$
 $+X_{1572}+X_{1573}+X_{1581}+X_{1582}+X_{1583}+X_{1591}+X_{1592}+X_{1593}+X_{15101}+X_{15102}+X_{15103}+X_{15111}+X_{15112}$
 $+X_{15113}+X_{15121}+X_{15122}+X_{15123}+X_{15131}+X_{15132}+X_{15133}+X_{15141}+X_{15142}+X_{15143}+X_{15151}+X_{15152}$
 $+X_{15153}+X_{15161}+X_{15162}+X_{15163}+X_{15171}+X_{15172}+X_{15173}+X_{15181}+X_{15182}+X_{15183}+X_{15191}+X_{15192}$
 $+X_{15193}+X_{15201}+X_{15202}+X_{15203}+X_{15211}+X_{15212}+X_{15213}+X_{15221}+X_{15222}+X_{15223}+X_{15231}+X_{15232}$
 $+X_{15233}+X_{15241}+X_{15242}+X_{15243}+X_{15251}+X_{15252}+X_{15253}+X_{15261}+X_{15262}+X_{15263}+X_{15271}+X_{15272}$
 $+X_{15273}+X_{15281}+X_{15282}+X_{15283}+X_{15291}+X_{15292}+X_{15293}+X_{15301}+X_{15302}+X_{15303}+X_{1611}+X_{1612}$
 $+X_{1613}+X_{1621}+X_{1622}+X_{1623}+X_{1631}+X_{1632}+X_{1633}+X_{1641}+X_{1642}+X_{1643}+X_{1651}+X_{1652}+X_{1653}+X_{1661}$
 $+X_{1662}+X_{1663}+X_{1671}+X_{1672}+X_{1673}+X_{1681}+X_{1682}+X_{1683}+X_{1691}+X_{1692}+X_{1693}+X_{16101}+X_{16102}$
 $+X_{16103}+X_{16111}+X_{16112}+X_{16113}+X_{16121}+X_{16122}+X_{16123}+X_{16131}+X_{16132}+X_{16133}+X_{16141}+X_{16142}$
 $+X_{16143}+X_{16151}+X_{16152}+X_{16153}+X_{16161}+X_{16162}+X_{16163}+X_{16171}+X_{16172}+X_{16173}+X_{16181}+X_{16182}$
 $+X_{16183}+X_{16191}+X_{16192}+X_{16193}+X_{16201}+X_{16202}+X_{16203}+X_{16211}+X_{16212}+X_{16213}+X_{16221}+X_{16222}$
 $+X_{16223}+X_{16231}+X_{16232}+X_{16233}+X_{16241}+X_{16242}+X_{16243}+X_{16251}+X_{16252}+X_{16253}+X_{16261}+X_{16262}$
 $+X_{16263}+X_{16271}+X_{16272}+X_{16273}+X_{16281}+X_{16282}+X_{16283}+X_{16291}+X_{16292}+X_{16293}+X_{16301}+X_{16302}$
 $+X_{16303}+X_{1711}+X_{1712}+X_{1713}+X_{1721}+X_{1722}+X_{1723}+X_{1731}+X_{1732}+X_{1741}+X_{1742}+X_{1743}+X_{1751}+X_{1752}$
 $+X_{1753}+X_{1761}+X_{1762}+X_{1763}+X_{1771}+X_{1772}+X_{1773}+X_{1781}+X_{1782}+X_{1783}+X_{1791}+X_{1792}+X_{1793}+X_{17101}$
 $+X_{17102}+X_{17103}+X_{17111}+X_{17112}+X_{17113}+X_{17121}+X_{17122}+X_{17123}+X_{17131}+X_{17132}+X_{17133}+X_{17141}$
 $+X_{17142}+X_{17143}+X_{17151}+X_{17152}+X_{17153}+X_{17161}+X_{17162}+X_{17163}+X_{17171}+X_{17172}+X_{17173}+X_{17181}$
 $+X_{17182}+X_{17183}+X_{17191}+X_{17192}+X_{17193}+X_{17201}+X_{17202}+X_{17203}+X_{17211}+X_{17212}+X_{17213}+X_{17221}$
 $+X_{17222}+X_{17223}+X_{17231}+X_{17232}+X_{17233}+X_{17241}+X_{17242}+X_{17243}+X_{17251}+X_{17252}+X_{17253}+X_{17261}+X_{17262}$
 $+X_{17263}+X_{17271}+X_{17272}+X_{17273}+X_{17281}+X_{17282}+X_{17283}+X_{17291}+X_{17292}+X_{17293}+X_{17301}+X_{17302}$
 $+X_{17303}+X_{1811}+X_{1812}+X_{1813}+X_{1821}+X_{1822}+X_{1823}+X_{1831}+X_{1832}+X_{1833}+X_{1841}+X_{1842}+X_{1843}+X_{1851}+X_{1852}$
 $+X_{1853}+X_{1861}+X_{1862}+X_{1863}+X_{1871}+X_{1872}+X_{1873}+X_{1881}+X_{1882}+X_{1883}+X_{1891}+X_{1892}+X_{1893}+X_{18101}$
 $+X_{18102}+X_{18103}+X_{18111}+X_{18112}+X_{18113}+X_{18121}+X_{18122}+X_{18123}+X_{18131}+X_{18132}+X_{18133}+X_{18141}$
 $+X_{18142}+X_{18143}+X_{18151}+X_{18152}+X_{18153}+X_{18161}+X_{18162}+X_{18163}+X_{18171}+X_{18172}+X_{18173}+X_{18181}$
 $+X_{18182}+X_{18183}+X_{18191}+X_{18192}+X_{18193}+X_{18201}+X_{18202}+X_{18203}+X_{18211}+X_{18212}+X_{18213}+X_{18221}$
 $+X_{18222}+X_{18223}+X_{18231}+X_{18232}+X_{18233}+X_{18241}+X_{18242}+X_{18243}+X_{18251}+X_{18252}+X_{18253}+X_{18261}$
 $+X_{18262}+X_{18263}+X_{18271}+X_{18272}+X_{18273}+X_{18281}+X_{18282}+X_{18283}+X_{18291}+X_{18292}+X_{18293}+X_{18301}$
 $+X_{18302}+X_{18303}+X_{1911}+X_{1912}+X_{1913}+X_{1921}+X_{1922}+X_{1923}+X_{1931}+X_{1932}+X_{1933}+X_{1941}+X_{1942}$
 $+X_{1943}+X_{1951}+X_{1952}+X_{1953}+X_{1961}+X_{1962}+X_{1963}+X_{1971}+X_{1972}+X_{1973}+X_{1981}+X_{1982}+X_{1983}$
 $+X_{1991}+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}$
 $+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}$
 $+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}$
 $+X_{19211}+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X_{19243}$
 $+X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+X_{19283}$
 $+X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{2023}+X_{2031}$
 $+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+X_{2072}$
 $+X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112}$

$X_{1382}+X_{1383}+X_{1391}+X_{1392}+X_{1393}+X_{13101}+X_{13102}+X_{13103}+X_{13111}+X_{13112}+X_{13113}+X_{13121}+X_{13122}+X_{13123}+X_{13131}+X_{13132}+X_{13133}+X_{13141}+X_{13142}+X_{13143}+X_{13151}+X_{13152}+X_{13153}+X_{13161}+X_{13162}+X_{13163}+X_{13171}+X_{13172}+X_{13173}+X_{13181}+X_{13182}+X_{13183}+X_{13191}+X_{13192}+X_{13193}+X_{13201}+X_{13202}+X_{13203}+X_{13211}+X_{13212}+X_{13213}+X_{13221}+X_{13222}+X_{13223}+X_{13231}+X_{13232}+X_{13233}+X_{13241}+X_{13242}+X_{13243}+X_{13251}+X_{13252}+X_{13253}+X_{13261}+X_{13262}+X_{13263}+X_{13271}+X_{13272}+X_{13273}+X_{13281}+X_{13282}+X_{13283}+X_{13291}+X_{13292}+X_{13293}+X_{13301}+X_{13302}+X_{13303}+X_{1411}+X_{1412}+X_{1413}+X_{1421}+X_{1422}+X_{1423}+X_{1431}+X_{1432}+X_{1433}+X_{1441}+X_{1442}+X_{1443}+X_{1451}+X_{1452}+X_{1453}+X_{1461}+X_{1462}+X_{1463}+X_{1471}+X_{1472}+X_{1473}+X_{1481}+X_{1482}+X_{1483}+X_{1491}+X_{1492}+X_{1493}+X_{14101}+X_{14102}+X_{14103}+X_{14111}+X_{14112}+X_{14113}+X_{14121}+X_{14122}+X_{14123}+X_{14131}+X_{14132}+X_{14133}+X_{14141}+X_{14142}+X_{14143}+X_{14151}+X_{14152}+X_{14153}+X_{14161}+X_{14162}+X_{14163}+X_{14171}+X_{14172}+X_{14173}+X_{14181}+X_{14182}+X_{14183}+X_{14191}+X_{14192}+X_{14193}+X_{14201}+X_{14202}+X_{14203}+X_{14211}+X_{14212}+X_{14213}+X_{14221}+X_{14222}+X_{14223}+X_{14231}+X_{14232}+X_{14233}+X_{14241}+X_{14242}+X_{14243}+X_{14251}+X_{14252}+X_{14253}+X_{14261}+X_{14262}+X_{14263}+X_{14271}+X_{14272}+X_{14273}+X_{14281}+X_{14282}+X_{14283}+X_{14291}+X_{14292}+X_{14293}+X_{14301}+X_{14302}+X_{14303}+X_{1511}+X_{1512}+X_{1513}+X_{1521}+X_{1522}+X_{1523}+X_{1531}+X_{1532}+X_{1533}+X_{1541}+X_{1542}+X_{1543}+X_{1551}+X_{1552}+X_{1553}+X_{1561}+X_{1562}+X_{1563}+X_{1571}+X_{1572}+X_{1573}+X_{1581}+X_{1582}+X_{1583}+X_{1591}+X_{1592}+X_{1593}+X_{15101}+X_{15102}+X_{15103}+X_{15111}+X_{15112}+X_{15113}+X_{15121}+X_{15122}+X_{15123}+X_{15131}+X_{15132}+X_{15133}+X_{15161}+X_{15162}+X_{15163}+X_{15171}+X_{15172}+X_{15173}+X_{15181}+X_{15182}+X_{15183}+X_{15191}+X_{15192}+X_{15193}+X_{15201}+X_{15202}+X_{15203}+X_{15211}+X_{15212}+X_{15213}+X_{15221}+X_{15222}+X_{15223}+X_{15231}+X_{15232}+X_{15233}+X_{15241}+X_{15242}+X_{15243}+X_{15251}+X_{15252}+X_{15253}+X_{15261}+X_{15262}+X_{15263}+X_{15271}+X_{15272}+X_{15273}+X_{15281}+X_{15282}+X_{15283}+X_{15291}+X_{15292}+X_{15293}+X_{15301}+X_{15302}+X_{15303}+X_{1611}+X_{1612}+X_{1613}+X_{1621}+X_{1622}+X_{1623}+X_{1631}+X_{1632}+X_{1633}+X_{1641}+X_{1642}+X_{1643}+X_{1651}+X_{1652}+X_{1653}+X_{1661}+X_{1662}+X_{1663}+X_{1671}+X_{1672}+X_{1673}+X_{1681}+X_{1682}+X_{1683}+X_{1691}+X_{1692}+X_{1693}+X_{16101}+X_{16102}+X_{16103}+X_{16111}+X_{16112}+X_{16113}+X_{16121}+X_{16122}+X_{16123}+X_{16131}+X_{16132}+X_{16133}+X_{16141}+X_{16142}+X_{16143}+X_{16151}+X_{16152}+X_{16153}+X_{16161}+X_{16162}+X_{16163}+X_{16171}+X_{16172}+X_{16173}+X_{16181}+X_{16182}+X_{16183}+X_{16191}+X_{16192}+X_{16193}+X_{16201}+X_{16202}+X_{16203}+X_{16211}+X_{16212}+X_{16213}+X_{16221}+X_{16222}+X_{16223}+X_{16231}+X_{16232}+X_{16233}+X_{16241}+X_{16242}+X_{16243}+X_{16251}+X_{16252}+X_{16253}+X_{16261}+X_{16262}+X_{16263}+X_{16271}+X_{16272}+X_{16273}+X_{16281}+X_{16282}+X_{16283}+X_{16291}+X_{16292}+X_{16293}+X_{16301}+X_{16302}+X_{16303}+X_{1711}+X_{1712}+X_{1713}+X_{1721}+X_{1722}+X_{1723}+X_{1731}+X_{1732}+X_{1741}+X_{1742}+X_{1743}+X_{1751}+X_{1752}+X_{1753}+X_{1761}+X_{1762}+X_{1763}+X_{1771}+X_{1772}+X_{1773}+X_{1781}+X_{1782}+X_{1783}+X_{1791}+X_{1792}+X_{1793}+X_{17101}+X_{17102}+X_{17103}+X_{17111}+X_{17112}+X_{17113}+X_{17121}+X_{17122}+X_{17123}+X_{17131}+X_{17132}+X_{17133}+X_{17141}+X_{17142}+X_{17143}+X_{17151}+X_{17152}+X_{17153}+X_{17161}+X_{17162}+X_{17163}+X_{17171}+X_{17172}+X_{17173}+X_{17181}+X_{17182}+X_{17183}+X_{17191}+X_{17192}+X_{17193}+X_{17201}+X_{17202}+X_{17203}+X_{17211}+X_{17212}+X_{17213}+X_{17221}+X_{17222}+X_{17223}+X_{17231}+X_{17232}+X_{17233}+X_{17241}+X_{17242}+X_{17243}+X_{17251}+X_{17252}+X_{17253}+X_{17261}+X_{17262}+X_{17263}+X_{17271}+X_{17272}+X_{17273}+X_{17281}+X_{17282}+X_{17283}+X_{17291}+X_{17292}+X_{17293}+X_{17301}+X_{17302}+X_{17303}+X_{1811}+X_{1812}+X_{1813}+X_{1821}+X_{1822}+X_{1823}+X_{1831}+X_{1832}+X_{1833}+X_{1841}+X_{1842}+X_{1843}+X_{1851}+X_{1852}+X_{1853}+X_{1861}+X_{1862}+X_{1863}+X_{1871}+X_{1872}+X_{1873}+X_{1881}+X_{1882}+X_{1883}+X_{1891}+X_{1892}+X_{1893}+X_{18101}+X_{18102}+X_{18103}+X_{18111}+X_{18112}+X_{18113}+X_{18121}+X_{18122}+X_{18123}+X_{18131}+X_{18132}+X_{18133}+X_{18141}+X_{18142}+X_{18143}+X_{18151}+X_{18152}+X_{18153}+X_{18161}+X_{18162}+X_{18163}+X_{18171}+X_{18172}+X_{18173}+X_{18181}+X_{18182}+X_{18183}+X_{18191}+X_{18192}+X_{18193}+X_{18201}+X_{18202}+X_{18203}+X_{18211}+X_{18212}+X_{18213}+X_{18221}+X_{18222}+X_{18223}+X_{18231}+X_{18232}+X_{18233}+X_{18241}+X_{18242}+X_{18243}+X_{18251}+X_{18252}+X_{18253}+X_{18261}+X_{18262}+X_{18263}+X_{18271}+X_{18272}+X_{18273}+X_{18281}+X_{18282}+X_{18283}+X_{18291}+X_{18292}+X_{18293}+X_{18301}+X_{18302}+X_{18303}+X_{1911}+X_{1912}+X_{1913}+X_{1921}+X_{1922}+X_{1923}+X_{1931}+X_{1932}+X_{1933}+X_{1941}+X_{1942}+X_{1943}+X_{1951}+X_{1952}+X_{1953}+X_{1961}+X_{1962}+X_{1963}+X_{1971}+X_{1972}+X_{1973}+X_{1981}+X_{1982}+X_{1983}+X_{1991}+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}+X_{19211}+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X_{19243}+X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+X_{19283}+X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{2023}+X_{2031}+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}$

$+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+X_{2072}+X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112}+X_{20113}+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{20152}+X_{20153}+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{20192}+X_{20193}+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}+X_{20211}+X_{20212}+X_{20213}+X_{20221}+X_{20222}+X_{20223}+X_{20231}+X_{20232}+X_{20233}+X_{20241}+X_{20242}+X_{20243}+X_{20251}+X_{20252}+X_{20253}+X_{20261}+X_{20262}+X_{20263}+X_{20271}+X_{20272}+X_{20273}+X_{20281}+X_{20282}+X_{20283}+X_{20291}+X_{20292}+X_{20293}+X_{20301}+X_{20302}+X_{20303}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{21101}+X_{21102}+X_{21103}+X_{21111}+X_{21112}+X_{21113}+X_{21121}+X_{21122}+X_{21123}+X_{21131}+X_{21132}+X_{21133}+X_{21141}+X_{21142}+X_{21143}+X_{21151}+X_{21152}+X_{21153}+X_{21161}+X_{21162}+X_{21163}+X_{21171}+X_{21172}+X_{21173}+X_{21181}+X_{21182}+X_{21183}+X_{21191}+X_{21192}+X_{21193}+X_{21201}+X_{21202}+X_{21203}+X_{21211}+X_{21212}+X_{21213}+X_{21221}+X_{21222}+X_{21223}+X_{21231}+X_{21232}+X_{21233}+X_{21241}+X_{21242}+X_{21243}+X_{21251}+X_{21252}+X_{21253}+X_{21261}+X_{21262}+X_{21263}+X_{21271}+X_{21272}+X_{21273}+X_{21281}+X_{21282}+X_{21283}+X_{21291}+X_{21292}+X_{21293}+X_{21301}+X_{21302}+X_{21303}=1-Y_{11}+1-Y_{12}+1-Y_{13}+1-Y_{14}+1-Y_{15}+1-Y_{16}+1-Y_{17}+1-Y_{18}+1-Y_{19}+1-Y_{110}+1-Y_{111}+1-Y_{112}+1-Y_{113}+1-Y_{114}+1-Y_{115}+1-Y_{116}+1-Y_{117}+1-Y_{118}+1-Y_{119}+1-Y_{120}+1-Y_{121}+1-Y_{122}+1-Y_{123}+1-Y_{124}+1-Y_{125}+1-Y_{126}+1-Y_{127}+1-Y_{128}+1-Y_{129}+1-Y_{130}+1-Y_{21}+1-Y_{22}+1-Y_{23}+1-Y_{24}+1-Y_{25}+1-Y_{26}+1-Y_{27}+1-Y_{28}+1-Y_{29}+1-Y_{210}+1-Y_{211}+1-Y_{212}+1-Y_{213}+1-Y_{214}+1-Y_{215}+1-Y_{216}+1-Y_{217}+1-Y_{218}+1-Y_{219}+1-Y_{220}+1-Y_{221}+1-Y_{222}+1-Y_{223}+1-Y_{224}+1-Y_{225}+1-Y_{226}+1-Y_{227}+1-Y_{228}+1-Y_{229}+1-Y_{230}+1-Y_{31}+1-Y_{32}+1-Y_{33}+1-Y_{34}+1-Y_{35}+1-Y_{36}+1-Y_{37}+1-Y_{38}+1-Y_{39}+1-Y_{310}+1-Y_{311}+1-Y_{312}+1-Y_{313}+1-Y_{314}+1-Y_{315}+1-Y_{316}+1-Y_{317}+1-Y_{318}+1-Y_{319}+1-Y_{320}+1-Y_{321}+1-Y_{322}+1-Y_{323}+1-Y_{324}+1-Y_{325}+1-Y_{326}+1-Y_{327}+1-Y_{328}+1-Y_{329}+1-Y_{330}+1-Y_{41}+1-Y_{42}+1-Y_{43}+1-Y_{44}+1-Y_{45}+1-Y_{46}+1-Y_{47}+1-Y_{48}+1-Y_{49}+1-Y_{410}+1-Y_{411}+1-Y_{412}+1-Y_{413}+1-Y_{414}+1-Y_{415}+1-Y_{416}+1-Y_{417}+1-Y_{418}+1-Y_{419}+1-Y_{420}+1-Y_{421}+1-Y_{422}+1-Y_{423}+1-Y_{424}+1-Y_{425}+1-Y_{426}+1-Y_{427}+1-Y_{428}+1-Y_{429}+1-Y_{430}+1-Y_{51}+1-Y_{52}+1-Y_{53}+1-Y_{54}+1-Y_{55}+1-Y_{56}+1-Y_{57}+1-Y_{57}+1-Y_{59}+1-Y_{510}+1-Y_{511}+1-Y_{522}+1-Y_{513}+1-Y_{514}+1-Y_{515}+1-X_{516}+1-Y_{517}+1-Y_{518}+1-Y_{519}+1-Y_{520}+1-Y_{521}+1-Y_{522}+1-Y_{523}+1-Y_{524}+1-Y_{525}+1-Y_{526}+1-Y_{527}+1-Y_{528}+1-Y_{529}+1-Y_{530}+1-Y_{61}+1-Y_{62}+1-Y_{63}+1-Y_{64}+1-Y_{65}+1-Y_{66}+1-Y_{67}+1-Y_{68}+1-Y_{69}+1-Y_{610}+1-Y_{611}+1-Y_{612}+1-Y_{613}+1-Y_{614}+1-Y_{615}+1-Y_{616}+1-Y_{617}+1-Y_{618}+1-Y_{619}+1-Y_{620}+1-Y_{621}+1-Y_{622}+1-Y_{623}+1-Y_{624}+1-Y_{625}+1-Y_{626}+1-Y_{627}+1-Y_{628}+1-Y_{629}+1-Y_{630}+1-Y_{71}+1-Y_{72}+1-Y_{73}+1-Y_{74}+1-Y_{75}+1-Y_{76}+1-Y_{77}+1-Y_{78}+1-Y_{79}+1-Y_{710}+1-Y_{711}+1-Y_{712}+1-Y_{713}+1-Y_{714}+1-Y_{715}+1-Y_{716}+1-Y_{717}+1-Y_{718}+1-Y_{719}+1-Y_{720}+1-Y_{721}+1-Y_{722}+1-Y_{723}+1-Y_{724}+1-Y_{725}+1-Y_{726}+1-Y_{727}+1-Y_{728}+1-Y_{729}+1-Y_{730}+1-Y_{81}+1-Y_{82}+1-Y_{83}+1-Y_{84}+1-Y_{85}+1-Y_{86}+1-Y_{87}+1-Y_{88}+1-Y_{89}+1-Y_{810}+1-Y_{811}+1-Y_{812}+1-Y_{813}+1-Y_{814}+1-Y_{815}+1-Y_{816}+1-Y_{817}+1-Y_{818}+1-Y_{819}+1-Y_{820}+1-Y_{821}+1-Y_{822}+1-Y_{823}+1-Y_{824}+1-Y_{825}+1-Y_{826}+1-Y_{827}+1-Y_{828}+1-Y_{829}+1-Y_{830}+1-Y_{91}+1-Y_{92}+1-Y_{93}+1-Y_{94}+1-Y_{95}+1-Y_{96}+1-Y_{97}+1-Y_{98}+1-Y_{99}+1-Y_{910}+1-Y_{911}+1-Y_{912}+1-Y_{913}+1-Y_{914}+1-Y_{915}+1-Y_{916}+1-Y_{917}+1-Y_{918}+1-Y_{919}+1-Y_{920}+1-Y_{921}+1-Y_{922}+1-Y_{923}+1-Y_{924}+1-Y_{925}+1-Y_{926}+1-Y_{927}+1-Y_{928}+1-Y_{929}+1-Y_{930}+1-Y_{101}+1-Y_{102}+1-Y_{103}+1-Y_{104}+1-Y_{105}+1-Y_{106}+1-Y_{106}+1-Y_{108}+1-Y_{109}+1-Y_{1010}+1-Y_{1011}+1-Y_{1012}+1-Y_{1013}+1-Y_{1014}+1-Y_{1015}+1-Y_{1016}+1-Y_{1017}+1-Y_{1018}+1-Y_{1019}+1-Y_{1020}+1-Y_{1021}+1-Y_{1022}+1-Y_{1023}+1-Y_{1024}+1-Y_{1025}+1-Y_{1026}+1-Y_{1027}+1-Y_{1028}+1-Y_{1029}+1-Y_{1030}+1-Y_{111}+1-Y_{112}+1-Y_{113}+1-Y_{114}+1-Y_{115}+1-Y_{116}+1-Y_{117}+1-Y_{118}+1-Y_{119}+1-Y_{1110}+1-Y_{1111}+1-Y_{1112}+1-Y_{1113}+1-Y_{1114}+1-Y_{1115}+1-Y_{1116}+1-Y_{1117}+1-Y_{1118}+1-Y_{1119}+1-Y_{1120}+1-Y_{1121}+1-Y_{1122}+1-Y_{1123}+1-Y_{1124}+1-Y_{1125}+1-Y_{127}+1-Y_{1128}+1-Y_{1129}+1-Y_{1130}+1-Y_{121}+1-Y_{122}+1-Y_{123}+1-Y_{124}+1-Y_{125}+1-Y_{126}+1-Y_{127}+1-Y_{128}+1-Y_{129}+1-Y_{1210}+1-Y_{1211}+1-Y_{1212}+1-Y_{1213}+1-Y_{1214}+1-Y_{1215}+1-Y_{1216}+1-Y_{1217}+1-Y_{1218}+1-Y_{1219}+1-Y_{1220}+1-Y_{1221}+1-Y_{1222}+1-Y_{1223}+1-Y_{1224}+1-Y_{1225}+1-Y_{1226}+1-Y_{1227}+1-Y_{1228}+1-Y_{1229}+1-Y_{1230}+1-Y_{131}+1-Y_{132}+1-Y_{133}+1-Y_{134}+1-Y_{135}+1-Y_{136}+1-Y_{137}+1-Y_{138}+1-Y_{139}+1-Y_{1310}+1-Y_{1311}+1-Y_{1312}+1-Y_{1313}+1-Y_{1314}+1-Y_{1315}+1-Y_{1316}+1-Y_{1317}+1-Y_{1318}+1-Y_{1319}+1-Y_{1320}+1-Y_{1321}+1-Y_{1322}+1-Y_{1323}+1-Y_{1324}+1-Y_{1325}+1-Y_{1326}+1-Y_{1327}+1-Y_{1328}+1-Y_{1329}+1-Y_{1330}+1-Y_{141}+1-Y_{142}+1-Y_{143}+1-Y_{144}+1-Y_{145}+1-$

$$\begin{aligned}
& Y_{146}+1-Y_{147}+1-Y_{148}+1-Y_{149}+1-Y_{1410}+1-Y_{1411}+1-Y_{1412}+1-Y_{1413}+1-Y_{1414}+1-Y_{1415}+1- \\
& Y_{1416}+1-Y_{1417}+1-Y_{1418}+1-Y_{1419}+1-Y_{1420}+1-Y_{1421}+1-Y_{1422}+1-Y_{1423}+1-Y_{1424}+1-Y_{1425}+1- \\
& Y_{1426}+1-Y_{1427}+1-Y_{1428}+1-Y_{1429}+1-Y_{1430}+1-Y_{151}+1-Y_{152}+1-Y_{153}+1-Y_{154}+1-Y_{155}+1- \\
& Y_{156}+1-Y_{157}+1-Y_{158}+1-Y_{159}+1-Y_{1510}+1-Y_{1511}+1-Y_{1512}+1-Y_{1513}+1-Y_{1514}+1-Y_{1515}+1- \\
& Y_{1516}+1-Y_{1517}+1-Y_{1518}+1-Y_{1519}+1-Y_{1520}+1-Y_{1521}+1-Y_{1522}+1-Y_{1523}+1-Y_{1524}+1-Y_{1525}+1- \\
& Y_{1526}+1-Y_{1527}+1-Y_{1528}+1-Y_{1529}+1-Y_{1530}+1-Y_{161}+1-Y_{162}+1-Y_{163}+1-Y_{164}+1-Y_{165}+1- \\
& Y_{166}+1-Y_{167}+1-Y_{168}+1-Y_{169}+1-Y_{1610}+1-Y_{1611}+1-Y_{1612}+1-Y_{1613}+1-Y_{1614}+1-Y_{1615}+1- \\
& Y_{1616}+1-Y_{1617}+1-Y_{1618}+1-Y_{1619}+1-Y_{1620}+1-Y_{1621}+1-Y_{1622}+1-Y_{1623}+1-Y_{1624}+1-Y_{1625}+1- \\
& Y_{1626}+1-Y_{1627}+1-Y_{2628}+1-Y_{1629}+1-Y_{1630}+1-Y_{171}+1-Y_{172}+1-Y_{173}+1-Y_{174}+1-Y_{175}+1- \\
& Y_{176}+1-Y_{177}+1-Y_{178}+1-Y_{179}+1-Y_{1710}+1-Y_{1711}+1-Y_{1712}+1-Y_{1713}+1-Y_{1714}+1-Y_{1715}+1- \\
& Y_{1716}+1-Y_{1717}+1-Y_{1718}+1-Y_{1719}+1-Y_{1720}+1-Y_{1721}+1-Y_{1722}+1-Y_{1723}+1-Y_{1724}+1-Y_{1725}+1- \\
& Y_{1726}+1-Y_{1727}+1-Y_{1728}+1-Y_{1729}+1-Y_{1730}+1-Y_{181}+1-Y_{182}+1-Y_{183}+1-Y_{184}+1-Y_{185}+1- \\
& Y_{186}+1-Y_{187}+1-Y_{188}+1-Y_{189}+1-Y_{1810}+1-Y_{1811}+1-Y_{1812}+1-Y_{1813}+1-Y_{1814}+1-Y_{1815}+1- \\
& Y_{1816}+1-Y_{1817}+1-Y_{1818}+1-Y_{1819}+1-Y_{1820}+1-Y_{1821}+1-Y_{1822}+1-Y_{1823}+1-Y_{1824}+1-Y_{1825}+1- \\
& Y_{1826}+1-Y_{1827}+1-Y_{1828}+1-Y_{1829}+1-Y_{1830}+1-Y_{191}+1-Y_{192}+1-Y_{193}+1-Y_{194}+1-Y_{195}+1- \\
& Y_{196}+1-Y_{197}+1-Y_{198}+1-Y_{199}+1-Y_{1910}+1-Y_{1911}+1-Y_{1912}+1-Y_{1913}+1-Y_{1914}+1-Y_{1915}+1- \\
& Y_{1916}+1-Y_{1917}+1-Y_{1918}+1-Y_{1919}+1-Y_{1920}+1-Y_{1921}+1-Y_{1922}+1-Y_{1923}+1-Y_{1924}+1-Y_{1925}+1- \\
& Y_{1926}+1-Y_{1927}+1-Y_{1928}+1-Y_{1929}+1-Y_{1930}+1-Y_{201}+1-Y_{202}+1-Y_{203}+1-Y_{204}+1-Y_{205}+1- \\
& Y_{206}+1-Y_{207}+1-Y_{208}+1-Y_{209}+1-Y_{2010}+1-Y_{2011}+1-Y_{2012}+1-Y_{2013}+1-Y_{2014}+1-Y_{2015}+1- \\
& Y_{2016}+1-Y_{2017}+1-Y_{2018}+1-Y_{2019}+1-Y_{2020}+1-Y_{2021}+1-Y_{2022}+1-Y_{2023}+1-Y_{2024}+1-Y_{2025}+1- \\
& Y_{2026}+1-Y_{2027}+1-Y_{2028}+1-Y_{2029}+1-Y_{2030}+1-Y_{211}+1-Y_{212}+1-Y_{213}+1-Y_{214}+1-Y_{215}+1- \\
& Y_{216}+1-Y_{217}+1-Y_{218}+1-Y_{219}+1-Y_{2110}+1-Y_{2111}+1-Y_{2112}+1-Y_{2113}+1-Y_{2114}+1-Y_{2115}+1- \\
& Y_{2116}+1-Y_{2117}+1-Y_{2118}+1-Y_{2119}+1-Y_{2120}+1-Y_{2121}+1-Y_{2122}+1-Y_{2123}+1-Y_{2124}+1-Y_{2125}+1- \\
& Y_{2126}+1-Y_{2127}+1-Y_{2128}+1-Y_{2129}+1-Y_{2130}
\end{aligned}$$

$$\sum_{k=1}^p x_{i(j+1)k} + x_{i(j+2)k} \leq y_{ij} \quad \forall i, j \quad (3.3)$$

k=1 için;

$$\begin{aligned}
& X_{121}+X_{131}+X_{131}+X_{141}+X_{141}+X_{151}+X_{151}+X_{161}+X_{161}+X_{171}+X_{171}+X_{181}+X_{181}+X_{191}+X_{191}+X_1 \\
& 101+X_{1101}+X_{1111}+X_{1111}+X_{1121}+X_{1121}+X_{1131}+X_{1131}+X_{1141}+X_{1141}+X_{1151}+X_{1151}+X_{1161}+X_{1161} \\
& +X_{1171}+X_{1171}+X_{1181}+X_{1181}+X_{1191}+X_{1191}+X_{1201}+X_{1201}+X_{1211}+X_{1211}+X_{1221}+X_{1221}+X_{1231}+X \\
& 1231+X_{1241}+X_{1241}+X_{1251}+X_{1251}+X_{1261}+X_{1261}+X_{1271}+X_{1271}+X_{1281}+X_{1281}+X_{1291}+X_{1291}+X_{1301} \\
& +X_{1301}+X_{111}+X_{111}+X_{121}+X_{221}+X_{231}+X_{231}+X_{341}+X_{241}+X_{251}+X_{251}+X_{261}+X_{261}+X_{271}+X_{271}+ \\
& X_{281}+X_{281}+X_{291}+X_{291}+X_{2101}+X_{2101}+X_{2111}+X_{2111}+X_{2121}+X_{2121}+X_{2131}+X_{2131}+X_{2141}+X_{2141}+ \\
& X_{2151}+X_{2151}+X_{2161}+X_{2161}+X_{2171}+X_{2171}+X_{2181}+X_{2181}+X_{2191}+X_{2191}+X_{2201}+X_{2201}+X_{2211}+X_2 \\
& 211+X_{2221}+X_{2221}+X_{2231}+X_{2231}+X_{2241}+X_{2241}+X_{2251}+X_{2251}+X_{2261}+X_{2261}+X_{2271}+X_{2271}+X_{2281} \\
& +X_{2281}+X_{2291}+X_{2291}+X_{2301}+X_{2301}+X_{211}+X_{211}+X_{221}+X_{321}+X_{331}+X_{331}+X_{341}+X_{341}+X_{351}+X_3 \\
& 51+X_{361}+X_{361}+X_{371}+X_{371}+X_{381}+X_{381}+X_{391}+X_{391}+X_{3101}+X_{3101}+X_{3111}+X_{3111}+X_{3121}+X_{3121}+ \\
& X_{3131}+X_{3131}+X_{3141}+X_{3141}+X_{3151}+X_{3151}+X_{3161}+X_{3161}+X_{3171}+X_{3171}+X_{3181}+X_{3181}+X_{3191}+X_3 \\
& 191+X_{3201}+X_{3201}+X_{3211}+X_{3211}+X_{3221}+X_{3221}+X_{3231}+X_{3231}+X_{3241}+X_{3241}+X_{3251}+X_{3251}+X_{3261} \\
& +X_{3261}+X_{3271}+X_{3271}+X_{3281}+X_{3281}+X_{3291}+X_{3291}+X_{3301}+X_{3301}+X_{311}+X_{311}+X_{312}+X_{421}+X_{431} \\
& +X_{431}+X_{441}+X_{441}+X_{451}+X_{451}+X_{461}+X_{461}+X_{471}+X_{471}+X_{481}+X_{481}+X_{491}+X_{491}+X_{4101}+X_{4101} \\
& +X_{4111}+X_{4111}+X_{4121}+X_{4121}+X_{4131}+X_{4131}+X_{4141}+X_{4141}+X_{4151}+X_{4151}+X_{4161}+X_{4161}+X_{4171}+X \\
& X_{4171}+X_{4181}+X_{4181}+X_{4191}+X_{4191}+X_{4201}+X_{4201}+X_{4211}+X_{4211}+X_{4221}+X_{4221}+X_{4231}+X_{4231}+X_4 \\
& 241+X_{4241}+X_{4251}+X_{4251}+X_{4261}+X_{4261}+X_{4271}+X_{4271}+X_{4281}+X_{4281}+X_{4291}+X_{4291}+X_{4301}+X_{4301} \\
& +X_{411}+X_{411}+X_{421}+X_{521}+X_{531}+X_{531}+X_{541}+X_{541}+X_{551}+X_{551}+X_{561}+X_{561}+X_{571}+X_{571}+X_{581}+
\end{aligned}$$

262+X5262+X5272+X5272+X5282+X5282+X5292+X5292+X5302+X5302+X512+X512+X522+X622+X632+X632+X642+X642+X652+X652+X662+X662+X672+X672+X682+X682+X692+X692+X6102+X6102+X6112+X6112+X6122+X6122+X6132+X6132+X6142+X6142+X6152+X6152+X6162+X6162+X6172+X6172+X6182+X6182+X6192+X6192+X6202+X6202+X6212+X6212+X6222+X6222+X6222+X6222+X6232+X6232+X6242+X6242+X6252+X6252+X6262+X6262+X6272+X6272+X6282+X6282+X6292+X6292+X6302+X6302+X612+X612+X622+X722+X732+X732+X742+X742+X752+X752+X762+X762+X772+X772+X782+X782+X792+X792+X7102+X7102+X7112+X7112+X7122+X7122+X7132+X7132+X7142+X7142+X7152+X7152+X7162+X7162+X7172+X7172+X7182+X7182+X7192+X7192+X7202+X7202+X7212+X7212+X7222+X7222+X7232+X7232+X7242+X7242+X7252+X7252+X7262+X7262+X7262+X7272+X7282+X7282+X7292+X7292+X7302+X7302+X712+X712+X722+X822+X832+X832+X842+X842+X852+X852+X862+X862+X872+X872+X882+X882+X892+X892+X8102+X8102+X8112+X8112+X8122+X8122+X8132+X8132+X8142+X8142+X8152+X8152+X8162+X8162+X8172+X8172+X8182+X8182+X8192+X8192+X8202+X8202+X8212+X8212+X8222+X8222+X8232+X8232+X8242+X8242+X8252+X8252+X8262+X8262+X8272+X8272+X8282+X8282+X8292+X8292+X8302+X8302+X812+X812+X822+X922+X932+X932+X942+X942+X952+X952+X962+X962+X972+X972+X982+X982+X992+X992+X9102+X9102+X9112+X9112+X9122+X9122+X9132+X9132+X9142+X9142+X9152+X9152+X9162+X9162+X9172+X9172+X9182+X9182+X9192+X9192+X9202+X9202+X9212+X9212+X9222+X9222+X9232+X9232+X9242+X9242+X9252+X9252+X9262+X9262+X9272+X9272+X9282+X9282+X9292+X9292+X9302+X9302+X912+X912+X922+X1022+X1032+X1032+X1042+X1042+X1052+X1052+X1062+X1062+X1072+X1072+X1082+X1082+X1092+X1092+X10102+X10102+X10112+X10112+X10122+X10122+X10132+X10132+X10142+X10142+X10152+X10152+X10162+X10162+X10172+X10172+X10182+X10182+X10192+X10192+X10202+X10202+X10212+X10212+X10222+X10222+X10232+X10232+X10242+X10242+X10252+X10252+X10262+X10262+X10272+X10272+X10282+X10282+X10292+X10292+X10302+X10302+X1012+X1012+X1022+X1122+X1132+X1132+X1142+X1142+X1152+X1152+X1162+X1162+X1172+X1172+X1182+X1182+X1192+X1192+X11102+X11102+X11112+X11112+X11122+X11122+X11132+X11132+X11142+X11142+X11152+X11152+X11162+X11162+X11172+X11172+X11182+X11182+X11192+X11192+X11202+X11202+X11212+X11212+X11222+X11222+X11232+X11232+X11242+X11242+X11252+X11252+X11262+X11262+X11272+X11272+X11282+X11282+X11292+X11292+X11302+X11302+X1112+X1112+X1122+X1222+X1232+X1232+X1242+X1242+X1252+X1252+X1262+X1262+X1272+X1272+X1282+X1282+X1292+X1292+X12102+X12102+X12112+X12112+X12122+X12122+X12132+X12132+X12142+X12142+X12152+X12152+X12162+X12162+X12162+X12162+X12172+X12172+X12182+X12182+X12192+X12192+X12202+X12202+X12212+X12212+X12222+X12222+X12232+X12232+X12242+X12242+X12252+X12252+X12262+X12262+X12272+X12272+X12282+X12282+X12292+X12292+X12302+X12302+X1212+X1212+X1222+X1322+X1332+X1332+X1342+X1342+X1352+X1352+X1362+X1362+X1372+X1372+X1382+X1382+X1392+X1392+X13102+X13102+X13112+X13112+X13122+X13122+X13132+X13132+X13142+X13142+X13152+X13152+X13162+X13162+X13172+X13172+X13182+X13182+X13192+X13192+X13202+X13202+X13212+X13212+X13222+X13222+X13232+X13232+X13242+X13242+X13252+X13252+X13262+X13262+X13272+X13272+X13282+X13282+X13292+X13292+X13302+X13302+X1312+X1312+X1322+X1422+X1432+X1432+X1442+X1442+X1452+X1452+X1462+X1462+X1472+X1472+X1482+X1482+X1492+X1492+X14102+X14102+X14112+X14112+X14122+X14122+X14132+X14132+X14142+X14142+X14152+X14152+X14162+X14162+X14172+X14172+X14182+X14182+X14192+X14192+X14202+X14202+X14212+X14212+X14222+X14222+X14232+X14232+X14242+X14242+X14252+X14252+X14262+X14262+X14272+X14272+X14282+X14282+X14292+X14292+X14302+X14302+X1412+X1412+X1422+X1522+X1532+X1532+X1542+X1542+X1552+X1552+X1562+X1562+X1572+X1572+X1582+X1582+X1592+X1592+X15102+X15102+X15112+X15112+X15122+X15122+X15132+X15132+X15142+X15142+X15152+X15152+X15162+X15162+X15172+X15172+X15182+X15182+X15192+X15192+X15202+X15202+X15212+X15212+X15222+X15222+X15232+X15232+X15242+X15242+X15252+X15252+X15262+X15262+X15272+X15272+X15282+X15282+X15292+X15292+X15302+X15302+X1512+X1512+X1522+X1622+X1632+X1632+X1642+X1642+X1652+X1652+X1662+X1662+X1672+X1672+X1682+X1682+X1692+X1692+X16102+X16102+X16112+X16112+X16122+X16122+X16132+X16132+X16142+X16142+X16152+X16152+X16162+X16162+X16172+X16172+X16182+X16182+X16192+X16192+X16202+X16202

53+X6153+X6163+X6163+X6173+X6173+X6183+X6183+X6193+X6193+X6203+X6203+X6213+X6213+
X6223+X6223+X6223+X6223+X6233+X6233+X6243+X6243+X6253+X6253+X6263+X6263+X6273+X6
273+X6283+X6283+X6293+X6293+X6303+X6303+X613+X613+X623+X723+X733+X733+X743+X743
+X753+X753+X763+X763+X773+X773+X783+X783+X793+X793+X7103+X7103+X7113+X7113+X71
23+X7123+X7133+X7133+X7143+X7143+X7153+X7153+X7163+X7163+X7173+X7173+X7183+X7183+
X7193+X7193+X7203+X7203+X7213+X7213+X7223+X7223+X7233+X7233+X7243+X7243+X7253+X7
253+X7263+X7263+X7273+X7273+X7283+X7283+X7293+X7293+X7303+X7303+X713+X713+X723+X
823+X833+X833+X843+X843+X853+X853+X863+X863+X873+X873+X883+X883+X893+X893+X810
3+X8103+X8113+X8113+X8123+X8123+X8133+X8133+X8143+X8143+X8153+X8153+X8163+X8163+
X8173+X8173+X8183+X8183+X8193+X8193+X8203+X8203+X8213+X8213+X8223+X8223+X8233+X8
233+X8243+X8243+X8253+X8253+X8263+X8263+X8273+X8273+X8283+X8283+X8293+X8293+X8303
+X8303+X813+X813+X823+X923+X933+X933+X943+X943+X953+X953+X963+X963+X973+X973+
X983+X983+X993+X993+X9103+X9103+X9113+X9113+X9123+X9123+X9133+X9133+X9143+X9143+
X9153+X9153+X9163+X9163+X9173+X9173+X9183+X9183+X9193+X9193+X9203+X9203+X9213+X9
213+X9223+X9223+X9233+X9233+X9243+X9243+X9253+X9253+X9263+X9263+X9273+X9273+X9283
+X9283+X9293+X9293+X9303+X9303+X913+X913+X923+X1023+X1033+X1033+X1043+X1043+X105
3+X1053+X1063+X1063+X1073+X1073+X1083+X1083+X1093+X1093+X10103+X10103+X10113+X1011
3+X10123+X10123+X10133+X10133+X10143+X10143+X10153+X10153+X10163+X10163+X10173+X101
73+X10183+X10183+X10193+X10193+X10203+X10203+X10213+X10213+X10223+X10223+X10233+X10
233+X10243+X10243+X10253+X10253+X10263+X10263+X10273+X10273+X10283+X10283+X10293+X1
0293+X10303+X10303+X1013+X1013+X1023+X1123+X1133+X1133+X1143+X1143+X1153+X1153+X11
63+X1163+X1173+X1173+X1183+X1183+X1193+X1193+X11103+X11103+X11113+X11113+X11123+X1
1123+X11133+X11133+X11143+X11143+X11153+X11153+X11163+X11163+X11173+X11173+X11183+X
11183+X11193+X11193+X11203+X11203+X11213+X11213+X11223+X11223+X11233+X11233+X11243+
X11243+X11253+X11253+X11263+X11263+X11273+X11273+X11283+X11283+X11293+X11293+X11303
+X11303+X1113+X1113+X1123+X1223+X1233+X1233+X1243+X1243+X1253+X1253+X1263+X1263+
X1273+X1273+X1283+X1283+X1293+X1293+X12103+X12103+X12113+X12113+X12123+X12123+X121
33+X12133+X12143+X12143+X12153+X12153+X12163+X12163+X12163+X12173+X12173+X12183+X12
183+X12193+X12193+X12203+X12203+X12213+X12213+X12223+X12223+X12233+X12233+X12243+X1
2243+X12253+X12253+X12263+X12263+X12273+X12273+X12283+X12283+X12293+X12293+X12303+X
12303+X1213+X1213+X1223+X1323+X1333+X1333+X1343+X1343+X1353+X1353+X1363+X1363+X137
3+X1373+X1383+X1383+X1393+X1393+X13103+X13103+X13113+X13113+X13123+X13123+X13133+X
13133+X13143+X13143+X13153+X13153+X13163+X13163+X13173+X13173+X13183+X13183+X13193+
X13193+X13203+X13203+X13213+X13213+X13223+X13223+X13233+X13233+X13243+X13243+X13253
+X13253+X13263+X13263+X13273+X13273+X13283+X13283+X13293+X13293+X13303+X13303+X1313
+X1313+X1323+X1423+X1433+X1433+X1443+X1443+X1453+X1453+X1463+X1463+X1473+X1473+X
1483+X1483+X1493+X1493+X14103+X14103+X14113+X14113+X14123+X14123+X14133+X14133+X141
43+X14143+X14153+X14153+X14163+X14163+X14173+X14173+X14183+X14183+X14193+X14193+X14
203+X14203+X14213+X14213+X14223+X14223+X14233+X14233+X14243+X14243+X14253+X14253+X1
4263+X14263+X14273+X14271+X14283+X14283+X14293+X14293+X14303+X14303+X1413+X1413+X14
23+X1523+X1533+X1533+X1543+X1543+X1553+X1553+X1563+X1563+X1573+X1573+X1583+X1583+
X1593+X1593+X15103+X15103+X15113+X15113+X15123+X15123+X15133+X15133+X15143+X15143+
X15153+X15153+X15163+X15163+X15173+X15173+X15183+X15183+X15193+X15193+X15203+X15203
+X15213+X15213+X15223+X15223+X15233+X15233+X15243+X15243+X15253+X15253+X15263+X1526
3+X15273+X15273+X15283+X15283+X15293+X15293+X15303+X15303+X1513+X1513+X1523+X1623+
X1633+X1633+X1643+X1643+X1653+X1653+X1663+X1663+X1673+X1673+X1683+X1683+X1693+X1
693+X16103+X16103+X16113+X16113+X16123+X16123+X16133+X16133+X16143+X16143+X16153+X1
6153+X16163+X16163+X16173+X16173+X16183+X16183+X16193+X16193+X16203+X16203+X16213+X
16213+X16223+X16223+X16233+X16233+X16243+X16243+X16253+X16253+X16263+X16263+X16273+
X16273+X16283+X16283+X16293+X16293+X16303+X16303+X1613+X1613+X1623+X1723+X1733+X17

33+X1743+X1743+X1753+X1753+X1763+X1763+X1773+X1773+X1783+X1783+X1793+X1793+X17103
 +X17103+X17113+X17113+X17123+X17123+X17133+X17133+X17143+X17143+X17153+X17153+X1716
 3+X17163+X17173+X17173+X17183+X17183+X17193+X17193+X17203+X17203+X17213+X17213+X172
 23+X17223+X17233+X17233+X17243+X17243+X17253+X17253+X17263+X17263+X17273+X17273+X17
 283+X17283+X17293+X17293+X17303+X17303+X1713+X1713+X1723+X1823+X1833+X1833+X1843+X
 1843+X1853+X1853+X1863+X1863+X1873+X1873+X1883+X1883+X1893+X1893+X18103+X18103+X18
 113+X18113+X18123+X18123+X18133+X18133+X18143+X18143+X18153+X18153+X18163+X18163+X1
 8173+X18173+X18183+X18183+X18193+X18193+X19203+X18203+X18213+X18213+X18223+X18223+X
 18233+X18233+X18243+X18243+X18253+X18253+X18263+X18263+X18273+X18273+X18283+X18283+
 X18293+X18293+X18303+X18303+X1813+X1813+X1823+X1923+X1933+X1933+X1943+X1943+X1953+
 X1953+X1963+X1963+X1973+X1973+X1983+X1983+X1993+X1993+X19103+X19103+X19113+X19113+
 X19123+X19123+X19133+X19133+X19143+X19143+X19153+X19153+X19163+X19163+X19173+X19173
 +X19183+X19183+X19193+X19193+X19203+X19203+X19213+X19213+X19223+X19223+X19233+X1923
 3+X19243+X19243+X19253+X19253+X19263+X19263+X19273+X19273+X19283+X19283+X19293+X192
 93+X19303+X19303+X1913+X1913+X1923+X2023+X2033+X2033+X2043+X2043+X2053+X2053+X2063
 +X2063+X2073+X2073+X2083+X2083+X2093+X2093+X20103+X20103+X20113+X20113+X20123+X201
 23+X20133+X20133+X20143+X20143+X20153+X20153+X20163+X20163+X20173+X20173+X20183+X20
 183+X20193+X20193+X20203+X20203+X20213+X20213+X20223+X20223+X20233+X20233+X20243+X2
 0243+X20253+X20253+X20263+X20263+X20273+X20273+X20283+X20283+X20293+X20293+X20303+X
 20303+X2013+X2013+X2023+X2123+X2133+X2133+X2143+X2143+X2153+X2153+X5163+X2163+X217
 3+X2173+X2183+X2183+X2193+X2193+X21103+X21103+X21113+X21113+X21123+X21123+X21133+X
 21133+X21143+X21143+X21153+X21153+X21163+X21163+X21173+X21173+X21183+X21183+X21193+
 X21193+X21203+X21203+X21213+X21213+X21223+X21223+X21233+X21233+X21243+X21243+X21253
 +X21253+X21263+X21263+X21273+X21273+X21283+X21283+X21293+X21293+X21303+X21303+X2113
 +X2113+X2123≤Y11+Y12+Y13+Y14+Y15+Y16+Y17+Y18+Y19+Y110+Y111+Y112+Y113+Y114+
 Y115+Y116+Y117+Y118+Y119+Y120+Y121+Y122+Y123+Y124+Y125+Y126+Y127+Y128+Y129+Y1
 30+Y21+Y22+Y23+Y24+Y25+Y26+Y27+Y28+Y29+Y210+Y211+Y212+Y213+Y214+Y215+Y216+
 Y217+Y218+Y219+Y220+Y221+Y222+Y223+Y224+Y225+Y226+Y227+Y228+Y229+Y230+Y31+Y32
 +Y33+Y34+Y35+Y36+Y37+Y38+Y39+Y310+Y311+Y312+Y313+Y314+Y315+Y316+Y317+Y318+
 Y319+Y320+Y321+Y322+Y323+Y324+Y325+Y326+Y327+Y328+Y329+Y330+Y41+Y42+Y43+Y44+
 Y45+Y46+Y47+Y48+Y49+Y410+Y411+Y412+Y413+Y414+Y415+Y416+Y417+Y418+Y419+Y420+
 Y421+Y422+Y423+Y424+Y425+Y426+Y427+Y428+Y429+Y430+Y51+Y52+Y53+Y54+Y55+Y56+Y
 57+Y57+Y59+Y510+Y511+Y522+Y513+Y514+Y515+X516+Y517+Y518+Y519+Y520+Y521+Y522+
 Y523+Y524+Y525+Y526+Y527+Y528+Y529+Y530+Y61+Y62+Y63+Y64+Y65+Y66+Y67+Y68+Y69
 +Y610+Y611+Y612+Y613+Y614+Y615+Y616+Y617+Y618+Y619+Y620+Y621+Y622+Y623+Y624+
 Y625+Y626+Y627+Y628+Y629+Y630+Y71+Y72+Y73+Y74+Y75+Y76+Y77+Y78+Y79+Y710+Y711
 +Y712+Y713+Y714+Y715+Y716+Y717+Y718+Y719+Y720+Y721+Y722+Y723+Y724+Y725+Y726+
 Y727+Y728+Y729+Y730+Y81+Y82+Y83+Y84+Y85+Y86+Y87+Y88+Y89+Y810+Y811+Y812+Y813
 +Y814+Y815+Y816+Y817+Y818+Y819+Y820+Y821+Y822+Y823+Y824+Y825+Y826+Y827+Y828+
 Y829+Y830+Y91+Y92+Y93+Y94+Y95+Y96+Y97+Y98+Y99+Y910+Y911+Y912+Y913+Y914+Y915
 +Y916+Y917+Y918+Y919+Y920+Y921+Y922+Y923+Y924+Y925+Y926+Y927+Y928+Y929+Y930+
 Y101+Y102+Y103+Y104+Y105+Y106+Y106+Y108+Y109+Y1010+Y1011+Y1012+Y1013+Y1014+Y101
 5+Y1016+Y1017+Y1018+Y1019+Y1020+Y1021+Y1022+Y1023+Y1024+Y1025+Y1026+Y1027+Y1028+
 Y1029+Y1030+Y111+Y112+Y113+Y114+Y115+Y116+Y117+Y118+Y119+Y1110+Y1111+Y1112+Y111
 3+Y1114+Y1115+Y1116+Y1117+Y1118+Y1119+Y1120+Y1121+Y1122+Y1123+Y1124+Y1125++Y127+
 Y1128+Y1129+Y1130+Y121+Y122+Y123+Y124+Y125+Y126+Y127+Y128+Y129+Y1210+Y1211+Y121
 2+Y1213+Y1214+Y1215+Y1216+Y1217+Y1218+Y1219+Y1220+Y1221+Y1222+Y1223+Y1224+Y1225+
 Y1226+Y1227+Y1228+Y1229+Y1230+Y131+Y132+Y133+Y134+Y135+Y136+Y137+Y138+Y139+Y131
 0+Y1311+Y1312+Y1313+Y1314+Y1315+Y1316+Y1317+Y1318+Y1319+Y1320+Y1321+Y1322+Y1323+
 Y1324+Y1325+Y1326+Y1327+Y1328+Y1329+Y1330+Y141+Y142+Y143+Y144+Y145+Y146+Y147+Y1

$48+Y_{149}+Y_{1410}+Y_{1411}+Y_{1412}+Y_{1413}+Y_{1414}+Y_{1415}+Y_{1416}+Y_{1417}+Y_{1418}+Y_{1419}+Y_{1420}+Y_{1421}+$
 $Y_{1422}+Y_{1423}+Y_{1424}+Y_{1425}+Y_{1426}+Y_{1427}+Y_{1428}+Y_{1429}+Y_{1430}+Y_{151}+Y_{152}+Y_{153}+Y_{154}+Y_{155}+$
 $Y_{156}+Y_{157}+Y_{158}+Y_{159}+Y_{1510}+Y_{1511}+Y_{1512}+Y_{1513}+Y_{1514}+Y_{1515}+Y_{1516}+Y_{1517}+Y_{1518}+Y_{1519}+$
 $Y_{1520}+Y_{1521}+Y_{1522}+Y_{1523}+Y_{1524}+Y_{1525}+Y_{1526}+Y_{1527}+Y_{1528}+Y_{1529}+Y_{1530}+Y_{161}+Y_{162}+Y_{163}$
 $+Y_{164}+Y_{165}+Y_{166}+Y_{167}+Y_{168}+Y_{169}+Y_{1610}+Y_{1611}+Y_{1612}+Y_{1613}+Y_{1614}+Y_{1615}+Y_{1616}+Y_{1617}+$
 $Y_{1618}+Y_{1619}+Y_{1620}+Y_{1621}+Y_{1622}+Y_{1623}+Y_{1624}+Y_{1625}+Y_{1626}+Y_{1627}+Y_{2628}+Y_{1629}+Y_{1630}+Y_1$
 $71+Y_{172}+Y_{173}+Y_{174}+Y_{175}+Y_{176}+Y_{177}+Y_{178}+Y_{179}+Y_{1710}+Y_{1711}+Y_{1712}+Y_{1713}+Y_{1714}+Y_{1715}+$
 $Y_{1716}+Y_{1717}+Y_{1718}+Y_{1719}+Y_{1720}+Y_{1721}+Y_{1722}+Y_{1723}+Y_{1724}+Y_{1725}+Y_{1726}+Y_{1727}+Y_{1728}+Y_1$
 $729+Y_{1730}+Y_{181}+Y_{182}+Y_{183}+Y_{184}+Y_{185}+Y_{186}+Y_{187}+Y_{188}+Y_{189}+Y_{1810}+Y_{1811}+Y_{1812}+Y_{1813}+$
 $Y_{1814}+Y_{1815}+Y_{1816}+Y_{1817}+Y_{1818}+Y_{1819}+Y_{1820}+Y_{1821}+Y_{1822}+Y_{1823}+Y_{1824}+Y_{1825}+Y_{1826}+Y_1$
 $827+Y_{1828}+Y_{1829}+Y_{1830}+Y_{191}+Y_{192}+Y_{193}+Y_{194}+Y_{195}+Y_{196}+Y_{197}+Y_{198}+Y_{199}+Y_{1910}+Y_{1911}+$
 $Y_{1912}+Y_{1913}+Y_{1914}+Y_{1915}+Y_{1916}+Y_{1917}+Y_{1918}+Y_{1919}+Y_{1920}+Y_{1921}+Y_{1922}+Y_{1923}+Y_{1924}+Y_1$
 $925+Y_{1926}+Y_{1927}+Y_{1928}+Y_{1929}+Y_{1930}+Y_{201}+Y_{202}+Y_{203}+Y_{204}+Y_{205}+Y_{206}+Y_{207}+Y_{208}+Y_{209}+$
 $Y_{210}+Y_{2011}+Y_{2012}+Y_{2013}+Y_{2014}+Y_{2015}+Y_{2016}+Y_{2017}+Y_{2018}+Y_{2019}+Y_{2020}+Y_{2021}+Y_{2022}+Y_2$
 $023+Y_{2024}+Y_{2025}+Y_{2026}+Y_{2027}+Y_{2028}+Y_{2029}+Y_{2030}+Y_{211}+Y_{212}+Y_{213}+Y_{214}+Y_{215}+Y_{216}+Y_{217}$
 $+Y_{218}+Y_{219}+Y_{2110}+Y_{2111}+Y_{2112}+Y_{2113}+Y_{2114}+Y_{2115}+Y_{2116}+Y_{2117}+Y_{2118}+Y_{2119}+Y_{2120}+Y_{21}$
 $21+Y_{2122}+Y_{2123}+Y_{2124}+Y_{2125}+Y_{2126}+Y_{2127}+Y_{2128}+Y_{2129}+Y_{2130}$

Vardiyada çalışması gereken kişi kısıtı:

$$\sum_{i=1}^p x_{ijk} \geq 7 \quad \forall j, k \quad (3.4)$$

$Min Z = X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{141}+X_{142}+X_{143}+X_{151}+X_{152}+$
 $X_{153}+X_{161}+X_{162}+X_{163}+X_{171}+X_{172}+X_{173}+X_{181}+X_{182}+X_{183}+X_{191}+X_{192}+X_{193}+X_{1101}+X_{1102}+$
 $X_{1103}+X_{1111}+X_{1112}+X_{1113}+X_{1121}+X_{1122}+X_{1123}+X_{1131}+X_{1132}+X_{1133}+X_{1141}+X_{1142}+X_{1143}+X_1$
 $151+X_{1152}+X_{1153}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}$
 $+X_{1193}+X_{1201}+X_{1202}+X_{1203}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X$
 $1241+X_{1242}+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282}$
 $+X_{1283}+X_{1291}+X_{1292}+X_{1293}+X_{1301}+X_{1302}+X_{1303}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X$
 $232+X_{233}+X_{241}+X_{242}+X_{243}+X_{251}+X_{252}+X_{253}+X_{261}+X_{262}+X_{263}+X_{271}+X_{272}+X_{273}+X_{281}+X_{282}$
 $+X_{283}+X_{291}+X_{292}+X_{293}+X_{2101}+X_{2102}+X_{2103}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}$
 $+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X$
 $2172+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{2201}+X_{2202}+X_{2203}+X_{2211}+X_{2212}+X_{2213}$
 $+X_{2221}+X_{2222}+X_{2223}+X_{2231}+X_{2232}+X_{2233}+X_{2241}+X_{2242}+X_{2243}+X_{2251}+X_{2252}+X_{2253}+X_{2261}+X_2$
 $262+X_{2263}+X_{2271}+X_{2272}+X_{2273}+X_{2281}+X_{2282}+X_{2283}+X_{2291}+X_{2292}+X_{2293}+X_{2301}+X_{2302}+X_{2303}$
 $+X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}+X_{341}+X_{342}+X_{343}+X_{351}+X_{352}+X_{353}+$
 $X_{361}+X_{362}+X_{363}+X_{371}+X_{372}+X_{373}+X_{381}+X_{382}+X_{383}+X_{391}+X_{392}+X_{393}+X_{3101}+X_{3102}+X_{3103}+$
 $X_{3111}+X_{3112}+X_{3113}+X_{3121}+X_{3122}+X_{3123}+X_{3131}+X_{3132}+X_{3133}+X_{3141}+X_{3142}+X_{3143}+X_{3151}+X_3$
 $152+X_{3153}+X_{3161}+X_{3162}+X_{3163}+X_{3171}+X_{3172}+X_{3173}+X_{3181}+X_{3182}+X_{3183}+X_{3191}+X_{3192}+X_{3193}$
 $+X_{3201}+X_{3202}+X_{3203}+X_{3211}+X_{3212}+X_{3213}+X_{3221}+X_{3222}+X_{3223}+X_{3231}+X_{3232}+X_{3233}+X_{3241}+X$
 $3242+X_{3243}+X_{3251}+X_{3252}+X_{3253}+X_{3261}+X_{3262}+X_{3263}+X_{3271}+X_{3272}+X_{3273}+X_{3281}+X_{3282}+X_{3283}$
 $+X_{3291}+X_{3292}+X_{3293}+X_{3301}+X_{3302}+X_{3303}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{431}+X_{432}+X$
 $433+X_{441}+X_{442}+X_{443}+X_{451}+X_{452}+X_{453}+X_{461}+X_{462}+X_{463}+X_{471}+X_{472}+X_{473}+X_{481}+X_{482}+X_{483}$
 $+X_{491}+X_{492}+X_{493}+X_{4101}+X_{4102}+X_{4103}+X_{4111}+X_{4112}+X_{4113}+X_{4121}+X_{4122}+X_{4123}+X_{4131}+X_{413}$
 $2+X_{4133}+X_{4141}+X_{4142}+X_{4143}+X_{4151}+X_{4152}+X_{4153}+X_{4161}+X_{4162}+X_{4163}+X_{4171}+X_{4172}+X_{4173}+$
 $X_{4181}+X_{4182}+X_{4183}+X_{4191}+X_{4192}+X_{4193}+X_{4201}+X_{4202}+X_{4203}+X_{4211}+X_{4212}+X_{4213}+X_{4221}+X_4$
 $222+X_{4223}+X_{4231}+X_{4232}+X_{4233}+X_{4241}+X_{4242}+X_{4243}+X_{4251}+X_{4252}+X_{4253}+X_{4261}+X_{4262}+X_{4263}$

$+X_{4271}+X_{4272}+X_{4273}+X_{2281}+X_{4282}+X_{4283}+X_{4291}+X_{4292}+X_{4293}+X_{4301}+X_{4302}+X_{4303}+X_{511}+X_{512}+X_{513}+X_{521}+X_{522}+X_{523}+X_{531}+X_{532}+X_{533}+X_{541}+X_{542}+X_{543}+X_{551}+X_{552}+X_{553}+X_{561}+X_{562}+X_{563}+X_{571}+X_{572}+X_{573}+X_{581}+X_{582}+X_{583}+X_{591}+X_{592}+X_{593}+X_{5101}+X_{5102}+X_{5103}+X_{5111}+X_{5112}+X_{5113}+X_{5121}+X_{5122}+X_{5123}+X_{5131}+X_{5132}+X_{5133}+X_{5141}+X_{5142}+X_{5143}+X_{5151}+X_{5152}+X_{5153}+X_{5161}+X_{5162}+X_{5163}+X_{5171}+X_{5172}+X_{5173}+X_{5181}+X_{5182}+X_{5183}+X_{5191}+X_{5192}+X_{5193}+X_{5201}+X_{5202}+X_{5203}+X_{5211}+X_{5212}+X_{5213}+X_{5221}+X_{5222}+X_{5223}+X_{5231}+X_{5232}+X_{5233}+X_{5241}+X_{5242}+X_{5243}+X_{5251}+X_{5252}+X_{5253}+X_{5261}+X_{5262}+X_{5263}+X_{5271}+X_{5272}+X_{5273}+X_{5281}+X_{5282}+X_{5283}+X_{5291}+X_{5292}+X_{5293}+X_{5301}+X_{5302}+X_{5303}+X_{611}+X_{612}+X_{613}+X_{621}+X_{622}+X_{623}+X_{631}+X_{632}+X_{633}+X_{641}+X_{642}+X_{643}+X_{651}+X_{652}+X_{653}+X_{661}+X_{662}+X_{663}+X_{671}+X_{672}+X_{673}+X_{681}+X_{682}+X_{683}+X_{691}+X_{692}+X_{693}+X_{6101}+X_{6102}+X_{6103}+X_{6111}+X_{6112}+X_{6113}+X_{6121}+X_{6122}+X_{6123}+X_{6131}+X_{6132}+X_{6133}+X_{6141}+X_{6142}+X_{6143}+X_{6151}+X_{6152}+X_{6153}+X_{6161}+X_{6162}+X_{6163}+X_{6171}+X_{6172}+X_{6173}+X_{6181}+X_{6182}+X_{6183}+X_{6191}+X_{6192}+X_{6193}+X_{6201}+X_{6202}+X_{6203}+X_{6211}+X_{6212}+X_{6213}+X_{6221}+X_{6222}+X_{6223}+X_{6231}+X_{6232}+X_{6233}+X_{6241}+X_{6242}+X_{6243}+X_{6251}+X_{6252}+X_{6253}+X_{6261}+X_{6262}+X_{6263}+X_{6271}+X_{6272}+X_{6273}+X_{6281}+X_{6282}+X_{6283}+X_{6291}+X_{6292}+X_{6293}+X_{6301}+X_{6302}+X_{6303}+X_{711}+X_{712}+X_{713}+X_{721}+X_{722}+X_{723}+X_{731}+X_{732}+X_{733}+X_{741}+X_{742}+X_{743}+X_{751}+X_{752}+X_{753}+X_{761}+X_{762}+X_{763}+X_{771}+X_{772}+X_{773}+X_{781}+X_{782}+X_{783}+X_{791}+X_{792}+X_{793}+X_{7101}+X_{7102}+X_{7103}+X_{7111}+X_{7112}+X_{7113}+X_{7121}+X_{7122}+X_{7123}+X_{7131}+X_{7132}+X_{7133}+X_{7141}+X_{7142}+X_{7143}+X_{7151}+X_{7152}+X_{7153}+X_{7161}+X_{7162}+X_{7163}+X_{7171}+X_{7172}+X_{7173}+X_{7181}+X_{7182}+X_{7183}+X_{7191}+X_{7192}+X_{7193}+X_{7201}+X_{7202}+X_{7203}+X_{7211}+X_{7212}+X_{7213}+X_{7221}+X_{7222}+X_{7223}+X_{7231}+X_{7232}+X_{7233}+X_{7241}+X_{7242}+X_{7243}+X_{7251}+X_{7252}+X_{7253}+X_{7261}+X_{7262}+X_{7263}+X_{7271}+X_{7272}+X_{7273}+X_{7281}+X_{7282}+X_{7283}+X_{7291}+X_{7292}+X_{7293}+X_{7301}+X_{7302}+X_{7303}+X_{811}+X_{812}+X_{813}+X_{821}+X_{822}+X_{823}+X_{831}+X_{832}+X_{833}+X_{841}+X_{842}+X_{843}+X_{851}+X_{852}+X_{853}+X_{861}+X_{862}+X_{863}+X_{871}+X_{872}+X_{873}+X_{881}+X_{882}+X_{883}+X_{891}+X_{892}+X_{893}+X_{8101}+X_{8102}+X_{8103}+X_{8111}+X_{8112}+X_{8113}+X_{8121}+X_{8122}+X_{8123}+X_{8131}+X_{8132}+X_{8133}+X_{8141}+X_{8142}+X_{8143}+X_{8151}+X_{8152}+X_{8153}+X_{8161}+X_{8162}+X_{8163}+X_{8171}+X_{8172}+X_{8173}+X_{8181}+X_{8182}+X_{8183}+X_{8191}+X_{8192}+X_{8193}+X_{8201}+X_{8202}+X_{8203}+X_{8211}+X_{8212}+X_{8213}+X_{8221}+X_{8222}+X_{8223}+X_{8231}+X_{8232}+X_{8233}+X_{8241}+X_{8242}+X_{8243}+X_{8251}+X_{8252}+X_{8253}+X_{8261}+X_{8262}+X_{8263}+X_{8271}+X_{8272}+X_{8273}+X_{8281}+X_{8282}+X_{8283}+X_{8291}+X_{8292}+X_{8293}+X_{8301}+X_{8302}+X_{8303}+X_{911}+X_{912}+X_{913}+X_{921}+X_{922}+X_{923}+X_{931}+X_{932}+X_{933}+X_{941}+X_{942}+X_{943}+X_{951}+X_{952}+X_{953}+X_{961}+X_{962}+X_{963}+X_{971}+X_{972}+X_{973}+X_{981}+X_{982}+X_{983}+X_{991}+X_{992}+X_{993}+X_{9101}+X_{9102}+X_{9103}+X_{9111}+X_{9112}+X_{9113}+X_{9121}+X_{9122}+X_{9123}+X_{9131}+X_{9132}+X_{9133}+X_{9141}+X_{9142}+X_{9143}+X_{9151}+X_{9152}+X_{9153}+X_{9161}+X_{9162}+X_{9163}+X_{9171}+X_{9172}+X_{9173}+X_{9181}+X_{9182}+X_{9183}+X_{9191}+X_{9192}+X_{9193}+X_{9201}+X_{9202}+X_{9203}+X_{9211}+X_{9212}+X_{9213}+X_{9221}+X_{9222}+X_{9223}+X_{9231}+X_{9232}+X_{9233}+X_{9241}+X_{9242}+X_{9243}+X_{9251}+X_{9252}+X_{9253}+X_{9261}+X_{9262}+X_{9263}+X_{9271}+X_{9272}+X_{9273}+X_{9281}+X_{9282}+X_{9283}+X_{9291}+X_{9292}+X_{9293}+X_{9301}+X_{9302}+X_{9303}+X_{1011}+X_{1012}+X_{1013}+X_{1021}+X_{1022}+X_{1023}+X_{1031}+X_{1032}+X_{1033}+X_{1041}+X_{1042}+X_{1043}+X_{1051}+X_{1052}+X_{1053}+X_{1061}+X_{1062}+X_{1063}+X_{1071}+X_{1072}+X_{1073}+X_{1081}+X_{1082}+X_{1083}+X_{1091}+X_{1092}+X_{1093}+X_{10101}+X_{10102}+X_{10103}+X_{10111}+X_{10112}+X_{10113}+X_{10121}+X_{10122}+X_{10123}+X_{10131}+X_{10132}+X_{10133}+X_{10141}+X_{10142}+X_{10143}+X_{10151}+X_{10152}+X_{10153}+X_{10161}+X_{10162}+X_{10163}+X_{10171}+X_{10172}+X_{10173}+X_{10181}+X_{10182}+X_{10183}+X_{10191}+X_{10192}+X_{10193}+X_{10201}+X_{10202}+X_{10203}+X_{10211}+X_{10212}+X_{10213}+X_{10221}+X_{10222}+X_{10223}+X_{10231}+X_{10232}+X_{10233}+X_{10241}+X_{10242}+X_{10243}+X_{10251}+X_{10252}+X_{10253}+X_{10261}+X_{10262}+X_{10263}+X_{10271}+X_{10272}+X_{10273}+X_{10281}+X_{10282}+X_{10283}+X_{10291}+X_{10292}+X_{10293}+X_{10301}+X_{10302}+X_{10303}+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{1101}+X_{1102}+X_{1103}+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{11201}+X_{11202}+X_{11203}+X_{11211}+X_{11212}+X_{11213}+X_{11221}+X_{11222}+X_{11223}+X_{11231}+X_{11232}+X_{11233}+X_{11241}+X_{11242}+X_{11243}+X_{11251}+X_{11252}+X_{11253}+X_{11261}+X_{11262}+X_{11263}+X_{11271}+X_{11272}+X_{11273}+X_{11281}+X_{11282}+X_{11283}+X_{11291}+X_{11292}+X_{11293}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X_{1241}+X_{1242}+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282}+X_{1283}+X_{1291}+X_{1292}+X_{1293}+X_{12101}+X_{12102}+X_{12103}+X_{12111}$

$+X_{12112}+X_{12113}+X_{12121}+X_{12122}+X_{12123}+X_{12131}+X_{12132}+X_{12133}+X_{12141}+X_{12142}+X_{12143}+X_{12151}+X_{12152}+X_{12153}+X_{12161}+X_{12162}+X_{12163}+X_{12171}+X_{12172}+X_{12173}+X_{12181}+X_{12182}+X_{12183}+X_{12191}+X_{12192}+X_{12193}+X_{12201}+X_{12202}+X_{12203}+X_{12211}+X_{12212}+X_{12213}+X_{12221}+X_{12222}+X_{12223}+X_{12231}+X_{12232}+X_{12233}+X_{12241}+X_{12242}+X_{12243}+X_{12251}+X_{12252}+X_{12253}+X_{12261}+X_{12262}+X_{12263}+X_{12271}+X_{12272}+X_{12273}+X_{12281}+X_{12282}+X_{12283}+X_{12291}+X_{12292}+X_{12293}+X_{12301}+X_{12302}+X_{12303}+X_{13111}+X_{13112}+X_{13113}+X_{13121}+X_{13122}+X_{13123}+X_{13131}+X_{13132}+X_{13133}+X_{13141}+X_{13142}+X_{13143}+X_{13151}+X_{13152}+X_{13153}+X_{13161}+X_{13162}+X_{13163}+X_{13171}+X_{13172}+X_{13173}+X_{13181}+X_{13182}+X_{13183}+X_{13191}+X_{13192}+X_{13193}+X_{13201}+X_{13202}+X_{13203}+X_{13211}+X_{13212}+X_{13213}+X_{13221}+X_{13222}+X_{13223}+X_{13231}+X_{13232}+X_{13233}+X_{13241}+X_{13242}+X_{13243}+X_{13251}+X_{13252}+X_{13253}+X_{13261}+X_{13262}+X_{13263}+X_{13271}+X_{13272}+X_{13273}+X_{13281}+X_{13282}+X_{13283}+X_{13291}+X_{13292}+X_{13293}+X_{13301}+X_{13302}+X_{13303}+X_{14111}+X_{14112}+X_{14113}+X_{14121}+X_{14122}+X_{14123}+X_{14131}+X_{14132}+X_{14133}+X_{14141}+X_{14142}+X_{14143}+X_{14151}+X_{14152}+X_{14153}+X_{14161}+X_{14162}+X_{14163}+X_{14171}+X_{14172}+X_{14173}+X_{14181}+X_{14182}+X_{14183}+X_{14191}+X_{14192}+X_{14193}+X_{14201}+X_{14202}+X_{14203}+X_{14211}+X_{14212}+X_{14213}+X_{14221}+X_{14222}+X_{14223}+X_{14231}+X_{14232}+X_{14233}+X_{14241}+X_{14242}+X_{14243}+X_{14251}+X_{14252}+X_{14253}+X_{14261}+X_{14262}+X_{14263}+X_{14271}+X_{14272}+X_{14273}+X_{14281}+X_{14282}+X_{14283}+X_{14291}+X_{14292}+X_{14293}+X_{14301}+X_{14302}+X_{14303}+X_{15111}+X_{15112}+X_{15113}+X_{15121}+X_{15122}+X_{15123}+X_{15131}+X_{15132}+X_{15133}+X_{15141}+X_{15142}+X_{15143}+X_{15151}+X_{15152}+X_{15153}+X_{15161}+X_{15162}+X_{15163}+X_{15171}+X_{15172}+X_{15173}+X_{15181}+X_{15182}+X_{15183}+X_{15191}+X_{15192}+X_{15193}+X_{15201}+X_{15202}+X_{15203}+X_{15211}+X_{15212}+X_{15213}+X_{15221}+X_{15222}+X_{15223}+X_{15231}+X_{15232}+X_{15233}+X_{15241}+X_{15242}+X_{15243}+X_{15251}+X_{15252}+X_{15253}+X_{15261}+X_{15262}+X_{15263}+X_{15271}+X_{15272}+X_{15273}+X_{15281}+X_{15282}+X_{15283}+X_{15291}+X_{15292}+X_{15293}+X_{15301}+X_{15302}+X_{15303}+X_{16111}+X_{16112}+X_{16113}+X_{16121}+X_{16122}+X_{16123}+X_{16131}+X_{16132}+X_{16133}+X_{16141}+X_{16142}+X_{16143}+X_{16151}+X_{16152}+X_{16153}+X_{16161}+X_{16162}+X_{16163}+X_{16171}+X_{16172}+X_{16173}+X_{16181}+X_{16182}+X_{16183}+X_{16191}+X_{16192}+X_{16193}+X_{16201}+X_{16202}+X_{16203}+X_{16211}+X_{16212}+X_{16213}+X_{16221}+X_{16222}+X_{16223}+X_{16231}+X_{16232}+X_{16233}+X_{16241}+X_{16242}+X_{16243}+X_{16251}+X_{16252}+X_{16253}+X_{16261}+X_{16262}+X_{16263}+X_{16271}+X_{16272}+X_{16273}+X_{16281}+X_{16282}+X_{16283}+X_{16291}+X_{16292}+X_{16293}+X_{16301}+X_{16302}+X_{16303}+X_{17111}+X_{17112}+X_{17113}+X_{17121}+X_{17122}+X_{17123}+X_{17131}+X_{17132}+X_{17133}+X_{17141}+X_{17142}+X_{17143}+X_{17151}+X_{17152}+X_{17153}+X_{17161}+X_{17162}+X_{17163}+X_{17171}+X_{17172}+X_{17173}+X_{17181}+X_{17182}+X_{17183}+X_{17191}+X_{17192}+X_{17193}+X_{17201}+X_{17202}+X_{17203}+X_{17211}+X_{17212}+X_{17213}+X_{17221}+X_{17222}+X_{17223}+X_{17231}+X_{17232}+X_{17233}+X_{17241}+X_{17242}+X_{17243}+X_{17251}+X_{17252}+X_{17253}+X_{17261}+X_{17262}+X_{17263}+X_{17271}+X_{17272}+X_{17273}+X_{17281}+X_{17282}+X_{17283}+X_{17291}+X_{17292}+X_{17293}+X_{17301}+X_{17302}+X_{17303}+X_{18111}+X_{18112}+X_{18113}+X_{18121}+X_{18122}+X_{18123}+X_{18131}+X_{18132}+X_{18133}+X_{18141}+X_{18142}+X_{18143}+X_{18151}+X_{18152}+X_{18153}+X_{18161}+X_{18162}+X_{18163}+X_{18171}+X_{18172}+X_{18173}+X_{18181}+X_{18182}+X_{18183}+X_{18191}+X_{18192}+X_{18193}+X_{18201}+X_{18202}+X_{18203}+X_{18211}+X_{18212}+X_{18213}+X_{18221}+X_{18222}+X_{18223}+X_{18231}+X_{18232}+X_{18233}+X_{18241}+X_{18242}+X_{18243}+X_{18251}+X_{18252}+X_{18253}+X_{18261}+X_{18262}+X_{18263}+X_{18271}+X_{18272}+X_{18273}+X_{18281}+X_{18282}+X_{18283}+X_{18291}+X_{18292}+X_{18293}+X_{18301}+X_{18302}+X_{18303}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}+X_{20111}+X_{20112}+X_{20113}+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{20152}+X_{20153}+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{20192}+X_{20193}+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}$

$X_{1983}+X_{1991}+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}+X_{19211}+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X_{19243}+X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+X_{19283}+X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{2023}+X_{2031}+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+X_{2072}+X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112}+X_{20113}+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{20152}+X_{20153}+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{20192}+X_{20193}+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}+X_{20211}+X_{20212}+X_{20213}+X_{20221}+X_{20222}+X_{20223}+X_{20231}+X_{20232}+X_{20233}+X_{20241}+X_{20242}+X_{20243}+X_{20251}+X_{20252}+X_{20253}+X_{20261}+X_{20262}+X_{20263}+X_{20271}+X_{20272}+X_{20273}+X_{20281}+X_{20282}+X_{20283}+X_{20291}+X_{20292}+X_{20293}+X_{20301}+X_{20302}+X_{20303}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{21101}+X_{21102}+X_{21103}+X_{21111}+X_{21112}+X_{21113}+X_{21121}+X_{21122}+X_{21123}+X_{21131}+X_{21132}+X_{21133}+X_{21141}+X_{21142}+X_{21143}+X_{21151}+X_{21152}+X_{21153}+X_{21161}+X_{21162}+X_{21163}+X_{21171}+X_{21172}+X_{21173}+X_{21181}+X_{21182}+X_{21183}+X_{21191}+X_{21192}+X_{21193}+X_{21201}+X_{21202}+X_{21203}+X_{21211}+X_{21212}+X_{21213}+X_{21221}+X_{21222}+X_{21223}+X_{21231}+X_{21232}+X_{21233}+X_{21241}+X_{21242}+X_{21243}+X_{21251}+X_{21252}+X_{21253}+X_{21261}+X_{21262}+X_{21263}+X_{21271}+X_{21272}+X_{21273}+X_{21281}+X_{21282}+X_{21283}+X_{21291}+X_{21292}+X_{21293}+X_{21301}+X_{21302}+X_{21303} \geq 7$

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (3.5)$$

$\text{Min } Z = X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{141}+X_{142}+X_{143}+X_{151}+X_{152}+X_{153}+X_{161}+X_{162}+X_{163}+X_{171}+X_{172}+X_{173}+X_{181}+X_{182}+X_{183}+X_{191}+X_{192}+X_{193}+X_{1101}+X_{1102}+X_{1103}+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{1201}+X_{1202}+X_{1203}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X_{1241}+X_{1242}+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282}+X_{1283}+X_{1291}+X_{1292}+X_{1293}+X_{1301}+X_{1302}+X_{1303}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X_{232}+X_{233}+X_{241}+X_{242}+X_{243}+X_{251}+X_{252}+X_{253}+X_{261}+X_{262}+X_{263}+X_{271}+X_{272}+X_{273}+X_{281}+X_{282}+X_{283}+X_{291}+X_{292}+X_{293}+X_{2101}+X_{2102}+X_{2103}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{2201}+X_{2202}+X_{2203}+X_{2211}+X_{2212}+X_{2213}+X_{2221}+X_{2222}+X_{2223}+X_{2231}+X_{2232}+X_{2233}+X_{2241}+X_{2242}+X_{2243}+X_{2251}+X_{2252}+X_{2253}+X_{2261}+X_{2262}+X_{2263}+X_{2271}+X_{2272}+X_{2273}+X_{2281}+X_{2282}+X_{2283}+X_{2291}+X_{2292}+X_{2293}+X_{2301}+X_{2302}+X_{2303}+X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}+X_{341}+X_{342}+X_{343}+X_{351}+X_{352}+X_{353}+X_{361}+X_{362}+X_{363}+X_{371}+X_{372}+X_{373}+X_{381}+X_{382}+X_{383}+X_{391}+X_{392}+X_{393}+X_{3101}+X_{3102}+X_{3103}+X_{3111}+X_{3112}+X_{3113}+X_{3121}+X_{3122}+X_{3123}+X_{3131}+X_{3132}+X_{3133}+X_{3141}+X_{3142}+X_{3143}+X_{3151}+X_{3152}+X_{3153}+X_{3161}+X_{3162}+X_{3163}+X_{3171}+X_{3172}+X_{3173}+X_{3181}+X_{3182}+X_{3183}+X_{3191}+X_{3192}+X_{3193}+X_{3201}+X_{3202}+X_{3203}+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}+X_{3261}+X_{3262}+X_{3263}+X_{3271}+X_{3272}+X_{3273}+X_{3281}+X_{3282}+X_{3283}+X_{3291}+X_{3292}+X_{3293}+X_{3301}+X_{3302}+X_{3303}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{431}+X_{432}+X_{433}+X_{441}+X_{442}+X_{443}+X_{451}+X_{452}+X_{453}+X_{461}+X_{462}+X_{463}+X_{471}+X_{472}+X_{473}+X_{481}+X_{482}+X_{483}+X_{491}+X_{492}+X_{493}+X_{4101}+X_{4102}+X_{4103}+X_{4111}+X_{4112}+X_{4113}+X_{4121}+X_{4122}+X_{4123}+X_{4131}+X_{4132}+X_{4133}+X_{4141}+X_{4142}+X_{4143}+X_{4151}+X_{4152}+X_{4153}+X_{4161}+X_{4162}+X_{4163}+X_{4171}+X_{4172}+X_{4173}+$

$$\begin{aligned}
&93+X_{18301}+X_{18302}+X_{18303}+X_{1911}+X_{1912}+X_{1913}+X_{1921}+X_{1922}+X_{1923}+X_{1931}+X_{1932}+X_{1933}+X_{194} \\
&1+X_{1942}+X_{1943}+X_{1951}+X_{1952}+X_{1953}+X_{1961}+X_{1962}+X_{1963}+X_{1971}+X_{1972}+X_{1973}+X_{1981}+X_{1982}+X \\
&1983+X_{1991}+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{191} \\
&23+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19} \\
&163+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{1} \\
&9203+X_{19211}+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X \\
&19243+X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+ \\
&X_{19283}+X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{20} \\
&23+X_{2031}+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+ \\
&X_{2072}+X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112} \\
&+X_{20113}+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{2015} \\
&2+X_{20153}+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{201} \\
&92+X_{20193}+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}+X_{20211}+X_{20212}+X_{20213}+X_{20221}+X_{20222}+X_{20223}+X_{20231}+X_{20} \\
&232+X_{20233}+X_{20241}+X_{20242}+X_{20243}+X_{20251}+X_{20252}+X_{20253}+X_{20261}+X_{20262}+X_{20263}+X_{20271}+X_{2} \\
&0272+X_{20273}+X_{20281}+X_{20282}+X_{20283}+X_{20291}+X_{20292}+X_{20293}+X_{20301}+X_{20302}+X_{20303}+X_{2111}+X_{2} \\
&112+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153} \\
&+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{21101}+ \\
&X_{21102}+X_{21103}+X_{21111}+X_{21112}+X_{21113}+X_{21121}+X_{21122}+X_{21123}+X_{21131}+X_{21132}+X_{21133}+X_{21141} \\
&+X_{21142}+X_{21143}+X_{21151}+X_{21152}+X_{21153}+X_{21161}+X_{21162}+X_{21163}+X_{21171}+X_{21172}+X_{21173}+X_{2118} \\
&1+X_{21182}+X_{21183}+X_{21191}+X_{21132}+X_{21193}+X_{21201}+X_{21202}+X_{21203}+X_{21211}+X_{21212}+X_{21213}+X_{212} \\
&21+X_{21222}+X_{21223}+X_{21231}+X_{21232}+X_{21233}+X_{21241}+X_{21242}+X_{21243}+X_{21251}+X_{21252}+X_{21253}+X_{21} \\
&261+X_{21262}+X_{21263}+X_{21271}+X_{21272}+X_{21273}+X_{21281}+X_{21282}+X_{21283}+X_{21291}+X_{21292}+X_{21293}+X_{2} \\
&1301+X_{21302}+X_{21303} \leq 1
\end{aligned}$$

Atama kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} \leq 10 \quad \forall i \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned}
&X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{141}+X_{142}+X_{143}+X_{151}+X_{152}+X_{153}+X_{1} \\
&61+X_{162}+X_{163}+X_{171}+X_{172}+X_{173}+X_{181}+X_{182}+X_{183}+X_{191}+X_{192}+X_{193}+X_{1101}+X_{1102}+X_{1103}+X_{1} \\
&111+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X \\
&1201+X_{1202}+X_{1203}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X_{1241}+X_{1242} \\
&+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282}+X_{1283}+X_{1} \\
&291+X_{1292}+X_{1293}+X_{1301}+X_{1302}+X_{1303}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X_{232}+X_{233}+ \\
&X_{241}+X_{242}+X_{243}+X_{251}+X_{252}+X_{253}+X_{261}+X_{262}+X_{263}+X_{271}+X_{272}+X_{273}+X_{281}+X_{282}+X_{283}+X_{2} \\
&91+X_{292}+X_{293}+X_{2101}+X_{2102}+X_{2103}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2131}+X \\
&2132+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173} \\
&+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{2201}+X_{2202}+X_{2203}+X_{2211}+X_{2212}+X_{2213}+X_{2221}+X \\
&2222+X_{2223}+X_{2231}+X_{2232}+X_{2233}+X_{2241}+X_{2242}+X_{2243}+X_{2251}+X_{2252}+X_{2253}+X_{2261}+X_{2262}+X_{2263} \\
&+X_{2271}+X_{2272}+X_{2273}+X_{2281}+X_{2282}+X_{2283}+X_{2291}+X_{2292}+X_{2293}+X_{2301}+X_{2302}+X_{2303}+X_{311}+X_{3} \\
&12+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}+X_{341}+X_{342}+X_{343}+X_{351}+X_{352}+X_{353}+X_{361}+X_{362} \\
&+X_{363}+X_{371}+X_{372}+X_{373}+X_{381}+X_{382}+X_{383}+X_{391}+X_{392}+X_{393}+X_{3101}+X_{3102}+X_{3103}+X_{3111}+X_{31} \\
&12+X_{3113}+X_{3121}+X_{3122}+X_{3123}+X_{3131}+X_{3132}+X_{3133}+X_{3141}+X_{3142}+X_{3143}+X_{3151}+X_{3152}+X_{3153}+ \\
&X_{3161}+X_{3162}+X_{3163}+X_{3171}+X_{3172}+X_{3173}+X_{3181}+X_{3182}+X_{3183}+X_{3191}+X_{3192}+X_{3193}+X_{3201}+X_{3} \\
&202+X_{3203}+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}+X_{3261}+X_{3262}+X_{3263}+X_{3271}+X_{3272}+X_{3273}+X_{3281}+X_{3282}+X_{3283}+X_{3291}+X \\
&3292+X_{3293}+X_{3301}+X_{3302}+X_{3303}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{431}+X_{432}+X_{433}+X_{441}+
\end{aligned}$$

$X_{442}+X_{443}+X_{451}+X_{452}+X_{453}+X_{461}+X_{462}+X_{463}+X_{471}+X_{472}+X_{473}+X_{481}+X_{482}+X_{483}+X_{491}+X_{492}+X_{493}+X_{4101}+X_{4102}+X_{4103}+X_{4111}+X_{4112}+X_{4113}+X_{4121}+X_{4122}+X_{4123}+X_{4131}+X_{4132}+X_{4133}+X_{4141}+X_{4142}+X_{4143}+X_{4151}+X_{4152}+X_{4153}+X_{4161}+X_{4162}+X_{4163}+X_{4171}+X_{4172}+X_{4173}+X_{4181}+X_{4182}+X_{4183}+X_{4191}+X_{4192}+X_{4193}+X_{4201}+X_{4202}+X_{4203}+X_{4211}+X_{4212}+X_{4213}+X_{4221}+X_{4222}+X_{4223}+X_{4231}+X_{4232}+X_{4233}+X_{4241}+X_{4242}+X_{4243}+X_{4251}+X_{4252}+X_{4253}+X_{4261}+X_{4262}+X_{4263}+X_{4271}+X_{4272}+X_{4273}+X_{2281}+X_{4282}+X_{4283}+X_{4291}+X_{4292}+X_{4293}+X_{4301}+X_{4302}+X_{4303}+X_{511}+X_{512}+X_{513}+X_{521}+X_{522}+X_{523}+X_{531}+X_{532}+X_{533}+X_{541}+X_{542}+X_{543}+X_{551}+X_{552}+X_{553}+X_{561}+X_{562}+X_{563}+X_{571}+X_{572}+X_{573}+X_{581}+X_{582}+X_{583}+X_{591}+X_{592}+X_{593}+X_{5101}+X_{5102}+X_{5103}+X_{5111}+X_{5112}+X_{5113}+X_{5121}+X_{5122}+X_{5123}+X_{5131}+X_{5132}+X_{5133}+X_{5141}+X_{5142}+X_{5143}+X_{5151}+X_{5152}+X_{5153}+X_{5161}+X_{5162}+X_{5163}+X_{5171}+X_{5172}+X_{5173}+X_{5181}+X_{5182}+X_{5183}+X_{5191}+X_{5192}+X_{5193}+X_{5201}+X_{5202}+X_{5203}+X_{5211}+X_{5212}+X_{5213}+X_{5221}+X_{5222}+X_{5223}+X_{5231}+X_{5232}+X_{5233}+X_{5241}+X_{5242}+X_{5243}+X_{5251}+X_{5252}+X_{5253}+X_{5261}+X_{5262}+X_{5263}+X_{5271}+X_{5272}+X_{5273}+X_{5281}+X_{5282}+X_{5283}+X_{5291}+X_{5292}+X_{5293}+X_{5301}+X_{5302}+X_{5303}+X_{611}+X_{612}+X_{613}+X_{621}+X_{622}+X_{623}+X_{631}+X_{632}+X_{633}+X_{641}+X_{642}+X_{643}+X_{651}+X_{652}+X_{653}+X_{661}+X_{662}+X_{663}+X_{671}+X_{672}+X_{673}+X_{681}+X_{682}+X_{683}+X_{691}+X_{692}+X_{693}+X_{6101}+X_{6102}+X_{6103}+X_{6111}+X_{6112}+X_{6113}+X_{6121}+X_{6122}+X_{6123}+X_{6131}+X_{6132}+X_{6133}+X_{6141}+X_{6142}+X_{6143}+X_{6151}+X_{6152}+X_{6153}+X_{6161}+X_{6162}+X_{6163}+X_{6171}+X_{6172}+X_{6173}+X_{6181}+X_{6182}+X_{6183}+X_{6191}+X_{6192}+X_{6193}+X_{6201}+X_{6202}+X_{6203}+X_{6211}+X_{6212}+X_{6213}+X_{6221}+X_{6222}+X_{6223}+X_{6231}+X_{6232}+X_{6233}+X_{6241}+X_{6242}+X_{6243}+X_{6251}+X_{6252}+X_{6253}+X_{6261}+X_{6262}+X_{6263}+X_{6271}+X_{6272}+X_{6273}+X_{6281}+X_{6282}+X_{6283}+X_{6291}+X_{6292}+X_{6293}+X_{6301}+S_{6302}+S_{6303}+X_{711}+X_{712}+X_{713}+X_{721}+X_{722}+X_{723}+X_{731}+X_{732}+X_{733}+X_{741}+X_{742}+X_{743}+X_{751}+X_{752}+X_{753}+X_{761}+X_{762}+X_{763}+X_{771}+X_{772}+X_{773}+X_{781}+X_{782}+X_{783}+X_{791}+X_{792}+X_{793}+X_{7101}+X_{7102}+X_{7103}+X_{7111}+X_{7112}+X_{7113}+X_{7121}+X_{7122}+X_{7123}+X_{7131}+X_{7132}+X_{7133}+X_{7141}+X_{7142}+X_{7143}+X_{7151}+X_{7152}+X_{7153}+X_{7161}+X_{7162}+X_{7163}+X_{7171}+X_{7172}+X_{7173}+X_{7181}+X_{7182}+X_{7183}+X_{7191}+X_{7192}+X_{7193}+X_{7201}+X_{7202}+X_{7203}+X_{7211}+X_{7212}+X_{7213}+X_{7221}+X_{7222}+X_{7223}+X_{7231}+X_{7232}+X_{7233}+X_{7241}+X_{7242}+X_{7243}+X_{7251}+X_{7252}+X_{7253}+X_{7261}+X_{7262}+X_{7263}+X_{7271}+X_{7272}+X_{7273}+X_{7281}+X_{7282}+X_{7283}+X_{7291}+X_{7292}+X_{7293}+X_{7301}+X_{7302}+X_{7303}+X_{811}+X_{812}+X_{813}+X_{821}+X_{822}+X_{823}+X_{831}+X_{832}+X_{833}+X_{841}+X_{842}+X_{843}+X_{851}+X_{852}+X_{853}+X_{861}+X_{862}+X_{863}+X_{871}+X_{872}+X_{873}+X_{881}+X_{882}+X_{883}+X_{891}+X_{892}+X_{893}+X_{8101}+X_{8102}+X_{8103}+X_{8111}+X_{8112}+X_{8113}+X_{8121}+X_{8122}+X_{8123}+X_{8131}+X_{8132}+X_{8133}+X_{8141}+X_{8142}+X_{8143}+X_{8151}+X_{8152}+X_{8153}+X_{8161}+X_{8162}+X_{8163}+X_{8171}+X_{8172}+X_{8173}+X_{8181}+X_{8182}+X_{8183}+X_{8191}+X_{8192}+X_{8193}+X_{8201}+X_{8202}+X_{8203}+X_{8211}+X_{8212}+X_{8213}+X_{8221}+X_{8222}+X_{8223}+X_{8231}+X_{8232}+X_{8233}+X_{8241}+X_{8242}+X_{8243}+X_{8251}+X_{8252}+X_{8253}+X_{8261}+X_{8262}+X_{8263}+X_{8271}+X_{8272}+X_{8273}+X_{8281}+X_{8282}+X_{8283}+X_{8291}+X_{8292}+X_{8293}+X_{8301}+X_{8302}+X_{8303}+X_{911}+X_{912}+X_{913}+X_{921}+X_{922}+X_{923}+X_{931}+X_{932}+X_{933}+X_{941}+X_{942}+X_{943}+X_{951}+X_{952}+X_{953}+X_{961}+X_{962}+X_{963}+X_{971}+X_{972}+X_{973}+X_{981}+X_{982}+X_{983}+X_{991}+X_{992}+X_{993}+X_{9101}+X_{9102}+X_{9103}+X_{9111}+X_{9112}+X_{9113}+X_{9121}+X_{9122}+X_{9123}+X_{9131}+X_{9132}+X_{9133}+X_{9141}+X_{9142}+X_{9143}+X_{9151}+X_{9152}+X_{9153}+X_{9161}+X_{9162}+X_{9163}+X_{9171}+X_{9172}+X_{9173}+X_{9181}+X_{9182}+X_{9183}+X_{9191}+X_{9192}+X_{9193}+X_{9201}+X_{9202}+X_{9203}+X_{9211}+X_{9212}+X_{9213}+X_{9221}+X_{9222}+X_{9223}+X_{9231}+X_{9232}+X_{9233}+X_{9241}+X_{9242}+X_{9243}+X_{9251}+X_{9252}+X_{9253}+X_{9261}+X_{9262}+X_{9263}+X_{9271}+X_{9272}+X_{9273}+X_{9281}+X_{9282}+X_{9283}+X_{9291}+X_{9292}+X_{9293}+X_{9301}+X_{9302}+X_{9303}+X_{1011}+X_{1012}+X_{1013}+X_{1021}+X_{1022}+X_{1023}+X_{1031}+X_{1032}+X_{1033}+X_{1041}+X_{1042}+X_{1043}+X_{1051}+X_{1052}+X_{1053}+X_{1061}+X_{1062}+X_{1063}+X_{1071}+X_{1072}+X_{1073}+X_{1081}+X_{1082}+X_{1083}+X_{1091}+X_{1092}+X_{1093}+X_{10101}+X_{10102}+X_{10103}+X_{10111}+X_{10112}+X_{10113}+X_{10121}+X_{10122}+X_{10123}+X_{10131}+X_{10132}+X_{10133}+X_{10141}+X_{10142}+X_{10143}+X_{10151}+X_{10152}+X_{10153}+X_{10161}+X_{10162}+X_{10163}+X_{10171}+X_{10172}+X_{10173}+X_{10181}+X_{10182}+X_{10183}+X_{10191}+X_{10192}+X_{10193}+X_{10201}+X_{10202}+X_{10203}+X_{10211}+X_{10212}+X_{10213}+X_{10221}+X_{10222}+X_{10223}+X_{10231}+X_{10232}+X_{10233}+X_{10241}+X_{10242}+X_{10243}+X_{10251}+X_{10252}+X_{10253}+X_{10261}+X_{10262}+X_{10263}+X_{10271}+X_{10272}+X_{10273}+X_{10281}+X_{10282}+X_{10283}+X_{10291}+X_{10292}+X_{10293}+X_{10301}+X_{10302}+X_{10303}+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{1101}+X_{1102}+X_{1103}+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{11201}+X_{11202}+X_{11203}$

$$\begin{aligned}
& +X_{18182}+X_{18183}+X_{18191}+X_{18192}+X_{18193}+X_{18201}+X_{18202}+X_{18203}+X_{18211}+X_{18212}+X_{18213}+X_{1822} \\
& 1+X_{18222}+X_{18223}+X_{18231}+X_{18232}+X_{18233}+X_{18241}+X_{18242}+X_{18243}+X_{18251}+X_{18252}+X_{18253}+X_{182} \\
& 61+X_{18262}+X_{18263}+X_{18271}+X_{18272}+X_{18273}+X_{18281}+X_{18282}+X_{18283}+X_{18291}+X_{18292}+X_{18293}+X_{18} \\
& 301+X_{18302}+X_{18303}+X_{1911}+X_{1912}+X_{1913}+X_{1921}+X_{1922}+X_{1923}+X_{1931}+X_{1932}+X_{1933}+X_{1941}+X_{194} \\
& 2+X_{1943}+X_{1951}+X_{1952}+X_{1953}+X_{1961}+X_{1962}+X_{1963}+X_{1971}+X_{1972}+X_{1973}+X_{1981}+X_{1982}+X_{1983}+X \\
& 1991+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}+X_{19} \\
& 131+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}+X_{1} \\
& 9171+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}+X \\
& 19211+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X_{19243}+ \\
& X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+X_{19283} \\
& +X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{2023}+X_{20} \\
& 31+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+X_{2072}+ \\
& X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112}+X_{2011} \\
& 3+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{20152}+X_{201} \\
& 53+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{20192}+X_{20} \\
& 193+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}+X_{20211}+X_{20212}+X_{20213}+X_{20221}+X_{20222}+X_{20223}+X_{20231}+X_{20232}+X_{2} \\
& 0233+X_{20241}+X_{20242}+X_{20243}+X_{20251}+X_{20252}+X_{20253}+X_{20261}+X_{20262}+X_{20263}+X_{20271}+X_{20272}+X \\
& 20273+X_{20281}+X_{20282}+X_{20283}+X_{20291}+X_{20292}+X_{20293}+X_{20301}+X_{20302}+X_{20303}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2} \\
& 113+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161} \\
& +X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{21101}+X_{21102}+ \\
& X_{21103}+X_{21111}+X_{21112}+X_{21113}+X_{21121}+X_{21122}+X_{21123}+X_{21131}+X_{21132}+X_{21133}+X_{21141}+X_{21142} \\
& +X_{21143}+X_{21151}+X_{21152}+X_{21153}+X_{21161}+X_{21162}+X_{21163}+X_{21171}+X_{21172}+X_{21173}+X_{21181}+X_{2118} \\
& 2+X_{21183}+X_{21191}+X_{21132}+X_{21193}+X_{21201}+X_{21202}+X_{21203}+X_{21211}+X_{21212}+X_{21213}+X_{21221}+X_{212} \\
& 22+X_{21223}+X_{21231}+X_{21232}+X_{21233}+X_{21241}+X_{21242}+X_{21243}+X_{21251}+X_{21252}+X_{21253}+X_{21261}+X_{21} \\
& 262+X_{21263}+X_{21271}+X_{21272}+X_{21273}+X_{21281}+X_{21282}+X_{21283}+X_{21291}+X_{21292}+X_{21293}+X_{21301}+X_{2} \\
& 1302+X_{21303} \leq 10
\end{aligned}$$

Aylık çalışma kısıtı;

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m x_{ijk} * v \leq 240 \quad \forall i \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned}
& 24*[X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{141}+X_{142}+X_{143}+X_{151}+X_{152}+X_{15} \\
& 3+X_{161}+X_{162}+X_{163}+X_{171}+X_{172}+X_{173}+X_{181}+X_{182}+X_{183}+X_{191}+X_{192}+X_{193}+X_{1101}+X_{1102}+X_{110} \\
& 3+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}+X_{1161}+X_{1162}+X_{1163}+X_{1171}+X_{1172}+X_{1173}+X_{1181}+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1} \\
& 193+X_{1201}+X_{1202}+X_{1203}+X_{1211}+X_{1212}+X_{1213}+X_{1221}+X_{1222}+X_{1223}+X_{1231}+X_{1232}+X_{1233}+X_{1241} \\
& +X_{1242}+X_{1243}+X_{1251}+X_{1252}+X_{1253}+X_{1261}+X_{1262}+X_{1263}+X_{1271}+X_{1272}+X_{1273}+X_{1281}+X_{1282}+X \\
& 1283+X_{1291}+X_{1292}+X_{1293}+X_{1301}+X_{1302}+X_{1303}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X_{232} \\
& +X_{233}+X_{241}+X_{242}+X_{243}+X_{251}+X_{252}+X_{253}+X_{261}+X_{262}+X_{263}+X_{271}+X_{272}+X_{273}+X_{281}+X_{282}+ \\
& X_{283}+X_{291}+X_{292}+X_{293}+X_{2101}+X_{2102}+X_{2103}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+ \\
& X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2} \\
& 172+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{2201}+X_{2202}+X_{2203}+X_{2211}+X_{2212}+X_{2213} \\
& +X_{2221}+X_{2222}+X_{2223}+X_{2231}+X_{2232}+X_{2233}+X_{2241}+X_{2242}+X_{2243}+X_{2251}+X_{2252}+X_{2253}+X_{2261}+X_{2} \\
& 262+X_{2263}+X_{2271}+X_{2272}+X_{2273}+X_{2281}+X_{2282}+X_{2283}+X_{2291}+X_{2292}+X_{2293}+X_{2301}+X_{2302}+X_{2303} \\
& +X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}+X_{341}+X_{342}+X_{343}+X_{351}+X_{352}+X_{353}+ \\
& X_{361}+X_{362}+X_{363}+X_{371}+X_{372}+X_{373}+X_{381}+X_{382}+X_{383}+X_{391}+X_{392}+X_{393}+X_{3101}+X_{3102}+X_{3103}+ \\
& X_{3111}+X_{3112}+X_{3113}+X_{3121}+X_{3122}+X_{3123}+X_{3131}+X_{3132}+X_{3133}+X_{3141}+X_{3142}+X_{3143}+X_{3151}+X_{3} \\
& 152+X_{3153}+X_{3161}+X_{3162}+X_{3163}+X_{3171}+X_{3172}+X_{3173}+X_{3181}+X_{3182}+X_{3183}+X_{3191}+X_{3192}+X_{3193}
\end{aligned}$$

+X3201+X3202+X3203+X3211+X3212+X3213+X3221+X3222+X3223+X3231+X3232+X3233+X3241+X
 3242+X3243+X3251+X3252+X3253+X3261+X3262+X3263+X3271+X3272+X3273+X3281+X3282+X3283
 +X3291+X3292+X3293+X3301+X3302+X3303+X411+X412+X413+X421+X422+X423+X431+X432+X
 433+X441+X442+X443+X451+X452+X453+X461+X462+X463+X471+X472+X473+X481+X482+X483
 +X491+X492+X493+X4101+X4102+X4103+X4111+X4112+X4113+X4121+X4122+X4123+X4131+X413
 2+X4133+X4141+X4142+X4143+X4151+X4152+X4153+X4161+X4162+X4163+X4171+X4172+X4173+
 X4181+X4182+X4183+X4191+X4192+X4193+X4201+X4202+X4203+X4211+X4212+X4213+X4221+X4
 222+X4223+X4231+X4232+X4233+X4241+X4242+X4243+X4251+X4252+X4253+X4261+X4262+X4263
 +X4271+X4272+X4273+X2281+X4282+X4283+X4291+X4292+X4293+X4301+X4302+X4303+X511+X5
 12+X513+X521+X522+X523+X531+X532+X533+X541+X542+X543+X551+X552+X553+X561+X562+
 X563+X571+X572+X573+X581+X582+X583+X591+X592+X593+X5101+X5102+X5103+X5111+X5112
 +X5113+X5121+X5122+X5123+X5131+X5132+X5133+X5141+X5142+X5143+X5151+X5152+X5153+X
 5161+X5162+X5163+X5171+X5172+X5173+X5181+X5182+X5183+X5191+X5192+X5193+X5201+X5202
 +X5203+X5211+X5212+X5213+X5221+X5222+X5223+X5231+X5232+X5233+X5241+X5242+X5243+X52
 51+X5252+X5253+X5261+X5262+X5263+X5271+X5272+X5273+X5281+X5282+X5283+X5291+X5292+
 X5293+X5301+X5302+X5303+X611+X612+X613+X621+X622+X623+X631+X632+X633+X641+X642
 +X643+X651+X652+X653+X661+X662+X663+X671+X672+X673+X681+X682+X683+X691+X692+
 X693+X6101+X6102+X6103+X6111+X6112+X6113+X6121+X6122+X6123+X6131+X6132+X6133+X61
 41+X6142+X6143+X6151+X6152+X6153+X6161+X6162+X6163+X6171+X6172+X6173+X6181+X6182+
 X6183+X6191+X6192+X6193+X6201+X6202+X6203+X6211+X6212+X6213+X6221+X6222+X6223+X6
 231+X6232+X6233+X6241+X6242+X6243+X6251+X6252+X6253+X6261+X6262+X6263+X6271+X6272
 +X6273+X6281+X6282+X6283+X6291+X6292+X6293+X6301+S6302+S6303+X711+X712+X713+X721
 +X722+X723+X731+X732+X733+X741+X742+X743+X751+X752+X753+X761+X762+X763+X771+
 X772+X773+X781+X782+X783+X791+X792+X793+X7101+X7102+X7103+X7111+X7112+X7113+X71
 21+X7122+X7123+X7131+X7132+X7133+X7141+X7142+X7143+X7151+X7152+X7153+X7161+X7162+
 X7163+X7171+X7172+X7173+X7181+X7182+X7183+X7191+X7192+X7193+X7201+X7202+X7203+X7
 211+X7212+X7213+X7221+X7222+X7223+X7231+X7232+X7233+X7241+X7242+X7243+X7251+X7252
 +X7253+X7261+X7262+X7263+X7271+X7272+X7273+X7281+X7282+X7283+X7291+X7292+X7293+X
 7301+X7302+X7303+X811+X812+X813+X821+X822+X823+X831+X832+X833+X841+X842+X843+X
 851+X852+X853+X861+X862+X863+X871+X872+X873+X881+X882+X883+X891+X892+X893+X810
 1+X8102+X8103+X8111+X8112+X8113+X8121+X8122+X8123+X8131+X8132+X8133+X8141+X8142+
 X8143+X8151+X8152+X8153+X8161+X8162+X8163+X8171+X8172+X8173+X8181+X8182+X8183+X8
 191+X8192+X8193+X8201+X8202+X8203+X8211+X8212+X8213+X8221+X8222+X8223+X8231+X8232
 +X8233+X8241+X8242+X8243+X8251+X8252+X8253+X8261+X8262+X8263+X8271+X8272+X8273+X
 8281+X8282+X8283+X8291+X8292+X8293+X8301+X8302+X8303+X911+X912+X913+X921+X922+X9
 23+X931+X932+X933+X941+X942+X943+X951+X952+X953+X961+X962+X963+X971+X972+X973
 +X981+X982+X983+X991+X992+X993+X9101+X9102+X9103+X9111+X9112+X9113+X9121+X9122+
 X9123+X9131+X9132+X9133+X9141+X9142+X9143+X9151+X9152+X9153+X9161+X9162+X9163+X9
 171+X9172+X9173+X9181+X9182+X9183+X9191+X9192+X9193+X9201+X9202+X9203+X9211+X9212
 +X9213+X9221+X9222+X9223+X9231+X9232+X9233+X9241+X9242+X9243+X9251+X9252+X9253+X
 9261+X9262+X9263+X9271+X9272+X9273+X9281+X9282+X9283+X9291+X9292+X9293+X9301+X9302
 +X9303+X1011+X1012+X1013+X1021+X1022+X1023+X1031+X1032+X1033+X1041+X1042+X1043+X
 1051+X1052+X1053+X1061+X1062+X1063+X1071+X1072+X1073+X1081+X1082+X1083+X1091+X1092
 +X1093+X10101+X10102+X10103+X10111+X10112+X10113+X10121+X10122+X10123+X10131+X10132
 +X10133+X10141+X10142+X10143+X10151+X10152+X10153+X10161+X10162+X10163+X10171+X10172
 +X10173+X10181+X10182+X10183+X10191+X10192+X10193+X10201+X10202+X10203+X10211+X1021
 2+X10213+X10221+X10222+X10223+X10231+X10232+X10233+X10241+X10242+X10243+X10251+X102
 52+X10253+X10261+X10262+X10263+X10271+X10272+X10273+X10281+X10282+X10283+X10291+X10
 292+X10293+X10301+X10302+X10303+X1111+X1112+X1113+X1121+X1122+X1123+X1131+X1132+X1
 133+X1141+X1142+X1143+X1151+X1152+X1153+X1161+X1162+X1163+X1171+X1172+X1173+X1181

$+X_{1182}+X_{1183}+X_{1191}+X_{1192}+X_{1193}+X_{1101}+X_{11102}+X_{11103}+X_{11111}+X_{11112}+X_{11113}+X_{11121}+X_{11122}+X_{11123}+X_{11131}+X_{11132}+X_{11133}+X_{11141}+X_{11142}+X_{11143}+X_{11151}+X_{11152}+X_{11153}+X_{11161}+X_{11162}+X_{11163}+X_{11171}+X_{11172}+X_{11173}+X_{11181}+X_{11182}+X_{11183}+X_{11191}+X_{11192}+X_{11193}+X_{11201}+X_{11202}+X_{11203}+X_{11211}+X_{11212}+X_{11213}+X_{11221}+X_{11222}+X_{11223}+X_{11231}+X_{11232}+X_{11233}+X_{11241}+X_{11242}+X_{11243}+X_{11251}+X_{11252}+X_{11253}+X_{11261}+X_{11262}+X_{11263}+X_{11271}+X_{11272}+X_{11273}+X_{11281}+X_{11282}+X_{11283}+X_{11291}+X_{11292}+X_{11293}+X_{12101}+X_{12102}+X_{12103}+X_{12111}+X_{12112}+X_{12113}+X_{12121}+X_{12122}+X_{12123}+X_{12131}+X_{12132}+X_{12133}+X_{12141}+X_{12142}+X_{12143}+X_{12151}+X_{12152}+X_{12153}+X_{12161}+X_{12162}+X_{12163}+X_{12171}+X_{12172}+X_{12173}+X_{12181}+X_{12182}+X_{12183}+X_{12191}+X_{12192}+X_{12193}+X_{12201}+X_{12202}+X_{12203}+X_{12211}+X_{12212}+X_{12213}+X_{12221}+X_{12222}+X_{12223}+X_{12231}+X_{12232}+X_{12233}+X_{12241}+X_{12242}+X_{12243}+X_{12251}+X_{12252}+X_{12253}+X_{12261}+X_{12262}+X_{12263}+X_{12271}+X_{12272}+X_{12273}+X_{12281}+X_{12282}+X_{12283}+X_{12291}+X_{12292}+X_{12293}+X_{12301}+X_{12302}+X_{12303}+X_{1311}+X_{1312}+X_{1313}+X_{1321}+X_{1322}+X_{1323}+X_{1331}+X_{1332}+X_{1333}+X_{1341}+X_{1342}+X_{1343}+X_{1351}+X_{1352}+X_{1353}+X_{1361}+X_{1362}+X_{1363}+X_{1371}+X_{1372}+X_{1373}+X_{1381}+X_{1382}+X_{1383}+X_{1391}+X_{1392}+X_{1393}+X_{13101}+X_{13102}+X_{13103}+X_{13111}+X_{13112}+X_{13113}+X_{13121}+X_{13122}+X_{13123}+X_{13131}+X_{13132}+X_{13133}+X_{13141}+X_{13142}+X_{13143}+X_{13151}+X_{13152}+X_{13153}+X_{13161}+X_{13162}+X_{13163}+X_{13171}+X_{13172}+X_{13173}+X_{13181}+X_{13182}+X_{13183}+X_{13191}+X_{13192}+X_{13193}+X_{13201}+X_{13202}+X_{13203}+X_{13211}+X_{13212}+X_{13213}+X_{13221}+X_{13222}+X_{13223}+X_{13231}+X_{13232}+X_{13233}+X_{13241}+X_{13242}+X_{13243}+X_{13251}+X_{13252}+X_{13253}+X_{13261}+X_{13262}+X_{13263}+X_{13271}+X_{13272}+X_{13273}+X_{13281}+X_{13282}+X_{13283}+X_{13291}+X_{13292}+X_{13293}+X_{13301}+X_{13302}+X_{13303}+X_{1411}+X_{1412}+X_{1413}+X_{1421}+X_{1422}+X_{1423}+X_{1431}+X_{1432}+X_{1433}+X_{1441}+X_{1442}+X_{1443}+X_{1451}+X_{1452}+X_{1453}+X_{1461}+X_{1462}+X_{1463}+X_{1471}+X_{1472}+X_{1473}+X_{1481}+X_{1482}+X_{1483}+X_{1491}+X_{1492}+X_{1493}+X_{14101}+X_{14102}+X_{14103}+X_{14111}+X_{14112}+X_{14113}+X_{14121}+X_{14122}+X_{14123}+X_{14131}+X_{14132}+X_{14133}+X_{14141}+X_{14142}+X_{14143}+X_{14151}+X_{14152}+X_{14153}+X_{14161}+X_{14162}+X_{14163}+X_{14171}+X_{14172}+X_{14173}+X_{14181}+X_{14182}+X_{14183}+X_{14191}+X_{14192}+X_{14193}+X_{14201}+X_{14202}+X_{14203}+X_{14211}+X_{14212}+X_{14213}+X_{14221}+X_{14222}+X_{14223}+X_{14231}+X_{14232}+X_{14233}+X_{14241}+X_{14242}+X_{14243}+X_{14251}+X_{14252}+X_{14253}+X_{14261}+X_{14262}+X_{14263}+X_{14271}+X_{14272}+X_{14273}+X_{14281}+X_{14282}+X_{14283}+X_{14291}+X_{14292}+X_{14293}+X_{14301}+X_{14302}+X_{14303}+X_{1511}+X_{1512}+X_{1513}+X_{1521}+X_{1522}+X_{1523}+X_{1531}+X_{1532}+X_{1533}+X_{1541}+X_{1542}+X_{1543}+X_{1551}+X_{1552}+X_{1553}+X_{1561}+X_{1562}+X_{1563}+X_{1571}+X_{1572}+X_{1573}+X_{1581}+X_{1582}+X_{1583}+X_{1591}+X_{1592}+X_{1593}+X_{15101}+X_{15102}+X_{15103}+X_{15111}+X_{15112}+X_{15113}+X_{15121}+X_{15122}+X_{15123}+X_{15131}+X_{15132}+X_{15133}+X_{15141}+X_{15142}+X_{15143}+X_{15151}+X_{15152}+X_{15153}+X_{15161}+X_{15162}+X_{15163}+X_{15171}+X_{15172}+X_{15173}+X_{15181}+X_{15182}+X_{15183}+X_{15191}+X_{15192}+X_{15193}+X_{15201}+X_{15202}+X_{15203}+X_{15211}+X_{15212}+X_{15213}+X_{15221}+X_{15222}+X_{15223}+X_{15231}+X_{15232}+X_{15233}+X_{15241}+X_{15242}+X_{15243}+X_{15251}+X_{15252}+X_{15253}+X_{15261}+X_{15262}+X_{15263}+X_{15271}+X_{15272}+X_{15273}+X_{15281}+X_{15282}+X_{15283}+X_{15291}+X_{15292}+X_{15293}+X_{15301}+X_{15302}+X_{15303}+X_{1611}+X_{1612}+X_{1613}+X_{1621}+X_{1622}+X_{1623}+X_{1631}+X_{1632}+X_{1633}+X_{1641}+X_{1642}+X_{1643}+X_{1651}+X_{1652}+X_{1653}+X_{1661}+X_{1662}+X_{1663}+X_{1671}+X_{1672}+X_{1673}+X_{1681}+X_{1682}+X_{1683}+X_{1691}+X_{1692}+X_{1693}+X_{16101}+X_{16102}+X_{16103}+X_{16111}+X_{16112}+X_{16113}+X_{16121}+X_{16122}+X_{16123}+X_{16131}+X_{16132}+X_{16133}+X_{16141}+X_{16142}+X_{16143}+X_{16151}+X_{16152}+X_{16153}+X_{16161}+X_{16162}+X_{16163}+X_{16171}+X_{16172}+X_{16173}+X_{16181}+X_{16182}+X_{16183}+X_{16191}+X_{16192}+X_{16193}+X_{16201}+X_{16202}+X_{16203}+X_{16211}+X_{16212}+X_{16213}+X_{16221}+X_{16222}+X_{16223}+X_{16231}+X_{16232}+X_{16233}+X_{16241}+X_{16242}+X_{16243}+X_{16251}+X_{16252}+X_{16253}+X_{16261}+X_{16262}+X_{16263}+X_{16271}+X_{16272}+X_{16273}+X_{16281}+X_{16282}+X_{16283}+X_{16291}+X_{16292}+X_{16293}+X_{16301}+X_{16302}+X_{16303}+X_{1711}+X_{1712}+X_{1713}+X_{1721}+X_{1722}+X_{1723}+X_{1731}+X_{1732}+X_{1741}+X_{1742}+X_{1743}+X_{1751}+X_{1752}+X_{1753}+X_{1761}+X_{1762}+X_{1763}+X_{1771}+X_{1772}+X_{1773}+X_{1781}+X_{1782}+X_{1783}+X_{1791}+X_{1792}+X_{1793}+X_{17101}+X_{17102}+X_{17103}+X_{17111}+X_{17112}+X_{17113}+X_{17121}+X_{17122}+X_{17123}+X_{17131}+X_{17132}+X_{17133}+X_{17141}+X_{17142}+X_{17143}+X_{17151}+X_{17152}+X_{17153}+X_{17161}+X_{17162}+X_{17163}+X_{17171}+X_{17172}+X_{17173}+X_{17181}+X_{17182}+X_{17183}+X_{17191}+X_{17192}+X_{17193}+X_{17201}+X_{17202}+X_{17203}+X_{17211}+X_{17212}+X_{17213}+X_{17221}+X_{17222}+X_{17223}+X_{17231}+X_{17232}+X_{17233}+X_{17241}+X_{17242}+X_{17243}+X_{17251}+X_{17252}+X_{17253}+X_{17261}+X_{17262}+X_{17263}+X_{17271}+X_{17272}+X_{17273}+X_{17281}+X_{17282}+X_{17283}+X_{17291}+X_{17292}+X_{17293}+X_{17301}+X_{17302}+X_{17303}+X_{1811}+X_{1812}+X_{1813}+X_{1821}+X_{1822}+X_{1823}+X_{1831}+X_{1832}+X_{1833}+X_{1841}+X_{1842}+X_{1843}+X_{1851}+X_{1852}+$

$$\begin{aligned}
& X_{1853}+X_{1861}+X_{1862}+X_{1863}+X_{1871}+X_{1872}+X_{1873}+X_{1881}+X_{1882}+X_{1883}+X_{1891}+X_{1892}+X_{1893}+X_{18101}+X_{18102}+X_{18103}+X_{18111}+X_{18112}+X_{18113}+X_{18121}+X_{18122}+X_{18123}+X_{18131}+X_{18132}+X_{18133}+X_{18141}+X_{18142}+X_{18143}+X_{18151}+X_{18152}+X_{18153}+X_{18161}+X_{18162}+X_{18163}+X_{18171}+X_{18172}+X_{18173}+X_{18181}+X_{18182}+X_{18183}+X_{18191}+X_{18192}+X_{18193}+X_{18201}+X_{18202}+X_{18203}+X_{18211}+X_{18212}+X_{18213}+X_{18221}+X_{18222}+X_{18223}+X_{18231}+X_{18232}+X_{18233}+X_{18241}+X_{18242}+X_{18243}+X_{18251}+X_{18252}+X_{18253}+X_{18261}+X_{18262}+X_{18263}+X_{18271}+X_{18272}+X_{18273}+X_{18281}+X_{18282}+X_{18283}+X_{18291}+X_{18292}+X_{18293}+X_{18301}+X_{18302}+X_{18303}+X_{1911}+X_{1912}+X_{1913}+X_{1921}+X_{1922}+X_{1923}+X_{1931}+X_{1932}+X_{1933}+X_{1941}+X_{1942}+X_{1943}+X_{1951}+X_{1952}+X_{1953}+X_{1961}+X_{1962}+X_{1963}+X_{1971}+X_{1972}+X_{1973}+X_{1981}+X_{1982}+X_{1983}+X_{1991}+X_{1992}+X_{1993}+X_{19101}+X_{19102}+X_{19103}+X_{19111}+X_{19112}+X_{19113}+X_{19121}+X_{19122}+X_{19123}+X_{19131}+X_{19132}+X_{19133}+X_{19141}+X_{19142}+X_{19143}+X_{19151}+X_{19152}+X_{19153}+X_{19161}+X_{19162}+X_{19163}+X_{19171}+X_{19172}+X_{19173}+X_{19181}+X_{19182}+X_{19183}+X_{19191}+X_{19192}+X_{19193}+X_{19201}+X_{19202}+X_{19203}+X_{19211}+X_{19212}+X_{19213}+X_{19221}+X_{19222}+X_{19223}+X_{19231}+X_{19232}+X_{19233}+X_{19241}+X_{19242}+X_{19243}+X_{19251}+X_{19252}+X_{19253}+X_{19261}+X_{19262}+X_{19263}+X_{19271}+X_{19272}+X_{19273}+X_{19281}+X_{19282}+X_{19283}+X_{19291}+X_{19292}+X_{19293}+X_{19301}+X_{19302}+X_{19303}+X_{2011}+X_{2012}+X_{2013}+X_{2021}+X_{2022}+X_{2023}+X_{2031}+X_{2032}+X_{2033}+X_{2041}+X_{2042}+X_{2043}+X_{2051}+X_{2052}+X_{2053}+X_{2061}+X_{2062}+X_{2063}+X_{2071}+X_{2072}+X_{2073}+X_{2081}+X_{2082}+X_{2083}+X_{2091}+X_{2092}+X_{2093}+X_{20101}+X_{20102}+X_{20103}+X_{20111}+X_{20112}+X_{20113}+X_{20121}+X_{20122}+X_{20123}+X_{20131}+X_{20132}+X_{20133}+X_{20141}+X_{20142}+X_{20143}+X_{20151}+X_{20152}+X_{20153}+X_{20161}+X_{20162}+X_{20163}+X_{20171}+X_{20172}+X_{20173}+X_{20181}+X_{20182}+X_{20183}+X_{20191}+X_{20192}+X_{20193}+X_{20201}+X_{20202}+X_{20203}+X_{20211}+X_{20212}+X_{20213}+X_{20221}+X_{20222}+X_{20223}+X_{20231}+X_{20232}+X_{20233}+X_{20241}+X_{20242}+X_{20243}+X_{20251}+X_{20252}+X_{20253}+X_{20261}+X_{20262}+X_{20263}+X_{20271}+X_{20272}+X_{20273}+X_{20281}+X_{20282}+X_{20283}+X_{20291}+X_{20292}+X_{20293}+X_{20301}+X_{20302}+X_{20303}+X_{2111}+X_{2112}+X_{2113}+X_{2121}+X_{2122}+X_{2123}+X_{2131}+X_{2132}+X_{2133}+X_{2141}+X_{2142}+X_{2143}+X_{2151}+X_{2152}+X_{2153}+X_{2161}+X_{2162}+X_{2163}+X_{2171}+X_{2172}+X_{2173}+X_{2181}+X_{2182}+X_{2183}+X_{2191}+X_{2192}+X_{2193}+X_{21101}+X_{21102}+X_{21103}+X_{21111}+X_{21112}+X_{21113}+X_{21121}+X_{21122}+X_{21123}+X_{21131}+X_{21132}+X_{21133}+X_{21141}+X_{21142}+X_{21143}+X_{21151}+X_{21152}+X_{21153}+X_{21161}+X_{21162}+X_{21163}+X_{21171}+X_{21172}+X_{21173}+X_{21181}+X_{21182}+X_{21183}+X_{21191}+X_{21132}+X_{21193}+X_{21201}+X_{21202}+X_{21203}+X_{21211}+X_{21212}+X_{21213}+X_{21221}+X_{21222}+X_{21223}+X_{21231}+X_{21232}+X_{21233}+X_{21241}+X_{21242}+X_{21243}+X_{21251}+X_{21252}+X_{21253}+X_{21261}+X_{21262}+X_{21263}+X_{21271}+X_{21272}+X_{21273}+X_{21281}+X_{21282}+X_{21283}+X_{21291}+X_{21292}+X_{21293}+X_{21301}+X_{21302}+X_{21303}] \leq 240
\end{aligned}$$

EK-2

Çivril Grup Amirliği'nde çalışan itfaiye erlerinin planlanması amacıyla formüle edilen matematiksel modelin GAMS programında görünümü:

sets

i toplam itfaiye eri sayısı /1*21/

j gün sayısı /1*30/

k vardiya sayısı /1/;

scalar v /24/;

variables

sonuc;

binary variables

x (i,j,k)

y (i,j);

equations

amacfonksiyonu

kisit1

kisit2

kisit3

kisit4

kisit5

kisit6;

amacfonksiyonu..sonuc=e=sum((i,j,k),x(i,j,k));

kisit1(i,j,k)..x(i,j,k)=e=(1-y(i,j));

kisit2(i,j)..sum(k,x(i,j+1,k)+x(i,j+2,k))=l=y(i,j);

kisit3(j,k)..sum(i,x(i,j,k))=g=7;

kisit4(i,j)..sum(k,x(i,j,k))=l=1;

kisit5(i)..sum((j,k),x(i,j,k))=l=10;

kisit6(i)..sum((j,k),x(i,j,k))=l=240;

model tez/all/;

solve tezcalsması using mip minimizing sonuç

display x.1,y.1

ÖZGEÇMİŞ

Ali KATRANCI

KİŞİSEL BİLGİLER

Doğum Yeri ve Tarihi: Çivril/Denizli

Cinsiyet: Erkek

Yabancı Dil: İngilizce (Orta Düzey)

EĞİTİM

Yüksek Lisans: 2015-Halen Pamukkale Üniversitesi- Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme
Ana Bilim Dalı Sayısal Yöntemler Programı Tezli Yüksek Lisans

Lisans: 2012-2015 Pamukkale Üniversitesi- İşletme (Yatay Geçiş)

2010-2011 Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi- İşletme

Lise: 2006-2010 Çivril Lisesi

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

Microsoft Office

MS Windows

LİNGO

GAMS

POM-QM