TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA VE HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN BİR UYGULAMA

Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İşletme Ana Bilim Dalı
Sayısal Yöntemler Programı

Emrah BAYRAKTAR

Danışman: Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI

TEMMUZ 2019
DENİZLİ

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

Emrah BAYRAKTAR

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması ve öncesinde kıymetli görüş ve önerileriyle her daim yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI ’ya ve tez jürisinde yer alan hocalarıma,

Uygulama kısmının hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Sıla YILMAZ ’a ve çocukluğumdan bu yana örnek aldığım insanlardan biri olan değerli ağabeyim Dr. Kemal Serdar ÖZALP ’e,

Doğduğum günden bu yana maddi manevi her türlü desteklerini esirgemeyen, koşulsuz şartsız yanımda olan ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem Ümmü BAYRAKTAR ve babam Faruk BAYRAKTAR başta olmak üzere tüm aileme,

Her daim yanımda olup yoluma ışık tutan, koşulsuz sevgisiyle hayatıma anlam katan Nisa MEMİŞ ’e teşekkürlerimi sunarım.

Emrah BAYRAKTAR

ÖZET

TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA VE HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN BİR UYGULAMA

Bayraktar, Emrah
Yüksek Lisans Tezi
İşletme ABD
Sayısal Yöntemler Programı
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Esra Aytaç Adalı

Temmuz 2019, vi+ 93 sayfa

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında yaşanan gelişmeler ve makineleşme, farklı sektörlerdeki çeşitli girdileri saf dışı bıraksa bile sunulan hizmetin doğası gereği hizmet seviyesinin mümkün olan en üst düzeyde ve sürekli sağlanması gereken sağlık sektörü, insan gücüne bağımlıdır. Bu sektörde gerekli bilgi, beceri ve yeteneğe sahip personel sayısının az olması, yüksek personel maliyetleri ve tıptaki ilerlemeler planlama ve çizelgelemeyi zorunlu hale getirmektedir.

Çizelgeleme yöntemlerinin ekstra katma değer yarattığı endüstrilerin başında yer alan sağlık sektöründe yoğun iş yükü altında hasta ve doktor arasında bir köprü olan hemşirelerin verimliliğinin arttırılabilmesi için adaletli çalışma koşulları sağlanmalı ve hemşire istekleri de göz önünde bulundurularak çizelgeleme yapılmalıdır.

Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde yapılan bu çalışmada, ilgili birimde çalışan hemşirelerin 2019 yılının haziran, temmuz ve ağustos olmak üzere 3 aylık periyodundaki vardiya çizelgesini oluşturmaya yönelik tamsayılı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen model ile yasal kısıtlar, hemşire ve hastane yönetiminin ortak kararları göz önünde bulundurularak ele alınan periyotta her gün için kesintisiz hizmet sağlanması, fazla mesaiden kaynaklanacak maliyetlerin düşürülmesi, toplam mesai saatleri, gece-gündüz vardiya sayıları ve hafta sonu vardiya sayıları açısından mümkün olan en adaletli çizelgeleme oluşturularak hemşire motivasyonunu da yüksek tutmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *hedef programlama, işgücü, hemşire çizelgeleme, vardiya, izin günü*

ABSTRACT

INTEGER GOAL PROGRAMING AND AN APPLICATION FOR NURSE SCHEDULING PROBLEM

Bayraktar, Emrah
Master Thesis
Department of Business Administration
Quantitative Methods Program
Adviser of Thesis: Assoc. Prof. Esra Aytaç Adalı

July 2019, vi+ 93 pages

Despite the developments and mechanization in the current technology age eliminate the inputs in different sectors, due to the nature of the service provided, the health sector which must be provided at the highest possible level and continuously, depends on manpower. The low number of personnel with the necessary knowledge and skills in this sector, high personnel costs and advances in medicine necessitate planning and scheduling activities.

Health sector is one of the leading industries where scheduling methods create extra added value. In order to increase the efficiency of nurses, that serve as a bridge between the patient and the doctor with intense work pressure; fair working conditions should be provided and scheduling should be done by considering the requests of the nurses.

In this study, which was conducted in the pediatric emergency department of a hospital in Denizli, an integer goal programming model was proposed in order to form the shift schedule of the nurses in the related department in the 3 month periods (June, July and August) of 2019. With the proposed model, considering legal restrictions, joint decisions of nurse and hospital administration; it was aimed to provide uninterrupted service for everyday in the period covered, reduction of overtime costs, total working hours, number of day and night shifts and the distribution of weekend shifts. Hence nurse motivation is kept high by forming the fairest schedule possible.

Key Words: *goal programming, manpower, nurse scheduling, shift, day-off*

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

TABLOLAR DİZİNİ

GİRİŞ

Küreselleşen dünyada piyasa koşulları, sadece organizasyonel yapıları ve yönetim biçimlerini değil çalışma koşullarını ve sürelerini, çalışanların ve müşterilerin taleplerini de değiştirmiştir (Karahan, 2009: 269). Bunun yanında teknoloji çağında ekonomik rekabet, üretim ve hizmet sektörlerindeki hızlı büyüme sunulan hizmette sürekliliği gerektirmektedir (Erat vd., 2011: 49). Sunulan hizmetin verimliliğini arttırmak ve sürekliliğini sağlamak için doğru bilgi ve beceriye sahip doğru sayıda personel, doğru zaman ve doğru yerde görevlendirilmelidir (Kılıç ve Tunç, 2004: 39). Bu durum, işgücü çizelgeleme ile başarılmaktadır. Çalışanların işe başlama saatlerinin, vardiya sürelerinin ve dinlenme günlerinin belirlenmesi gibi detayları içeren çizelgeleme, görev ya da iş sırasının ve kontrol mekanizmasının planlanması ve zamanlandırılması için kullanılan ve karar vermeye yardımcı olan bir sistemdir (Gür ve Eren, 2018: 3). Özellikle endüstri devriminden bu yana işgücü çizelgeleme, çeşitli işletmeler için önemli bir konu olmuştur (Ağralı vd., 2017: 160).

İşgücü çizelgeleme problemlerinde, vardiya kavramı önemli bir rol oynamaktadır. Literatür incelediğinde havayolları, demiryolları, perakendeciler, çağrı merkezleri, sağlık merkezleri vb. alanlarda işgücü çizelgelemeye ilişkin çok sayıda çalışmada, genellikle çalışandan beklenen verimi en üst düzeye çıkaracak vardiyalar üretilmeye ya da çalışanların belirlenmiş vardiyalara atanması amaçlanmaktadır. Genel olarak bu problemlerde kullanılan modeller, Dantzig'in (1954) küme örtme modeline dayanmaktadır (Ağralı vd., 2017: 160). Dantzig'in küme örtme modelinden bu yana vardiya çeşitleri artmış, tam zamanlı ve yarı zamanlı çok sayıda çalışan istihdam eden işletmeler oluşmuş ve problemlere çalışanlar için kısa molalar vermek gibi çok sayıda değişkenin eklenmesi problem hacmini çok büyütmüştür. Bu yüzden çok sayıda alternatif modeller geliştirilmiştir. Oluşturulan modeller hem problemleri çözmek hem de vardiya ve molaları oluşturmak ya da kısıtlar altında turları planlamak için kullanılmaktadır (Kiermaier ve Frey, 2015: 3).

Bu çalışmada ise sağlık sektöründe işgücü çizelgeleme üzerinde durulmuştur. Sağlık sektörü sunulan hizmetin doğası gereği, hizmet seviyesinin mümkün olan en üst düzeyde ve sürekli sağlanması gerektiğinden yapısal olarak insan gücüne en bağımlı olan sektörlerden biridir (Erat vd, 2011: 49). Sağlık sektöründe, işe özgü teknik bilgi ve yeteneklere sahip işgücü sınırlıdır. Bu nedenle hizmette sürekliliği sağlamak ve hizmet seviyesini üst düzeyde tutabilmek için işgücü planlaması ve çizelgelemesi bir zorunluluktur (Lapègue, 2012: 94; Kılıç ve Tunç, 2004: 24). Sağlık sektöründe işgücü çizelgelenmesi, işgücü arz-talep dengesini oluşturacak yöntemler geliştirilmesi, başka bir tanımla belirli hedeflere ulaşmak için gerekli tutum, davranış, bilgi ve yeteneğe sahip personel sayısının önceden tahmin edilmesi anlamındadır (Avcı ve Terzioğlu, 2015: 111; Şantaş vd., 2012: 46). Buna paralel olarak hedeflenen çalışan verimliliğinin ve motivasyonunun sağlanabilmesi için çalışanların talepleri çizelgelemeye dahil edilmeli ve mümkün olan en adaletli çizelge oluşturulmalıdır (Kılıç ve Tunç, 2004: 39).

Bu çalışma giriş ve sonuç bölümleri dışında 3 bölümden oluşmaktadır. *Birinci bölümde* işgücü, vardiya, işgücü planlama ve işgücü çizelgeleme kavramlarına değinilmiştir. Çizelgeleme ve planlama kavramları arasındaki farklardan bahsedilmiş ve işgücü çizelgeleme problemlerinin türleri tanıtılmıştır. Aynı bölümde işgücü çizelgeleme problemlerinin kullanım alanları örneklendirilmiş ve işgücü çizelgeleme problemlerinin çözüm yöntemleri incelenmiştir.

İkinci bölümde çizelgeleme problemlerine sıklıkla konu olan hemşire çizelgeleme kavramı açıklanmış ve sunulan hizmetin doğası gereği sürekliliğin sağlanması için çizelgeleme yapılırken göz önünde bulundurulması gereken koşullara değinilmiştir. Son olarak ele alınan problemin çözümü için önerilen model detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde ise önerilen model, gerçek bir hemşire çizelgeleme probleminin çözümünde uygulanmıştır. Denizli'de bir hastanenin acil biriminde yapılan bu çalışmada 3 aylık süreç için çizelgeler hazırlanmıştır.

Sonuç bölümünde ise bu uygulamanın sonuçları tartışılmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM
İŞGÜCÜ ÇİZELGELEME

Gittikçe artan rekabetçi bir ortamda işletmeler yalnızca sundukları ürün bazında değil, aynı zamanda sağladıkları müşteri hizmetleri ve satış sonrası bakım hizmetleri alanlarında da rekabet halindedir. İnsanların günlük hayatlarındaki makineleşme ve teknoloji ihtiyacı arttıkça, işletmelerin bu rekabeti sürdürebilmek için gerek duyduğu endüstrileşme ve hizmet hızı da aynı oranda artmaya devam etmektedir (Khalfay vd., 2017: 1).

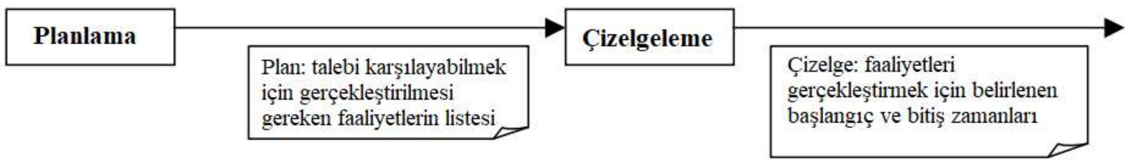
Her ne kadar makineleşme, insan gücü gereksinimini azaltmış olsa da üretim sektörü, hizmet sektörü vb. sektörler insan gücüne bağımlıdır (Pan ve Suganthan, 2009: 1). Başka bir deyişle işgücü, içinde yaşadığımız endüstri çağında dahi, hâlâ en kıymetli kaynaktır. Türk Dil Kurumu tarafından *işgücü*, toplum içindeki etkin nüfusun bütünü olarak tanımlanmaktadır. Başka bir tanımla işgücü, topluma sunulan mal ve hizmetlerin üretimi için belli bir ücret karşılığı emek arzını sağlayan çalışanların bütünüdür (International Labour Organization, son erişim 19.06.2019)

İşgücü maliyetleri, işletme maliyet kalemleri arasında önemli bir yer tutmaktadır (Pan ve Suganthan, 2009: 1). Bu nedenle işletmeler tarafından işgücünün; işletmelerin içinde bulunduğu sektörün dinamik doğasını etkin bir şekilde ele almaları ve nihayetinde rekabet üstünlüğünü sürdürmeleri, pazar paylarını arttırmaları ve küresel ekonomik koşullara uyum sağlayabilmeleri için özenle yönetilmesi, planlanması ve çizelgelendirilmesi gerekmektedir (Sabar vd., 2009: 1080; Bektur ve Hasgül, 2013: 385).

Çizelgeleme, görev ya da iş sırasının ve kontrol mekanizmasının planlanması ve zamanlandırılması için kullanılan ve karar vermeye yardımcı olan bir sistemdir (Gür ve Eren, 2018: 3). Başka bir tanım ile çizelgeleme, faaliyetlerin yapılandırılması için bir çerçevedir. Bu çerçeve; gerekli kaynakların hesaplanması, faaliyetlerin sıralanması ve kritik yolun belirlenmesi için içinde planlama verilerini de barındıran bilimsel bir yöntemdir (Association for Project Management, 2015: 37).

Günümüzde işgücü çizelgeleme ve işgücü planlama kavramları sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılmakta ve anlam bakımdan oldukça karıştırılmaktadır.

Planlama, talep kısıtlarını faaliyetlere uygulamak, başka bir tanımla belirlenen bir hedefe ulaşmak için izlenecek yol ve görevlerin belirlenmesidir (Burgess ve Steel 1996: 58). Çizelgeleme ise; kapasite, süre, sıralama vb. kısıtlar altında faaliyetlerin kaynaklara dağıtılması ve faaliyetlerin gerçekleştirilme zamanlarının belirlenmesidir. Bunun yanında planlama, benzer kısıtlar altında genel bir yapıyla ilgilenirken; çizelgeleme, daha çok detaylara yoğunlaşır (McKay ve Wiers, 2003: 83; Barták, 1999: 30). Benzer şekilde planlama, bir projenin en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesi için gerekli en iyi yöntem ve çözümü araştırırken; çizelgeleme, projenin net ve kesin biçimde ilerleyebilmesi için proje değişkenlerinin belirlenmesi, faaliyetlerin zamanlanması böylece sağlam bir temele oturtulmasıdır. Planlama bir sanat, çizelgeleme ise daha çok bilimsel bir tekniktir (Association for Project Management, 2015: 40). Şekil 1'de planlama ve çizelgeleme arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 1: Planlama ve Çizelgeleme Arasındaki İlişki

Kaynak: Barták, 1999: 30

İşgücü çizelgeleme ise çalışanların, belirli bir zaman periyodunda organizasyonel, yasal ve sosyal kısıtlamalar altında belirli işlere atanmasıdır (Pan vd., 2018: 123). İşgücü çizelgelemeye ilişkin problemlerde genellikle bazı görevleri yerine getirmek ve talebi karşılamak için belirli bir sürede farklı zamanlarda kaç personelin gerekli olduğunu araştırılmaktadır (Olivé, 2010: 22).

Etkin biçimde planlanan işgücü; maliyet düşüşünü sağladığı gibi, üretim miktarlarının artışını ve ürün ya da hizmet kalitesinin yükselmesini sağlayabilmektedir. Tam tersine işgücünün etkin yönetilmemesi ise maddi sonuçları dışında personel memnuniyetsizliğine, depresyona, strese, aile içi problemlere, dahası kazalara da sebep olabilmektedir (Karaatlı, 2010: 2). Özellikle insan unsurunun vazgeçilemez bir kaynak olduğu ve 7 gün 24 saat çalışmak zorunda olan karakollar, çağrı merkezleri, hastaneler, itfaiye merkezleri ve ulaşım şirketleri gibi işletmelerde ise doğru yönetilmeyen işgücü, ölümcül sonuçlar bile doğurabilmektedir (Özder vd., 2019: 1). Bu yüzden talebi karşılamak için, uygun sayıda personelin yetenek ve tecrübeleri göz önüne alınarak, yasal prosedürleri ve çalışan memnuniyetini de sağlayacak biçimde çalıştırılması verimliliğin arttırılması için gereklidir (Hornby vd., 1980: 8).

İşgücüne ilişkin yapılan çalışmalarda genellikle iki ana problem üzerinde durulmuştur. Bunlar, işgücü planlama ve işgücü çizelgelemedir. İşgücü planlamada temel amaç, işletmenin ana hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli personel sayısının bulunmasıdır. İşgücü ya da personel çizelgelemesindeki temel amaç ise planlama süreci boyunca değişken koşullar da göz önüne alınarak çalışanların, iş günü başlangıç ve bitiş zamanı önceden bilinen belirli uzunlukta bir periyodu olarak tanımlanan vardiyalara atanmasıdır (Nearchou ve Giannikos, 2018: 1, Adoly vd., 2017: 2290).

İlk olarak Antik Roma döneminde örneklerine rastlanan vardiya sistemi, ampulün icadıyla birlikte sanayi devriminden sonra hızlı biçimde yaygınlaşmıştır. Avrupa'da sanayi kuruluşlarının gelişmesiyle üretimin mümkünse hiç durmadan devam etmesini sağlamak için günlük 15-18 çalışma süreleri uygulanmaya başlanmıştır. Ancak bu uygulamalar; beklenilenin aksine kazalara, üretim kapasitesinin ve kalitesinin düşmesine neden olmuştur (Kimençe, 2002: 1). Bu yüzden üretimde devamlılığın sağlanabilmesi için vardiyalı çalışma sistemi geliştirilmiştir. İlk olarak 1833'te İngiltere'de uzun çalışma saatlerinin kısaltılması ile ilgili çıkarılan Factory Act yasası ile çalışanların koşulları iyileştirilmeye çalışılmış ve bir yasayla güvence altına alınmıştır (Pekşen Arı, 2013: 3). 19. yüzyıldan günümüze gelindiğinde vardiya sürelerinin giderek kısaldığı görülmektedir. 20. yüzyılın başlarında Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labor Organization) tarafından çıkarılan yasayla birlikte Avrupa'da standart çalışma saatleri belirlenmiştir (Koç, 2017: 4).

Çalışanların mevcudiyeti, çalışan yetenekleri, adalet, sıkı çalışma kuralları, değişken vardiya saatleri, tam ve yarı zamanlı çalışanlar gibi birçok faktör göz önüne alındığında planlama konusunda büyük sorunlar yaşanabilmektedir (Gérard vd., 2016: 1019). Ayrıca planlama periyodu boyunca yaşanabilecek talep değişikleri de dikkate alındığında her bir üretim hattındaki kaynak kullanımı dengede tutulmalıdır (Tavaghof-Gigloo vd., 2016: 1) Bu bakımdan çizelgeleme ve planlama problemleri, NP-zor olarak sınıflandırılırlar (Krishnamoorthy vd., 2012: 37).

Personel çizelgeleme problemlerinin sınıflandırılmasında 6 farklı etken göz önüne alınabilir. Bu etkenler (Elshafei ve Alfares, 2008: 85);

- Vardiya sayısı,
- Personel yetenekleri ya da kategorileri,
- İşgücü talebi,
- Çalışma süresi sınırları,
- Hafta sonu çalışma sıklığı,
- Haftalık çalışma günü sayısıdır.

Verimliliğin arttırılması ve işgücünün çizelgelenebilmesi için sıklıkla sayısal yöntemlere ve matematiksel modellere başvurulmaktadır. İşgücü çizelgeleme, ilk olarak 1954 yılında Dantzig tarafından matematiksel olarak ifade edilmiştir. Bu modelde problem, genel bir küme örtme problemi olarak ele alınmıştır. Belirli bir zaman periyodunda işletme hedeflerine ulaşacak biçimde maliyet en aza indirilmeye çalışılmıştır (Thompson ve Goodale, 2006: 378). Daha sonra Keith tarafından 1979 yılında yapılan çalışma ile Dantzig'in modeli geliştirilmiştir. Keith, modeline pozitif ve negatif sapma değişkenleri ekleyerek, her bir vardiya için sabit sayıda personel çalıştırmak yerine değişken sayılarda personel kullanılmasını sağlamıştır (Ingolfsson vd., 2002: 586).

Günümüzde çizelgeleme faaliyetleri, birçok farklı amaç için farklı işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Varlı ve Eren, 2007: 186). Kullanım amaçlarına göre şu şekilde sıralanabilir (Ernst vd., 2004: 4);

- İşgücü planlama,
- İzin günü çizelgeleme,
- Sabit talep durumunda çizelgeleme,
- Vardiya çizelgeleme,
- Döngüsel görevlendirme,
- Tur çizelgeleme,
- Vardiya bazlı çizelgeleme,
- Değişken talep durumunda çizelgeleme,
- Görev bazlı çizelgeleme,
- Mürettebat çizelgeleme ve görevlendirme.

Çizelgeleme faaliyetlerinin uygulama alanlarına ise şu örnekler verilebilir (Ernst vd., 2004: 14);

- Otobüs firmaları,
- Havayolu şirketleri,
- Çağrı merkezleri,
- Acil sağlık birimleri,
- Turizm ve konaklama,
- Hemşire çizelgeleme,
- Demiryolu şirketleri,
- Üretim işletmeleri,
- Güvenlik birimleri,
- Finansal birimler.

1.1 İşgücü Çizelgeleme Problemleri Türleri

Günümüzde personel çizelgeme problemleri, Dantzig (1954) tarafından ele alınan problemden çok farklıdır. Eskiye kıyasla çizelgeleme yapılırken çalışanların istek ve ihtiyaçlarının karşılanmasının önemi artmıştır. Ayrıca tam zamanlı, yarı zamanlı sözleşmeler ve iş hukuku yasaları da dikkate alınmalıdır. Personel çizelgeleme alanında ilk sınıflandırmalardan biri Baker (1976) tarafından yapılmıştır. Buna göre çizelgeleme yöntemleri; vardiya çizelgeleme, izin günü çizelgeleme ve tur çizelgeleme olarak sınıflandırılır (Van den Bergh vd., 2013: 367).

1.1.1 Vardiya Çizelgeleme Problemleri

Vardiya çizelgeleme, işgücü planlama problemleri arasında en çok kullanılanıdır. Bu problemlerde genel amaç, minimum personel sayısının hesaplanarak maliyetin düşürülmesi ve öngörülen üretim ya da hizmet seviyelerine ulaşabilmektir (Koruca, 2010:472).

İşletmelerdeki üretim kapasitesi, vardiya modeline ve vardiya sürelerinin seçilmesine bağlıdır. Bu nedenle çoklu vardiya sistemi ile çalışan işletmelerde vardiya çizelgeleme bir zorunluluk haline gelmiştir. Vardiya modelleri, belirli bir zaman periyodunda sosyal ve yasal kısıtlar altında vardiya sayısı, vardiya süresi ve başlangıç zamanlarının belirlenmesiyle oluşturulur (Sillekens, 2010: 5560). Bu modellerde her vardiyaya atanacak çalışan sayısı, işgücü talebinin karşılanacağı ve işgücü maliyetinin asgariye indirileceği şekilde belirlenmeye çalışılır (Sungur vd., 2017: 294).

Vardiya çizelgeleme, çalışanların mevcut vardiyalara atanmasının yanı sıra çalışanlar için ara vermeyi de gerektirir. Günde 7-9 saat arası vardiyalarda çalışan personele, farklı zamanlarda yemek ve dinlenme molaları verilmelidir. Yemek ve dinlenme molaları yok sayılarak oluşturulan vardiya programlarında yöneticiler, molaları gerçek zamanlı olarak, yani zamanlamanın uygulama aşaması sırasında gerçekleştirirler. Gerçek zamanlı mola ataması istenenden daha kötü sonuç verme riskine sahipken, molalar ertelenir veya atanmazsa çalışan performansı düşebilir (Sungur vd., 2017: 294).

İşgücü planlamada genel olarak tek vardiya sistemi ve çoklu vardiya sistemi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılır. Bu yöntemler altında 4 çizelgeleme uygulaması mevcuttur. Bunlar; düzenli vardiya planı, hızlandırılmış iş çizelgesi, hiyerarşik vardiya planı ve yıllık saatli iş çizelgesi olarak adlandırılırlar (Azmat ve Widmer, 2004: 149). Düzenli vardiya planında, genel olarak haftanın 5 günü çalışıldığı kabul edilerek, haftalık toplam çalışma süresi bu 5 güne eşit biçimde dağıtılır. Hızlandırılmış iş çizelgesinde, haftalık toplam çalışma süresi 3 ya da 4 güne paylaştırılarak oluşturulur. Hiyerarşik vardiya planı, rutin olarak farklı görevlerde çalışan personelin ihtiyaç durumunda diğer görevlerde değerlendirilmesidir. Yıllık saatli iş çizelgesinde ise haftalık sabit çalışma süresi yerine değişken süreler kullanırken yıllık bazda sabit çalışma süresi kullanılır (Costa vd., 2006: 73).

Çoklu vardiya sistemi, önceden belirlenmiş bir zaman diliminde bir dizi bağımsız işin tamamlanması, talebin karşılanması ya da istenen hizmet düzeyine ulaşabilmek için farklı sektörlerde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. İşgücü çizelgeleri, kullanılan işgücü maliyetini düşürmek için planlama periyodu boyunca her günün farklı vardiyalarında kaçar işçi görevlendirilmesi gerektiğini hesaplamaya yardımcı bir karar destek sistemidir (Nearchou vd., 2015: 36).

Vardiya sistemi talebin yüksek olduğu sektörlerde üretimi arttırabilmek amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Bunun dışında vardiya sisteminin kullanılmasındaki ana nedenler şunlardır (Odabaşı ve Eke, 1981: 81):

- Hizmet sürekliliğini sağlama gereksinimi,
- Âtıl kapasitenin kullanılma ihtiyacı,
- Teknolojik aletlerin ve makinaların sürekli kullanılması ve kontrolü,
- Vardiya sistemiyle istihdam yaratma.

1.1.2 İzin Günü Çizelgeme Problemleri

Hastaneler, polis karakolları ya da fabrikalar gibi haftanın 7 günü çalışan işletmelerde izin günü çizelgeleme sıkça karşılaşılan sorunlardan biridir. Yasalar gereği çalışanlara haftalık izinler verilmeli başka bir deyişle çalışanlar sadece haftanın belirli günlerinde çalıştırılmalıdır (Alfares, 2001: 284). Bu problemlerde genel amaç, farklı iş kolları için çalışma günleri arasındaki dinlenme günlerini belirlemek ve günlük işçi ihtiyacını minimum maliyetle karşılarken her bir işçinin çalışacağı günleri belirlemektir (Tomàs Olivé, 2010: 5). Her bir işçinin yasal ve sosyal haklar gereği günlük ve haftalık olarak çalıştırılma süresi kısıtları vardır. Bunlara ek olarak yürütülen işin devamlılığı da sağlanmalıdır. Bu modellerde her çalışan, günde en fazla bir vardiyaya atanmalı, izin günlerine atama yapılmamalı ve ardışık iki vardiya arası minimum uzunlukta olmalıdır.

Teoride her bir çalışan, belirli bir göreve atanır, çünkü çok işli çoklu vardiya ve izin günü planlamak hesaplama yükünü önemli ölçüde arttıracaktır. Bunun yerine pratikte gerekli durumlarda işçiler planlanandan farklı birimlerde görevlendirilirler (Bürgy vd., 2018: 2). Bu problemlerin yapısı 6 farklı etkenle tanımlanabilir. Bunlar (Narasimhan, 2000: 15);

- Vardiya sayısı,
- Çalışan kategorilerinin ya da çalışanlara verilecek farklı görevlerin sayısı,
- İşgücü talebi modeli,
- Fazla mesai sınırları,
- Hafta sonu izinleri için gerekli sayı,
- Haftalık çalışma günü sayısıdır.

İzin günü belirleme problemlerinin en yaygın olanı, haftalık ardışık 2 günlük izinlerin planlandığı problemlerdir. Ancak problemin doğası gereği işçiler 5 gün çalışıp 2 gün izin yapacağından sadece 7 farklı plan oluşturulabilir. Haftanın 5 günü çalıştıklarından bu problemler, (5,7) izin günü çizelgeleme problemi olarak adlandırılırlar. (5,7) izin günü çizelgeleme problemleri karşılanması gereken günlük personel ihtiyacı için 7 kısıt ve atama yapılması gereken 7 gün olduğu için oldukça küçük problemlerdir (Alfares, 2001: 284).

Bunun dışında işçilerin 21 günlük (3 haftalık) periyotta ardışık 14 gün çalışıp haftalık izinleri yerine 7 gün ardışık izin yaptıkları, (14,21) izin günü çizelgeleme modelleri de mevcuttur. Genellikle yağ işletmeleri tarafından kullanılan bu modelin genel amacı bitkisel yağ üretimi için kullanılabilecek sınırlı zaman aralığında hem işçi hem de taşıma maliyetlerini düşürmektir (Alferes, 2002: 191).

1.1.3 Tur Çizelgeleme Problemleri

Tur çizelgeleme problemi, vardiya çizelgeleme ve izin günü çizelgeleme problemlerinin entegrasyonu ile oluşturulur. Planlama periyodu boyunca talebi karşılayabilmek için vardiyalarda kaçar çalışanın bulunması gerektiği, çalışanların vardiyalara dağıtılması ve aynı zamanda izin günlerinin planlanması tur çizelgeleme yöntemiyle çözülür (Restrepo vd., 2017: 621). Diğer problemlerde olduğu gibi tur çizelgeleme problemlerinde de genel amaç; belirlenen haftalık/aylık planlama periyodundaki çizelge oluşturulurken hem gerekli işgücü talebini karşılamak hem de işgücü maliyetini minimize etmektir (Çezik vd., 2001: 607).

Literatürde tur çizelgeleme problemleri üzerinde oluşturulmuş pek çok model vardır. Bu modellerin birçoğunda çalışanlar hafta boyunca aynı vardiyaya atanmıştır ya da çalışanların keyfi olarak farklı vardiyalara atandığı da görülmektedir (Çezik vd., 2001: 609). Haftalık ya da aylık çizelge oluşturulurken belirli sayıda çalışan, tur denilen çoklu vardiyalara atanmalıdır. Her tur, kendine ait başlangıç zamanına ve işgünü çizelgesine sahiptir. Ayrıca çalışanlar, haftalık çalışma sürelerini (5 günlük planda 8'er saat şeklinde 40 saat çalışılmalı) dolduracak biçimde turlara atanmalıdır (Dietz, 2017: 77).

İşgücünün etkin yönetimi için yıllık planlama, haftalık planlama ve günlük planlama olmak üzere 3 ana zaman periyodunda karar verme, modelleme ve analiz gereklidir. Yıllık planlama, uzun vadeli iş hacmi eğilimlerini ve bu süreçte oluşabilecek personel ihtiyaçlarını tahmin etmek ve dönemsel iş hacmi değişikliklerine cevap verebilmek gibi stratejik planlamaya yöneliktir. Haftalık planlamalar, tahmini iş hacmi taleplerine cevap verebilmek için çalışanların beceri, kıdem ve tercihleri de dikkate alınarak haftalık çizelgelere atanmasıdır. Burada özellikle faklı görev ya da vardiyaların başlangıç zamanına göre turların optimal planı olan haftalık optimal çizelgelerin oluşturulması amaçlanır. Günlük planlama ise, zamanlama değişikliklerinin izlenmesi, saha performanslarının değerlendirilmesi, önceden kestirilemeyen değişikliklere uygun çözümler üreterek ve gerektiğinde çalışanlara fazla mesai önererek iş hacmindeki değişiklikleri yönetebilmektir (Dietz, 2017: 77). Günlük vardiya ve haftalık turların detayları işçi sözleşmelerinde yer alır ama bunlara ek olarak göz önünde bulundurulması gereken kısa molalar gibi geleneksel kurallar da bulunabilir. İşçi sözleşmelerinde bulunan kısıtların ana hatları şu şekildedir (Çezik vd., 2001: 608);

- Haftalık toplam çalışma süresi,
- Yemek molası zamanı ve süresi,
- Kısa molaların zamanı ve süresi,
- Fazla mesai kısıtları ve ücretleri.

İşçi sözleşmeleri, ayrıca işletmelerin vardiya ve tur planlaması yapması için gereksinimlerini de özelleştirir. Kısaca özetlemek gerekirse (Çezik vd., 2001: 608);

- Her bir turdaki vardiya sayısı,
- İzin günleri ile ilgili kurallar,
- Turdaki vardiyaların başlangıcı ve süresi ile ilgili yasalar,
- Haftalık turlar döngüsel olduğu için planlanan turlar sapmalar ve zaman kısıtları göz önüne alınarak ardışık haftalarda kullanılabilir.

1.2 İşgücü Çizelgeleme Problemlerinin Çözüm Yöntemleri

Literatürde işgücü çizelgeleme problemleri çözmek için çok sayıda tamsayılı doğrusal programlama modeli bulunsa da bunlar geniş ölçekli çok sayıda kısıtlama içeren problemleri çözmek için yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden çeşitli çalışmalarda oluşturulan modellerdeki hesaplama yükünü azaltmak için sezgisel programlama kullanılmıştır (Gérard, vd., 2016: 1019). Tabu arama ve genetik algoritmalar gibi sezgisel yöntemler de çizelgeleme problemlerini çözmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemler çözümün optimalliğini garanti etmese de oldukça güçlüdürler ve en küçük ayrıntılar dahi modele dahil edilebilir. Böylece gerçek yaşam sorunlarına kolaylıkla uygulanabilirler (Lapègue vd., 2012: 97). Çizelgeleme problemlerini modellemek için matematiksel programlama, uzman sistemler, ağ akışı vb. farklı şu yöntemler kullanılmaktadır (Ernst vd., 2004: 21):

Doğrusal programlama: Doğrusal olarak tanımlanmış eşitlik ya da eşitsizliklerin oluşturduğu kısıtlar ve doğrusal programlamanın yapısal varsayımlarını gözeterek doğrusal bir amaç fonksiyonun optimum değerini araştıran matematiksel programlama tekniğidir (Paris, 2016: 5).

Tamsayılı programlama: Sürekli değerler alan doğrusal programlama karar değişkenlerinin bir kısmının veya tümünün kesikli değerler almalarına olanak sağlayan matematiksel programlama tekniğidir (Patır, 2009: 1).

Hedef programlama: Bir ya da birden fazla amacı bulunan problemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu tür problemlerde birbiriyle çelişen birden fazla hedefi sağlayabilmek için hedeflerden sapmaları en aza indirgeyecek çözüm üretilmeye çalışılmaktadır (Özcan ve Toklu, 2009: 1958).

Dinamik programlama: Dinamik programlama genellikle ekonomik modellerde rekabet ortamında sürekliliği sağlayabilmek, belirsizlikler altında problemleri modelleyebilmek ve optimal çözümü oluşturabilmek için kullanılan karar destek sistemidir (Rust, 2016: 1).

Ağ akışı yöntemi: Genellikle taşıma, aktarma ya da rotalama problemlerinde talebi karşılarken maliyeti minimize etmek için kullanılan bir doğrusal programlama yöntemidir (Cova, 2003: 584).

Küme örtme: Bir küme örtme probleminde, herhangi bir A kümesinin her bir elemanı, B kümesinin en az bir elemanı tarafından kapsanmalı ya da örtülmelidir. Küme örtme problemlerinde genel amaç, B kümesinden alınan en az sayıda eleman ile A kümesinin tüm elemanlarını kapsamaktır (Öztürk, 2016: 319). Bu problemlerdeki kısıtların görevi, problem nesnelerinin bir alt kümesini oluşturmaktır (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 225).

Genetik algoritmalar: Genetik algoritmalar yöntemi, ele alınan problemi alandan bağımsız olarak optimal ya da yaklaşık çözüme ulaştırmaya çalışan bilgisayar destekli bir yöntemdir. Bu yöntem; Darwinizm düşüncesine göre hayatın doğal işleyişi temel alınarak John Holland tarafından geliştirilen yöntemle evrimsel sürecin bir modelinin, optimizasyon problemlerine uygulanmasıdır (Koza ve Poli, 2005: 12).

Kuyruk teorisi: Bekleme probleminin yaşanabileceği her türlü ekonomik sistem için yapılan analizleri ifade etmek ve çözmek için oluşturulan matematiksel yöntemlerdir. Bu yöntem ile sunulan hizmetin boşluğu ile hizmet bekleyenin bekleme süresi arasında bir denge oluşturulmaya çalışılır (Köksal, 1980: 158).

Uzman sistemler: Kullanıcılarına, uzmanların beceri ve yeteneklerine ulaşma imkânı tanıyan, insan uzmanlığı ya da deneyimine gereksinim duyulan kararların alınmasında ve geliştirilmesinde yardımcı olan bilgisayar destekli sistemlerdir (Kurbanoğlu, 1992: 190).

Sezgisel yöntemler: Büyük çapta veri ve hesap karmaşası içeren problemler için optimal çözümü garanti etmeksizin optimuma en yakın çözümü önermeye çalışan sezgisel yöntemler, problemin çözüm süresini oldukça kısaltması ve ileri-geri besleme imkânı tanıyan matematiksel bir tekniktir (Çalışkan vd., 2009: 22).

1.2.1 Matematiksel Programlama

İşletmelerin etkin kararları, hızlı bir şekilde alabilmeleri büyük ölçüde bilimsel yaklaşımlar kullanmaları ile ilgilidir. Bilimsel yaklaşımların kullanıldığı bilimsel karar alma süreci, modellere dayanmaktadır. Literatürde karar alma sürecinde kullanılan birçok farklı model ve yöntem bulunmaktadır (Alan ve Yeşilyurt, 2004: 151). Öncelikle model, ele alınan problemle benzer karakteristik özellikler taşıyan eşdeğerine verilen addır. Yapılarına göre modeller; uyuşum, benzeşim ve matematiksel olarak gruplandırılabilmektedir. Bu çalışmada matematiksel modeller üzerinde durulacaktır. Matematiksel model, çözülmek istenen problemin matematiksel olarak ifade edilmesidir (Sağır vd., 2013: 4). Bu anlamda matematik modelleri kullanan tüm yöntemlerde ele alınan problemler, matematiksel olarak programlanır ve çözüme ulaştırılır (Alan ve Yeşilyurt, 2004: 151). Matematiksel programlama kavramı, bilgisayar programlama kavramından farklıdır. Matematiksel programlamada geçen *programlama* sözcüğü, planlama anlamındadır. Matematiksel programlama modelleri, optimizasyon kavramını da içermektedir (Williams, 2013: 5).

Matematiksel programlamada, bir problemi modellemek için kısıt ve amaç fonksiyonu kavramlarına ihtiyaç vardır. Kısıtlar, problemin gerekliliklerin ve değişkenler arası ilişkilerin matematiksel fonksiyonlarla gösterildiği yapılardır. Amaç fonksiyonu ise kısıtları sağlayan çözümlerden optimum olanının seçimi için kullanılan fonksiyonlardır. Problemin kısıtları, modellemenin yapısal varsayımları ve amaç fonksiyonunun oluşturduğu ifadelerin tümü karar modeli olarak adlandırılır (Sağır vd., 2013: 4).

Literatürde yaygın olarak kullanılan matematiksel programlama türleri; doğrusal programlama, dinamik programlama, tam sayılı programlama, doğrusal olmayan programlama, ulaştırma modelleri, Leontief modeli, şebeke analizi, stok modelleri, oyun kuramı, bekleme hattı modelleri, simülasyon modelleri ve Markov analizidir (Alan ve Yeşilyurt, 2004: 151).

1.2.1.1 Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama, yöneylem araştırması problemlerinin çözümünde kullanılan en belirgin yöntemdir. Doğrusal programlama, eldeki sınırlı kaynakların rekabet ortamında en verimli biçimde dağıtılarak en iyi sonuca ulaşılmasını sağlayan matematiksel bir optimizasyon tekniğidir (Taha, 2007: 11). Daha geniş bir tanımlama yapılacak olursa doğrusal programlama, iyi tanımlı doğrusal eşitlik ya da eşitsizliklerden oluşan kısıtları gözeterek doğrusal bir amaç fonksiyonunu optimum (maksimum ya da minimum) kılan değişkenlerin değerlerinin belirlenmesinde kullanılan deterministik matematiksel bir tekniktir (Trueman, 1981: 214).

İlk olarak 1942'de Kantoroviç tarafından tanımlanan doğrusal programlama modeli, Dantzig'in 1947'de doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan "Simpleks Yöntemi" algoritması ile birlikte oldukça yaygınlaşmıştır (Kocaoğlu, 2010: 5). Doğrusal programlama problemlerinin çözümünde uygulanan temel adımlar şu şekilde ifade edilebilir:

Problemin tanımlanması: İncelenen problemin verilerinin toplanması ve detaylandırılarak tanımlanmasıdır.

Model kurulması: Problemler, matematiksel ilişkiler şeklinde ifade edilmektedir. Model, doğrusal eşitlikler yardımıyla standart bir matematiksel gösterim şeklinde ifade edilebiliyorsa, bilinen farklı algoritmalar yardımı ile çözülebilmektedir.

Modelin çözülmesi: Geliştirilen farklı optimizasyon yöntemleri kullanılarak model çözülmektedir. Ayrıca duyarlılık analizleri de bu aşamada gerçekleştirilir.

Modelin geçerliliğinin onaylanması: Oluşturulan model ile gerçek sistemin işleyişi karşılaştırılmakta ve modelin beklenilen davranışları sergileyip sergileyemeyeceği incelenmektedir.

Çözümün uygulanması: Geçerliliği onaylanan bir modelin çözümünden elde edilen sonuçların uygulanması, önerilen sistemin uygulayıcılarına açık bir biçimde modelin tanıtılıp, elde edilen sonuçların iletilmesidir (Taha, 2007: 9).

İlk kullanım alanı olarak kendisine askeri alanda yer bulan doğrusal programlama yöntemi daha sonra ise endüstriyel anlamda yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Doğrusal programlama konusunda bilinen ilk uygulama, 1945'te Stigler tarafından bir diyet probleminin çözümü için kurulan matematiksel model ile gerçekleştirilmiştir (Timor, 2010: 39). Doğrusal programlamanın kullanım alanlarına dair diğer örnekler şu şekilde verilebilir (Öztürk, 2016: 32):

- Personel programlama,
- Ulaştırma ve lojistik problemleri,
- Tarımsal planlama,
- Sermaye bütçeleme,
- Dinamik yatırım planlaması,
- Portföy seçimi problemleri,
- Üretim planlaması ve envanter kontrolü
- Atama problemleri,
- Karışım problemleri,
- Hava kirliliği kontrolü,
- Finansal planlama,
- Reklam seçimi problemleri,
- Davranış bilimleri,

Ele alınan problem tanımlandıktan sonra, matematiksel bir doğrusal programlama modelinin kurulması için gerekli olan sistem elemanları şu şekildedir (Taha, 2007: 48):

- Karar değişkenlerinin tanımlanması,
- Optimize edilecek amaç fonksiyonunun belirlenmesi,
- Kısıtların oluşturulmasıdır.

1.2.1.1.1 Karar Değişkenlerinin Tanımlanması

Karar değişkenleri, problemi çözen kişinin kontrolünde en iyi değeri elde edilmek istenilen, negatif olmayan niceliksel değerler alan değişkenlerdir. Karşılaşılan problem için kurulmak istenen modelin bilinmeyenlerinden oluşan karar değişkenleri, alınacak kararlara ilişkin faaliyet düzeylerini gösterir (Winston, 2016: 49). Karar değişkenleri kısıtlayıcı kümesini doyurmaktadır. Genellikle x_j (j=1,2,…,n) ile gösterilir.

1.2.1.1.2 Amaç Fonksiyonunun Belirlenmesi

Doğrusal programlama problemlerinde, karar değişkenlerinin genellikle kâr veya geliri en büyüklemesi ya da maliyet veya zamanı en küçüklemesi istenmektedir. Amaç fonksiyonu, en büyük/maksimum ya da en küçük/minimum kılınan fonksiyondur (Tütek vd., 2016: 112).

Doğrusal programlama modelinden en verimli sonucun alınabilmesi adına amacın, net biçimde bilinmesi ve matematiksel olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Amaç fonksiyonu, ele alınan problemin ilgili zaman periyodundaki optimum değerini vermektedir. Bu yüzden amaç fonksiyonunu en büyük ya da en küçük kılacak x_j (j=1,2,…n) karar değişkenlerinin değeri belirlenmeli, böylece kaynakların örgütsel amaç ve hedefler doğrultusunda alternatif faaliyetler arasında en uygun şeklide dağıtımı gerçekleştirilmelidir (Timor, 2010: 40).

Bir doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu şu şekilde gösterilir;

$$maks\ z = c_1\, x_1 + c_2\, x_2 + c_3\, x_3 + \ldots.. + c_j\, x_j + \ldots.. + c_n\, x_n \qquad (1)$$

Eşitlik 1’de x_j (j=1, 2, …, n) karar değişkenlerini ve c_j (j=1, 2, …, n) kâr veya maliyet katsayılarını göstermektedir (Öztürk, 2016: 34).

1.2.1.1.3 Kısıtların Oluşturulması

Ekonomik düzenin temel doğası gereği üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan kaynaklar ve üretim faktörleri sınırsız olarak tedarik edilememektedir. İşletmelerin sahip oldukları makine ve teçhizat kapasitesi ve teknolojisi, iş gücü, enerji, hammadde ve yarı mamul, sermaye, malzeme gibi temel üretim faktörleri ile çıktıya dönüşen ürün ve hizmetlere olan talep de sınırlıdır. Bu yüzden karar değişkenlerinin miktarı da sınırlı olacaktır. Bu koşullarda önemli olan, bu kısıtlayıcıların etkisinde amaç fonksiyonunu ya da örgütsel başarıyı en olanaklı kılan üretim düzeyini gerçekleştirebilmektir (Sağır vd., 2013: 18). Eldeki sınırlı kaynakların oluşturduğu kısıtlar, karar değişkenleri ile ifade edilen amaç fonksiyonunun temel sınırlarıdır.

Bir doğrusal programlama modelinin kısıtlayıcıları şu şekilde ifade edilmektedir;

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1j}x_j + \ldots + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2j}x_j + \ldots + a_{2n}x_n \leq b_2$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{ij}x_j + \ldots + a_{in}x_n \leq b_i$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mj}x_j + \ldots + a_{mn}x_n \leq b_m \qquad (2)$$

Eşitlik 2'de, b_i (i=1, 2, …, m) işletmenin faaliyetlere dağıtabileceği kaynak miktarını, a_{ij} ürünlerin seçenekli üretim yollarını veya teknoloji katsayılarını göstermektedir.

Kaynak miktarları, her problem için sınırlı miktarda olmayabilir. Ele alınan probleme göre gereken kadar ya da gerekenden fazla miktarda kaynak bulunabilir.

Bu durumda Eşitlik 3'te bulunan eşitliklerle gösterilir (Öztürk, 2016: 36).

$$a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \ldots + a_{jj}x_j + \ldots + a_{jn}x_n \geq b_j \quad \forall \text{ j değerleri için}$$

$$a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \ldots + a_{jj}x_j + \ldots + a_{jn}x_n = b_j \quad \forall \text{ j değerleri için} \qquad (3)$$

Doğrusal programlama probleminin matematiksel ifadesinin tamamlanması için karar değişkenlerinin tamamının pozitif ($x_j \geq 0$) ya da bir kısmının pozitif, bir kısmının negatif değerler alabileceği varsayımları modele dahil edilmelidir (Winston, 2004: 52).

Doğrusal programlama modelinin standart formu Eşitlik 4'te gösterildiği gibidir (Timor, 2010: 42):

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Kısıtlayıcılar:

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

$$x_j \geq 0 \qquad (j=1,2,\ldots,n) \qquad (4)$$

1.2.1.1.4 Doğrusal Programlamanın Varsayımları

Bir karar probleminin doğrusal karar modeli haline dönüştürülüp tutarlı sonuçlar vermesini sağlayabilmek için öncelikle ele alınan sistemin taşıması gereken bazı varsayımları bulunmaktadır. Bu varsayımlar şu şekildedir (Sağır vd., 2013: 16):

Doğrusallık (Oransallık) Varsayımı: Doğrusallık varsayımına göre; x_j karar değişkeninin amaç fonksiyonu üzerindeki etkisi, amaç fonksiyonunda bulunan $c_j\, x_j$ terimindeki c_j oranı kadardır. Başka bir deyişle doğrusallık ile anlatılmak istenen, optimum değeri belirlenmeye çalışılan amaç fonksiyonunun ve kararı etkileyen sınırlı kaynakların, karar değişkenleri ile doğrusal bir biçimde ifade edilmesidir (Kocaoğlu, 2010: 5).

Toplanabilirlik Varsayımı: Toplanabilirlik varsayımına göre; toplam etkinliğin (kâr veya maliyet) ve toplam kaynak kullanımının ölçüsü ilgili karar değişkenlerine karşılık gelen değişkenlerin toplamlarıyla birlikte oluşmaktadır (Timor, 2010: 43).

Bölünebilirlik Varsayımı: Bölünebilirlik varsayımına göre; karar değişkenleri yalnızca tamsayılı değerlerle sınırlandırılmaz, kesirli değerler de alabilir. Başka bir deyişle ilişkiler, sürekli olmalıdır (Tütek vd., 2016: 113).

Kesinlik Varsayımı: Kesinlik varsayımına göre doğrusal programlama modelindeki tüm parametreler (teknoloji katsayıları, mevcut kaynak miktarı ve amaç fonksiyonu katsayılarının değerleri), tam olarak biliniyor olmalıdır (Winston, 2004: 54).

1.2.1.1.5 Doğrusal Programlamanın Çözüm Yöntemleri

Doğrusal programlama problemlerini, kurulan matematiksel model kullanılarak çözmek için genellikle tercih edilen yöntemler; grafik çözüm yöntemi, simpleks yöntemi ve iç nokta algoritmaları yöntemidir.

***Grafik Çözüm Yöntemi*:** Bu yöntemde, kurulan matematiksel modeller koordinat düzlemlerine (R^2 ya da R^3 gibi) aktarılır. Özellikle iki karar değişkenli modellerin çözümünde kullanılışlı olup karar vericiye görsel destek sağlamaktadır. (Sağır vd., 2013: 41). Üç ya da daha fazla karar değişkenli, iki kısıtlı doğrusal programlama modellerinin duali alınarak grafik çözüm yöntemi ile çözümleri bulunabilir (Öztürk, 2016: 92). Grafik çözüm yönteminin basamakları şu şekildedir (Sağır vd., 2013: 41);

- Oluşturulan matematiksel modelin kısıtları, koordinat düzlemi üzerinde çizilir.
- Kısıtların arasında kalan bölge (uygun bölge) belirlenir.
- Uygun bölgenin her bir köşesinde karar değişkenlerinin değerlerini ifade eden koordinatlar belirlenip, amaç fonksiyonunun değerleri hesaplanarak optimum çözümü veren köşe nokta belirlenmeye çalışılır.

Simpleks Çözüm Yöntemi: Çok sayıda karar değişkeni ve kısıt içeren problemlerin çözümü için simpleks yöntemi tercih edilmektedir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 35). Simpleks yöntemi, Dantzig tarafından ortaya atılan bir yineleme yöntemidir (Tütek vd., 2016: 135). Yöntemde, uygun çözüm bölgesinin sınırlarındaki her bir köşe nokta tek tek ziyaret edilerek optimal çözümü veren nokta araştırılır (Erdoğan, 2005: 101).

Grafik çözüm yöntemindeki uç nokta çözümü mantığını, simpleks yönteme uyarlayabilmek için model, uç nokta çözümüne göre cebirsel olarak yeniden tanımlanmalıdır. Bu tanımı yapabilmek için öncelikle, modelde eşitsizlik olarak ifade edilen kısıtlar gevşek değişkenler kullanılarak eşitliklere dönüştürülür. Böylece kullanılan model, standart doğrusal programlama modeli olarak yazılır. Modelin standart formda yazılmasıyla doğrusal eşitlikler olarak ifade edilen kısıtların çözümlerine başlanabilir (Taha, 2007: 90). Simpleks yönteminde ilk olarak başlangıç simpleks tablosu oluşturulup belirli kurallar dahilinde tekrar eden işlemlerle çözüm geliştirilerek optimal çözüm elde edilinceye kadar işlemlere devam edilir (Rai Technology University, 2007: 15).

İç Nokta Algoritmaları Yöntemi: İlk 1984'te Karmarkar tarafından geliştirilen iç nokta algoritmasının temeli, uygun çözüm bölgesindeki bir noktadan yola çıkıp, uygun çözüm bölgesi içinde her bir adımda çözümü geliştirecek başka bir noktaya geçilerek optimum sonucu verecek noktanın araştırılmasına dayanır (Keçek, 2003: 3).

Doğrusal programlama modeli, iç nokta algoritması yaklaşımının varsayımları göz önüne alınıp sınırlı kısıtlayıcı eklenerek standart hale getirilir. Başlangıç çözüm noktası $x_0 = (\frac{1}{n}, .., \frac{1}{n})$ alınarak tekrarlayan işlemler ile sonuca gidilir.

Farklı yöntemlerle oluşturulan matematiksel modeller küçük boyutlu problemler için manuel olarak grafik çözüm, simpleks vb. yöntemler kullanılarak çözülebilirken, problem boyutu arttığında ve ticari amaçlar güdülerek hataya yer vermeyecek biçimde çözülmek istendiğinde bilgisayar desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla kullanılan başlıca programlardan biri Microsoft tarafından sunulan Excel programıdır. Gerektiğinde makro ve mikrolarda kullanılarak oluşturulan modelin programa aktarılmasıyla istenen optimal çözüme ulaşabilmeyi sağlar.

Ayrıca özel olarak optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere hazırlanmış birçok paket program da bulunmaktadır. Bunlar arasından Lingo, Lindo, Winqsb ve Gams paket programları en çok tercih edilenleridir. Bu programlar araştırmacı ve öğrenciler için ücretsiz kullanılabilirken, özellikle ticari kullanımlar için belirli ücretler talep etmekte; aksi halde ise sadece belirli sayıda karar değişkeni ve kısıt içeren problemlerin çözümüne izin vermektedir.

Matematiksel analiz ve istatistik programı olan Maple ise özel olarak optimizasyon uygulamaları için hazırlanmış eklenti paketleri yardımıyla doğrusal ya da doğrusal olmayan farklı türlerdeki problemlerin çözümüne ve geometrik olarak 3 boyutlu incelenebilmesine olanak tanımaktadır.

Paket programlar dışında günümüz internet çağında cplex, gurobi, mosek vb. farklı optimizasyon sunucularına erişim olanağı tanıyarak ele alınan problemin sonuçlarına kolaylıkla ve çok kısa sürede ulaşmayı ve gerektiğinde farklı altyapılardan elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesini sağlayan neos-server.org vb. internet tabanlı optimizasyon siteleri hazırlanmıştır.

1.2.1.2 Tamsayılı Programlama

Gerçek yaşam problemlerinin doğrusal programlama modelleriyle çözümü her zaman anlamlı olmamakta, bulunan kesirli değerler istenen sonuçları vermemektedir. Örneğin bir fabrikada 18,7 işçi çalıştırılamaz ya da 545,46 birim ürün satın alınamaz. Bulunan kesirli değerlerin tamsayıya yuvarlanması ise çoğunlukla kurulan model için optimal çözümün gözden kaçırılmasına neden olabilmekte, hatta bazı durumlarda tamsayıya yuvarlanan değerler uygun çözüm bölgesinin dışında kalabilmektedir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 149). Ayrıca evet-hayır tipindeki problemlerin çözümü için de doğrusal programlama modeline tamsayı kısıtı eklenmesi gerekmektedir. Tüm bu nedenler dikkate alındığında doğrusal programlamanın yapısal varsayımlarından olan bölünebilirlik varsayımı görmezden gelinirken diğer varsayımların her birinin dahil edildiği doğrusal programlama modeli, bir kısım ya da her bir karar değişkeni tamsayı olan tamsayılı programlama modeli haline getirilir (Taha, 2007: 349; Özden, 2015: 257). Bu anlamda tamsayılı programlama problemleri, sürekli değerler alan doğrusal programlama karar değişkenlerinin bir kısmının veya tümünün kesikli değerler aldığı problemlerdir (Patır, 2009: 1).

Tamsayılı programlama modellerinin yaygın olarak kullanıldığı problemlerden bazıları şu şekildedir (Öztürk, 2016: 304):

- Beslenme problemleri
- Kuruluş yeri seçimi problemleri
- Sermaye bütçeleme problemleri
- Tezgâh yerleştirme problemleri
- İse-o zaman kısıtlayıcılı problemler
- Personel programlama
- Sırt çantası problemleri
- Sabit yük problemleri
- Ya-veya kısıtlayıcılı problemler
- Makine dizileme problemleri

Tamsayılı doğrusal programlama probleminin standart formu Eşitlik 5'te ifade edilmektedir (Timor, 2010: 251):

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq b_i, \quad \text{(i=1,2,...,m)}$$

$$x_j \geq 0 \text{ ve tamsayı}, \quad \text{(j=1,2,...,n)} \qquad (5)$$

Tamsayılı programlama modelleri, karar değişkenlerinin aldıkları değerlere ve kısıtlamalara göre farklı isimlerle ifade edilir. Tamsayılı programlama türleri şu şekilde verilebilir:

Arı Tamsayılı Programlama: Arı tamsayılı programlama problemlerinde, doğrusal programlama problemindeki tüm karar değişkenlerinin değerlerinin tamsayı olması istenmektedir (Tütek vd., 2016: 297). Başka bir deyişle doğrusal programlamanın bölünebilirlik varsayımı göz ardı edilir ve tüm karar değişkenleri, kesikli değerler alır. Arı tamsayılı programlama modeli, Eşitlik 6'da görüldüğü gibidir.

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = c_1\, x_1 + c_2\, x_2 + \cdots.. + c_n\, x_n$$

Kısıtlayıcılar:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots..+ a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots..+ a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots..+ a_{nn}x_n \leq b_n$$

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,, \cdots,\ x_n \geq 0 \qquad \text{ve}$$

$$x_j \in \mathbb{Z} \qquad (j=1,2,..,n) \qquad (6)$$

Karma Tamsayılı Programlama: Karma tamsayılı problemlerde, doğrusal programlama problemindeki karar değişkenlerinin sadece bir kısmının tamsayı olması istenirken, diğer karar değişkenlerinin ondalıklı değerler alması istenmektedir (Timor, 2010: 258). Karma tamsayılı programlama modeli, Eşitlik 7'de görüldüğü gibidir:

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = c_1\, x_1 + c_2\, x_2 + \cdots.. + c_n\, x_n$$

Kısıtlayıcılar:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots..+ a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots..+ a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots..+ a_{nn}x_n \leq b_n$$

$$x_j \in \mathbb{Z} \qquad (j=1,2,\ldots,k) \quad \text{ve}$$
$$x_j \geq 0 \qquad (j=k+1,\ldots,n)\ (k<n) \tag{7}$$

0-1 (İkili) Tamsayılı Programlama: Doğru/yanlış, evet/hayır, al/alma ya da yap/yapma gibi sadece 2 seçenekli karar problemleri ile günlük hayatta sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu tür 0-1 tamsayılı programlama ya da ikili tamsayılı programlama problemlerinde “0”, yanlış ya da olumsuzu; “1”, doğru ya da olumluyu ifade etmek üzere karar değişkenlerinin yalnızca 0 ya da 1 değerlerini alması istenmektedir (Özgüven, 2003: 193). 0-1 tamsayılı programlama modeli, Eşitlik 8’de görüldüğü gibidir:

$$x_j = \begin{cases} 1, & evet \\ 0, & hayır \end{cases} \qquad (j=1,2,\ldots,n)$$

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = c_1\, x_1 + c_2\, x_2 + \cdots .. + c_n\, x_n$$

Kısıtlayıcılar:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots .. + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots .. + a_{2n}x_n \leq b_2$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots .. + a_{nn}x_n \leq b_n \tag{8}$$

0-1 Karma Tamsayılı Programlama: 0-1 karma tamsayılı programlama problemlerinde, karar değişkenlerinden bir kısmının 0 ya da 1 değerleri, kalan kısmının ise sürekli değerler alması istenmektedir (Öztürk, 2016: 301). 0-1 karma tamsayılı programlama modeli, Eşitlik 9’da verilmiştir:

$$x_j = \begin{cases} 1, & evet \\ 0, & hayır \end{cases} \qquad (j=1,2,\ldots,n)$$

Amaç fonksiyonu:

$$maks\ z = c_1\, x_1 + c_2\, x_2 + \cdots .. + c_n\, x_n$$

Kısıtlayıcılar:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots .. + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots .. + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$\vdots \qquad\qquad\qquad \vdots \qquad \vdots$

$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n \leq b_n$

x_j =1 ya da 0 ve

$x_j \geq 0$ (j= 1,…,n) (9)

1.2.1.3 Hedef Programlama

Hedef programlama, çok kriterli karar verme yöntemlerinin bir çeşididir. Hedef programlama, bir ya da birden fazla amacı bulunan problemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu tür problemlerde birbiriyle çelişen birden fazla hedefi sağlayabilmek için hedeflerden sapmaları en aza indirgeyecek çözüm üretilmeye çalışılmaktadır (Özcan ve Toklu, 2009: 1958).

Hedef programlama modeli, orijinal modeldeki amaç fonksiyonuna pozitif sapma değişkeni (p_i^+) ve negatif sapma değişkeni (p_i^-) eklenerek doğrusal eşitlik haline getirilip kısıt olarak diğer kısıtlara eklenmesiyle oluşturulur. Oluşturulan yeni modelin amaç fonksiyonu ise sapma değişkenleri kullanılarak yeniden yazılır böylece birden çok hedefli problemin amaç fonksiyonu, tek hedef ile ifade edilmiş olur (Taha, 2007: 349).

Hedef programlama modelinin genel yapısı Eşitlik 10'daki gibi gösterilebilir:

Amaç fonksiyonu:

$$min\ z = \sum_{i \in I} p_i^+ + p_i^-$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^{n} (c_j\, x_j - p_i^+ + p_i^-) = k_i, \quad \text{(i=1,2,…,m), (j=1,2,...,n)}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq b_i, \quad \text{(i=1,2,…,m), (j=1,2,…,n)}$$

$$x_j\, ,\, p_i^+,\ p_i^- \geq 0\ , \quad \text{(i=1,2,…,m), (j=1,2,…,n)} \qquad (10)$$

Karar vericiler için kimi zaman hedeflerin önemleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu durumda amaç fonksiyonunda öncelikli ya da ağırlıklı yöntemler kullanılabilir (Turanlı ve Köse, 2005: 22). Literatürde hedef programlama; tek hedefli, eşit ağırlıklı çok hedefli, ağırlıklı çok hedefli, öncelikli çok hedefli, ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama olmak üzere 5 farklı şekilde gruplandırılabilmektedir.

Tek Hedefli Programlama: Tek hedefli programlama problemlerinde belirli ve tek bir hedef bulunmaktadır. Amaç, bu hedefi gerçekleştirmektir. Genel olarak bu tarz problemler, hedef programlama türleri arasında en basiti olarak kabul edilmektedir (Öztürk, 2016: 266).

Tek hedefli programlamanın amaç fonksiyonu, Eşitlik 11'de gösterildiği gibidir:

$$min\ z = p_1^- \tag{11}$$

Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama: Eşit ağırlıklı çok hedefli programlama problemlerinde, aynı öneme sahip birden fazla hedef bulunmaktadır. Bu hedefleri gerçekleştirmek için istenmeyen sapma değişkenleri toplamının minimum olması istenmektedir.

Eşit ağırlıklı çok hedefli programlamanın amaç fonksiyonu, Eşitlik 12'de gösterildiği gibi ifade edilebilir (Öztürk, 2016: 270):

$$min\ z = p_1^+ + p_2^- + p_3^+ + p_4^- \tag{12}$$

Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama: Ağırlıklı çok hedefli programlama problemlerinde öncelikle birden fazla hedef bulunur ve tüm hedeflerin de ağırlıkları (önem dereceleri) birbirinden farklıdır. Bu tür problemlerde hedeflerin sayısal olarak önem katsayıları belirlenir ve amaç fonksiyonunda bu hedeflerden sapmaların oluşturacağı maliyetten kaçınılmaya çalışılır.

Önceden belirlenen ağırlıklar $(w_1, w_2, w_3, ..)$ kullanılarak ağırlıklı çok hedefli programlama amaç fonksiyonu Eşitlik 13'te gösterildiği gibi ifade edilebilir (Winston, 2004: 193):

$$min\ z = w_1 p_1^- + w_2 p_2^- + w_3 p_3^- \tag{13}$$

***Öncelikli Çok Hedefli Programlama*:** Öncelikli çok hedefli programlama problemlerinde birden fazla hedefe sahip problemin hedeflerinin sayısal olarak önem katsayıları bilinmez. Ancak karar verici tarafından hedeflerin önem sırası belirlenebilir. Bu tür problemlerde amaç fonksiyonunda, bu hedeflerden sapmaların oluşturacağı maliyetten kaçınılmaya çalışılır. Sırasıyla öncelikli öneme sahip hedefler gerçekleştirilmeden sonrakine geçilmez.

Öncelikli çok hedefli programlamanın matematiksel olarak ifade edilişi Eşitlik 14'te olduğu gibidir (Taha, 2007: 341):

$$g_1 > g_2 \geq g_3 > \cdots > g_n \tag{14}$$

***Ağırlıklı – Öncelikli Çok Hedefli Programlama*:** Ağırlıklı - öncelikli çok hedefli programlama problemlerinde, farklı önceliklere sahip gruplar halinde hedefler ve bu gruplardaki hedeflerin belirlenmiş ağırlıkları bulunmaktadır.

Ağırlıklı – öncelikli çok hedefli programlama modelinin amaç fonksiyonu Eşitlik 15'teki gibi ifade edilebilir (Öztürk, 2016: 270):

$$min\, z = g_1(2p_1^- + 3p_2^-) + \; g_2 p_3^+ \tag{15}$$

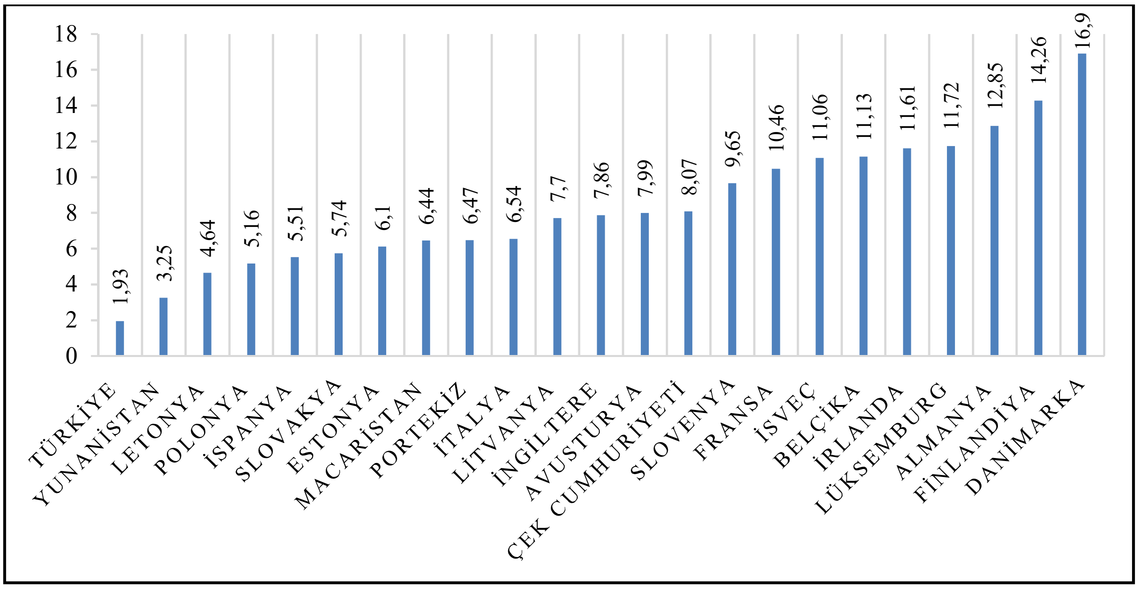
İKİNCİ BÖLÜM
HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN TAMSAYILI HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ ÖNERİSİ

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında yaşanan gelişmeler ve makineleşme, farklı sektörlerdeki çeşitli girdileri saf dışı bıraksa bile bazı sektörlerdeki insan unsurunun yerini değiştirememiştir. Bu sektörlerin başında sağlık sektörü gelmektedir. Bu anlamda sağlık sektörü sunulan hizmetin doğası gereği hizmet seviyesinin mümkün olan en üst düzeyde ve sürekli sağlanması gerektiğinden yapısal olarak insan gücüne en bağımlı olan sektörlerden biridir (Erat vd., 2011: 49). Bu yüzden yapıları, işlevleri ve yönetim koşulları açısından fazlasıyla karmaşık işletmeler olan sağlık kurumlarının hedeflerine ulaşabilmesi için mevcut personeli en verimli biçimde kullanma gereksinimi, işgücünün optimal seviyede çizelgelenmesini gerektirmektedir (Sağlık Bakanlığı, 1996: 1).

Sağlık sektörüne ayrılan bütçenin sınırlı oluşu ve ülkemizdeki personel eksikliği de göz önüne alındığında planlama ve çizelgeme faaliyetlerinin yanında mevcut personelin en verimli biçimde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Barber ve López-Valcárcel. 2010: 1). Hedeflenen personel verimliliğinin ve çalışan motivasyonunun sağlanabilmesi için personel talepleri çizelgelemeye dahil edilmeli ve mümkün olan adaletli çizelge oluşturulmalıdır (Kılıç ve Tunç, 2004: 39). Bu amaçla çok sayıda alternatif modeller geliştirilmiştir (Kiermaier ve Frey, 2015: 3). Literatürde sağlık sektöründe özellikle hemşire çizelgeleme problemleri üzerinde sıklıkla durulmuştur (Ağralı vd., 2017: 160).

2.1 Hemşire Çizelgeleme Problemleri

Sağlık sektöründe işgücü planlama; belirli bir süre içinde sağlık hizmetine ihtiyaç duyan bireylerin bakımını sağlayacak, işgücü dağılımını, çalışma koşullarını, görev tanımlarının ve göreve has yeteneklerin belirlenmesini, bunların denetimini sağlayacak yapıyı kurmaktır (Demirgöz Bal, 2014: 150; Sağlık Bakanlığı, 1996: 10). Bu anlamda sağlık sektöründe planlamada hedeflenen 5 temel amaç; doğru tutum ve davranışlar ile doğru becerilerle donanmış, doğru sayıda personelin, doğru yer ve zamanda görevlendirilmesidir (World Health Organization, 2000: 45). Öte yandan sağlık sektöründe gerekli bilgi, beceri ve yeteneğe sahip personel sayısının az olması, yüksek personel maliyetleri ve tıptaki ilerlemeler planlamayı zorunlu hale getirmekte ve zorlaştırmaktadır (Kılıç ve Tunç, 2004: 42). Dünya genelinde sağlık sektörü giderlerinin % 60'ını, ülkemizde ise % 80'ini personel giderleri oluşturmaktadır (Sağlık Bakanlığı, 1996: 8). Ülkemizde sağlık kurumlarında sunulan hizmetin büyük çoğunluğunu karşılayan hemşireler ise bu giderin % 50-60'ını oluşturmaktadır (Biron vd., 2007: 188; Ançel, 1996: 1). OECD ülkeleri genelinde hemşire sayılarının yetersiz olduğu, hemşire işgücündeki bu eksikliğin giderek artarak 2020 yılında % 20'ye ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Janiszewski Goodin, 2003: 336). Şekil 2'de 2017 verilerine göre 1000 kişiye düşen hemşire sayısı görülmektedir. OECD verilerine göre ülkelerdeki 1000 kişiye karşılık gelen hemşire sayıları sıralamasında Türkiye'nin son sıralarda bulunduğu görülmektedir. Buna karşın ülkemiz, sağlık kurumlarına yapılan başvuru sayılarında ön sıralarda bulunmaktadır (SASAM Enstitüsü, 2018: 34).



Şekil 2: 2017 Verilerine Göre 1000 Kişiye Düşen Hemşire Sayısı

Kaynak: OECD, 2019. https://data.oecd.org/healthres/nurses.htm

Kanada Hemşireler Birliği Federasyonu hazırladığı bir raporda, gerekli sayıda hemşire bulundurmamanın yatak yaraları, ameliyathane enfeksiyonları, yanlış ilaç kullanımı, hastanın yaşama döndürülememesi ve yetersiz tedavi sonucu yeniden bakıma ihtiyaç duyulması gibi olumsuz sonuçlar doğurduğu saptanmıştır (International Centre for Human Resources, 2007: 2). Lankshear vd. (2005) tarafından yapılan 22 araştırmanın sonuçlarının değerlendirildiği bir çalışmada, yeterli sayıdaki hemşirenin doğru görev dağılımı ve adaletli çizelgelenmesiyle, hastaların iyileşme ve hastanede kalma sürelerinin kısalması arasında pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır (Lankshear vd., 2005: 172). Bu yüzden ülkemizde sağlık kurumlarında çalışan hemşire sayısının eksikliği de göz önüne alındığında, hemşirelerin çalışma koşullarının planlanması ve programlarının çizelgelenmesi bir zorunluluk halini almaktadır (Barber ve López-Valcárcel. 2010: 1).

Çizelgeleme yöntemlerinin ekstra katma değer yarattığı endüstrilerin başında yer alan sağlık sektöründe yoğun iş yükü altında hasta ve doktor arasında bir köprü olan hemşirelerin verimliliğinin arttırılabilmesi için adaletli çalışma koşulları sağlanmalı ve hemşire istekleri de göz önünde bulundurularak çizelgeleme yapılmalıdır (Erat vd, 2011: 49). Bu nedenle literatürde sağlık sektöründe özellikle hemşire çizelgeleme problemleri üzerinde sıklıkla durulmuştur (Ağralı vd., 2017: 160). Farklı kısıtlar ve yöntemler kullanılarak ele alınan bu çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında matematiksel programlamanın birer çeşidi olan doğrusal programlama, tamsayılı programlama ve hedef programlama yöntemleri gelmektedir.

2.2 Hemşire Çizelgeleme Problemlerine İlişkin Literatür Taraması

Literatürde sağlık sektöründe çizelgeleme faaliyetlerini dikkate alan birçok çalışma bulunmaktadır. Farklı amaçları bulunan, farklı kısıtlar içeren ve farklı yöntemler kullanılan bu çalışmalar arasında hemşire çizelgeleme problemleri en yaygın olanıdır. Bu bölümde hemşire çizelgeleme problemlerini farklı yöntemler ile çözen çalışmalara yer verilmiştir.

İlk olarak Wolfe ve Young (1965) yaptıkları çalışmada, hemşire çizelgeleme probleminin matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Bu modelde amaçlanan, hemşireleri farklı görevlere atarken maliyeti de minimize etmektir.

Güngör (2002) tarafından yapılan çalışmada, iki basamaklı bir 0-1 tamsayılı programlama modeli oluşturulmuştur. İlk aşamada ilgili kısıtları ve kesintisiz hizmeti sağlayacak hemşire sayısı belirlenmiş, ikinci aşamada ise belirlenen hemşire sayısının iki haftalık dönemde vardiya planlaması yapılmıştır.

Azaiez ve Al Sharif (2005) tarafından yapılan çalışmada, 6 aylık bir periyotta çizelgeleme için 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur.

Hemşireleri yeteneklerine göre farklı görevlere atarken aynı zamanda fazla mesaiden kaynaklanacak ekstra maliyetten kaçınılmak istenmektedir. Ayrıca oluşturulan modelde hemşire talepleri de dikkate alınarak gece vardiyası ve hafta sonu izinleri için eşit dağılım sağlanmaya çalışılmıştır.

Atmaca vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, 0-1 tamsayılı hedef programlama kullanılmıştır. Model, uygulamanın yapıldığı hastanenin yönetimsel kararları, sabit ve değişken koşullar göz önüne alınarak hazırlanmış ve 4 haftalık bir periyot için çizelgeleme yapılmıştır. İlgili hastanenin 824 TL fazla maliyetle daha adil ve hemşireler adına daha elverişli çalışma şartları oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Öztürkoğlu ve Çalışkan (2014) tarafından yapılan çalışmada, arı (saf) 0-1 tamsayılı programlama yöntemi ile esnek bir çizelgeleme modeli oluşturulmuştur. Vardiya ve günlük çizelgeleme yöntemleri birlikte ele alınarak haftalık çizelgeler elde edilmiştir. Esnek yapı kullanılarak vardiya başlangıç saatleri, çalışma ve dinlenme sürelerinde farklı seçenekler oluşturulmuştur. Modelde tespit edilen en büyük eksiklik ise pazar tatillerinin dengeli dağıtılamamasıdır.

Lin vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, hemşire memnuniyetini maksimum seviyede sağlamak için hemşireler tercih ettikleri vardiyalara atanmaya çalışılmış ve izin günleri de hemşire tercihleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Tamsayılı doğrusal programlama ve genetik algoritmalarla iki model oluşturulup sonuçları incelenmiştir. Genetik algoritmalarla oluşturulan modelde ağırlıklandırılmış hedefler kullanılarak hafta içi ve hafta sonu vardiyaları için dengeli bir dağılım oluşturulmuştur.

Legrain vd. (2015) yaptıkları çalışmada, sürekli ve ihtiyaç durumunda çalıştırılan iki hemşire grubunu çizelgelemeye yönelik çok amaçlı bir sezgisel model önermiştir. Önerilen model cplex altyapısıyla çözülerek manuel çizelge ve matematiksel modelden elde edilen çizelgelerle; eşitlik, zorunlu kısıtların sağlanması, hemşire tercihlerinin karşılanması, çizelgeleme süresi gibi başlıklar altında karşılaştırılmıştır.

Jafari vd. (2015) yaptıkları çalışmada, hemşire taleplerini göz önünde tutarak, hemşireleri mümkün olduğunca tercih ettikleri vardiyalara atarken fazla mesaiyi de minimize etmenin amaçlandığı, çeşitli belirsizliklere karşı çözüm üretebilen 4 farklı bulanık matematiksel model önermiştir. Önerilen modellerde amaç fonksiyonunu oluşturan birden fazla hedefin ağırlıklarını belirlemek için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan modeller arasında ağırlıklı ortalama yöntemi en kötü, bulanık yöntem ise en iyi sonucu vermiştir.

Bagheri vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, hemşirelerle ilgili bilgilerin belirsizliği, hemşire tercihleri, hasta sayıları, hastaların hastanede kalma süreleri, beklenmeyen durumlar gibi farklı belirsizliklere cevap verebilmek ve temel amaç olarak maliyeti düşürmek için bir stokastik model önerilmiştir. Önerilen model, ortalama yaklaşım metodu kullanılarak çözülmüştür. Elde edilen çözümün, deterministik modellerden elde edilen çizelgelere göre belirgin bir şekilde daha etkili ve adil olduğu tespit edilmiştir.

Varlı vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, çok amaçlı hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Günde 3 vardiya sistemiyle hastanede 2 farklı birimin bir aylık vardiya çizelgesi oluşturulmuştur. Modelde bazı hemşirelerin özel isteklerine de yer verilmiştir.

Nasiri ve Rahvar (2017) tarafından yapılan çalışmada, 2 adımlı bir yaklaşımda bulunulmuş, ilk adımda Augmecon2 adı verilen epsilon tekniği kullanılarak çok amaçlı matematiksel model oluşturulmuştur. Model genel ve yasal kısıtların hepsini sağlayacak sonuçlar vermesine rağmen birtakım istenmeyen vardiya atamasının da gerçekleştiği görülmüştür. İkinci aşamada ise planlayıcılar ve yönetim tarafından kilit unsur olarak görülen faktörler karşılaştırılarak çizelgeler oluşturulmuştur.

Ang vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, performans ölçütü temel alınarak 142.564 katılımcının dahil edildiği 1 yıllık çalışma planı oluşturulmaya çalışılmıştır. Yasal kısıtlar ve geleneksel kurallara ek olarak hemşire hasta oranı, hemşire tercihleri ve izin günleri de göz alınarak çok amaçlı bir karma tamsayılı hedef programlama modeli önerilmiştir.

Al-Hinai vd. (2018) tarafından bir hastanenin acil biriminde yapılan çalışmada, iş yükünün hemşirelere eşit ve adil biçimde dağıtılarak hemşirelerin memnuniyetinin arttırılması amaçlanmıştır. Üç farklı kategorideki hemşireler hastane yönetiminin planlama politikasına uygun biçimde çizelgelenirken fazla mesai ücretlerinden de kaçınılmaya çalışılarak oluşturulan matematiksel modelin uygulanmasındaki sonuçlar görülmek istenmiştir.

Zanda vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, normal ve uzman hemşirelerden oluşan grubun, ele alınan problemin özel kısıtları altında vardiya, icapçı hemşire ve izin günü çizelgesi yapılmıştır. Günlük ya da haftalık çizelgeleme yerine uzun dönem planlama için bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Böylece değişen koşullara çözüm üretebilecek, acil durumlarda destek verecek hemşirelerin belirlendiği dengeli bir çizelge oluşturulmuştur.

Hamid vd. (2018)'nin yaptıkları çalışma, iki basamaklı olarak planlanmıştır. İlk basamakta; hemşire maliyetlerini düşürürken, iş yükünün dengeli dağılımını ve hemşirelerin iş tatminini arttırmaya yönelik çok amaçlı matematiksel bir model önerilerek augmecon metoduyla çözülmüştür. İkinci basamakta ise elde edilen çözümler arasından en iyisini seçmek adına karar verme tekniklerinden yararlanılarak optimal çözüm araştırılmıştır.

Ho vd. (2018) yaptıkları çalışmada, kullanıcıların görevlendirme koşullarını ve kısıtlarını değiştirebileceği, gerçek yaşam problemlerine uygun bir tamsayılı doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Bu modelde 36 hemşire 23 farklı birime atanmaya çalışılmış ve elde edilen çizelge ile manuel olarak oluşturulan çizelge karşılaştırılmıştır.

Youssef ve Senbel (2018) yaptıkları çalışmada, sezgisel bir model önermiştir. İki aşamalı olarak gerçekleştirilen çözümün ilk aşamasında yasal ve geleneksel bütün zorunlu kısıtları sağlayarak adaletli çizelgelemeyi garanti altına alacak çizelge oluşturulmaya çalışılmış, ikinci aşamada ise hemşire tercihlerini içeren esnetilebilir kısıtlar mümkün olduğunca sağlanacak biçimde çizelge yeniden oluşturulmuştur. Çalışmada önerilen iki aşamalı model kullanılarak hemşirelerin tercihlerini online olarak girebileceği bir internet sitesi kurulmaya çalışılmaktadır.

2.3 Önerilen Model

Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde yapılan bu çalışmada, ilgili birimde çalışan hemşirelerin 2019 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos olmak üzere 3 aylık periyodundaki vardiya çizelgesini oluşturmaya yönelik tamsayılı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen modelde birkaç günlük ya da haftalık döngüsel periyotlarda planlama yerine, uzun bir dönemi daha küçük zaman dilimlerine ayırarak çizelge oluşturmaya çalışılmaktadır. Çizelgeleme problemlerinde yaygın bir şekilde kullanılan bu yöntem ile bütün kısıtlar altında oluşacak hesap karmaşası azaltılmaya çalışılır (Zanda vd, 2018: 339).

Model oluşturulurken yasal kısıtlar, hemşire ve hastane yönetiminin ortak kararları göz önünde bulundurularak ele alınan periyotta her gün için kesintisiz hizmet sağlanması, fazla mesaiden kaynaklanacak maliyetlerin düşürülmesi, toplam mesai saatleri, gece-gündüz vardiya sayıları ve hafta sonu vardiya sayıları açısından mümkün olan en adaletli çizelgeleme oluşturularak hemşire motivasyonunu da yüksek tutmak amaçlanmıştır. Ayrıca çizelge oluşturulurken, önceki ayın son gününe ait veriler de modele bir kısıt olarak eklenerek çizelgelemenin belirlenen kurallara uygun ve adaletli bir biçimde devam etmesi sağlanacaktır. Bunun yanında önceden çizelgelenmiş içinde bulunulan ayın herhangi bir gününde hemşire mevcudiyeti açısından beklenmeyen gelişmeler, tayinler, mazeret durumları ya da yıllık izinler gibi durumlar gerçekleştiğinde ilgili durum bir kısıt ya da girdi olarak modele eklenerek çizelgelemenin ayın devam eden günleri içinde sağlıklı ve rutin devamlılığı sağlanacaktır.

Önerilen modelin oluşturulması için öncelikle 3 ana grupta toplanabilen verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler şu şekildedir:

- Dikkate alınan başka bir deyişle çizelgelemenin yapılacağı sağlık kurumunun ilgili bölümünün genel kuralları (vardiyaların başlangıç ve bitiş zamanları, hemşirelerin görev yapabileceği aylık maksimum vardiya sayısı),
- Çizelgelemenin yapılacağı sağlık kurumunun ilgili bölümündeki mevcut hemşireler hakkındaki veriler (toplam hemşire sayısı, yasal olarak maksimum çalışma saatleri),
- Çizelgelemenin yapılacağa aya ait detaylı bilgiler (çizelgelemenin yapılacağı aydaki gün sayısı, hafta içi ve hafta sonu günleri vb.).

Ayrıca önerilen bu modelde yukarıda belirtilen verilerin dışında modellerin çözümünden elde edilen sonuçlar da kullanılmaktadır. Başka bir deyişle yapılacak çizelgelemede bir ay için elde edilen model sonuçları, diğer ayın modeline de girdi olarak aktarılmaktadır. Böylece önceden belirtilen 3 hedefi de içeren optimizasyon problemi çözülerek her ayın çizelgesi oluşturulur.

2.3.1 Önerilen Modelde Kullanılan Notasyonlar

Bu çalışmada önerilen modelde kullanılan notasyonlar (indisler ve kümeler) aşağıda verilmiştir. Notasyonlar Zanda vd. (2018) tarafından verilen notasyonların gösterim olarak uyarlanması ve genişletilmesiyle oluşturulmuştur.

- d planlanan aydaki gün sayısı
- $J=\{1, \ldots, d\}$ planlanan aydaki günlerin kümesi
- $\boldsymbol{J}^{*}=\{1, \ldots, d\text{-}1\}$
- $\boldsymbol{J_{hs}}$ Planlanan aydaki hafta sonu günlerinin kümesi
- $\boldsymbol{J_{hi}}$ Planlanan aydaki hafta içi günlerinin kümesi
- $j \in J$ gün indeksi
- $I=\{1, \ldots, n\}$ hemşire kümesi
- $i \in I$ hemşire indeksi
- $K=\{1, \ldots, v\}$ vardiya kümesi
- $k \in K$ vardiya indeksi
- $K^{*}=\{k+1, \ldots, v\}$, $k+1 \leq v$ olmak üzere
- $k^{*} \in K^{*}$ vardiya indeksi

2.3.2 Parametrelerin ve Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi

Modelde kullanılan *parametreler* şu şekildedir:

$\boldsymbol{ort_{ay}}$ **:** Bir hemşire, 657 sayılı kanuna göre haftalık en fazla 40 saat çalışmalıdır. Bu parametre, hemşirelerin 1 aylık periyotta atanabileceği vardiya sayısının maksimum değerini göstermektedir.

$\boldsymbol{ort}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için ortalama vardiya sayıları toplamının en küçük değerini göstermektedir. Hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, $\boldsymbol{ort}$ değeri olarak alınmaktadır.

$\boldsymbol{ort_{hs}}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire her $k \in K$ için ortalama hafta sonu vardiya sayısının en küçük değerini göstermektedir. Hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, $\boldsymbol{ort_{hs}}$ değeri olarak alınmaktadır.

$\boldsymbol{ort_{hi}}$: Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire her $k \in K$ için ortalama hafta içi vardiya sayısının en küçük değerini göstermektedir. Hesaplanan ortalama değere eşit ya da bu değerden küçük en yakın tamsayı değeri, $\boldsymbol{ort_{hi}}$ değeri olarak alınmaktadır.

Bu çalışmada önerilen modelde kullanılan *karar değişkenleri* ise şu şekildedir:

$\boldsymbol{x_{i,j,k}} \in \{\mathbf{0}, \mathbf{1}\}$ **:** Bu karar değişkenine göre *i.* hemşire *j.* günde *k.* vardiyada çalışıyorsa 1; çalışmıyorsa 0 değerini almaktadır.

$\boldsymbol{p_i^+} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için ortalama vardiya sayısından pozitif yönlü sapmayı gösteren sapma değişkenidir.

$\boldsymbol{p_i^-} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için ortalama vardiya sayısından negatif yönlü sapmayı gösteren sapma değişkenidir.

$\boldsymbol{h_i^+} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiya sayısının, ortalama hafta sonu vardiya sayısından (ort_{hs}) pozitif yönlü sapmasını gösteren sapma değişkenidir.

$\boldsymbol{h_i^-} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda $i \in I$ hemşiresinin atandığı toplam hafta sonu vardiya sayısının, ortalama hafta sonu vardiya sayısından (ort_{hs}) negatif yönlü sapmasını gösteren sapma değişkenidir.

$\boldsymbol{dn_{i,k,k^*}^+} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşiresinin atandığı k $\in K$ vardiyası sayısının her bir $k^* \in K^*$ vardiyası sayısından farkını ifade eden pozitif yönlü sapma değişkenidir.

$\boldsymbol{dn_{i,k,k^*}^-} \geq \mathbf{0}$ **:** Planlanan ayda her $i \in I$ hemşiresinin atandığı k $\in K$ vardiyası sayısının her bir $k^* \in K^*$ vardiyası sayısından farkını ifade eden negatif yönlü sapma değişkenidir.

2.3.3 Amaç Fonksiyonunun Belirlenmesi

Önerilen modelde amaç fonksiyonu, minimizasyon tipinde olup 3 ana hedefi içermektedir. Bu modeldeki amaç fonksiyonunu oluşturan hedefler şu şekilde açıklanabilir:

- Her hemşirenin atandığı vardiya sayısının toplamı minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} \boldsymbol{p}_i^+$ şeklinde gösterilmiştir. Buna göre planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için $\boldsymbol{p}_i^+$ sapmalarının toplamı en küçük olmalıdır.
- Her hemşirenin atandığı hafta sonu toplam vardiya sayısı minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} \boldsymbol{h}_i^+$ şeklinde gösterilmiştir. Buna göre planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için $\boldsymbol{h}_i^+$ sapmalarının toplamı en küçük olmalıdır.
- Her hemşirenin atandığı toplam k $\in K$ vardiyası sayısından her $k^* \in K^*$ için toplam vardiya sayıları farkı minimize edilmelidir. Bu durum, amaç fonksiyonunda $\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{k^* \in K^*} (\boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^+ + \boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^-)$ şeklinde gösterilmiştir. Buna göre planlanan ayda her $i \in I$ hemşire için $(\boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^+ + \boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^-)$ toplamı en küçük olmalıdır.

Tüm bu hedefler göz önünde tutularak oluşturulan modelin amaç fonksiyonu şu şekildedir:

$$\boldsymbol{min\ z} = \sum_{i \in I} \boldsymbol{p}_i^+ + \sum_{i \in I} \boldsymbol{h}_i^+ + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{k^* \in K^*} (\boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^+ + \boldsymbol{dn}_{i,k,k^*}^-) \quad (16)$$

Amaç fonksiyonunun düzenlenmesine ilişkin bir örnek şu şekilde verilebilir:

$$\boldsymbol{min\ z} = p_1^+ + p_2^+ + \cdots + p_n^+ + h_1^+ + h_2^+ + \ldots + h_n^+ + dn_{1,1,2}^+ + dn_{1,1,3}^+ + \cdots + dn_{1,1,v}^+ + dn_{1,2,3}^+ + dn_{1,2,4}^+ + \cdots + dn_{1,2,v}^+ + \cdots + dn_{1,v-1,v}^+ + \cdots + dn_{n,v-1,v}^+ + dn_{1,1,2}^- + dn_{1,1,3}^- + \cdots + dn_{1,1,v}^- + dn_{1,2,3}^- + dn_{1,2,4}^- + \cdots + dn_{1,2,v}^- + \cdots + dn_{1,v-1,v}^- + \cdots + dn_{n,v-1,v}^- \quad (17)$$

2.3.4 Kısıtların Oluşturulması

Önerilen modelde kısıtlar, 9 adet başlık altında toplanmıştır.

1. Her $j \in J$ gününde her $k \in K$ vardiyasında çalışan toplam hemşire sayısı en az $S \in Z^+$ kadar olmalıdır.

$$\sum_{i} \boldsymbol{x}_{i,j,k} \geq \boldsymbol{S}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (18)$$

Bu kısıtta j=1 (1. gün) ve k=1 (1. vardiya) olarak alındığında, bu kısıtın açılmış hali şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,1,1} + x_{2,1,1} + \cdots + x_{n,1,1} \geq S$$

2. Her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, her $j \in J_{hs}$ için en az ortalama hafta sonu vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq ort_{hs}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J_{hs}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (19)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi, k=1 vardiyası ve $J_{hs} = \{a, b, \dots, c\}$ hafta sonu günleri için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,a,1} + x_{1,b,1} + \cdots + x_{1,c,1} \geq ort_{hs}$$

3. Her hemşirenin atandığı toplam hafta içi vardiyası sayısı, her $j \in J_{hi}$ için en az ortalama hafta içi vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq ort_{hi}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J_{hs}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (20)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi, k=1 vardiyası ve $J_{hi} = \{A, B, \dots, C\}$ hafta içi günleri için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,A,1} + x_{1,B,1} + \cdots + x_{1,C,1} \geq ort_{hi}$$

4. Her $i \in I$ hemşire, her $j \in J^*$ günü için *v* vardiyasına atanan hemşire, *v* vardiyasını takip eden gün dinlendirilmelidir. Dolayısıyla *(j+1)* gününde her $k \in K$ vardiyalarına atanmamalıdır.

$$\boldsymbol{v} * \boldsymbol{x_{i,j,v}} + \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,(j+1),k}} \leq \boldsymbol{v}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}^* \qquad (21)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi ve j=1 günü için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$v * x_{1,1,v} + x_{1,2,1} + x_{1,2,2} + \cdots + x_{1,2,v} \leq v$$

5. Her $i \in I$ hemşire, her $j \in J$ günü için, aynı gün içinde birden fazla vardiyaya atanmamalıdır.

$$\sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \leq \boldsymbol{1}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J} \qquad (22)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi ve j=1 günü için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$x_{1,1,1} + x_{1,1,2} + \cdots + x_{1,1,v} \leq 1$

6. Her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı, her $j \in J$, her $k \in K$ için en fazla yasaların izin verdiği aylık ortalama vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{j}\sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \leq \boldsymbol{ort_{ay}}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (23)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi için açılmış hali şu şekilde yazılabilir;

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + \cdots + x_{1,d,1} + x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + \cdots + x_{1,d,2} + \cdots + x_{1,1,v} + x_{1,2,v} + \cdots + x_{1,d,v} \leq \boldsymbol{ort_{ay}}$$

7. Adaletli bir çizelgelemeyi sağlayabilmek için her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı, mümkün olduğunca ortalama vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_{j}\sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{p_i^+} + \boldsymbol{p_i^-} = \boldsymbol{ort}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (24)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir;

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + \cdots + x_{1,d,1} + x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + \cdots + x_{1,d,2} + \cdots + x_{1,1,v} + x_{1,2,v} + \cdots + x_{1,d,v} - \boldsymbol{p_1^+} + \boldsymbol{p_1^-} = \boldsymbol{ort}$$

8. Adaletli bir çizelgelemeyi sağlayabilmek için her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, mümkün olduğunca ortalama hafta sonu vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_{j}\sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{h_i^+} + \boldsymbol{h_i^-} = \boldsymbol{v} * ort_{hs}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J_{hs}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (25)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,a,1} + x_{1,b,1} + \cdots + x_{1,c,1} + x_{1,a,2} + x_{1,b,2} + \cdots + x_{1,c,2} + \cdots + x_{1,a,v} + x_{1,b,v} + \cdots + x_{1,c,v} - \boldsymbol{h_1^+} + \boldsymbol{h_1^-} \geq v * ort_{hs}$$

9. Adaletli bir çizelgelemeyi sağlayabilmek için her hemşire, her k ∈ K vardiyasına mümkün olduğunca eşit sayıda atanmalıdır. Her k ∈ K ve her $k^* \in K^*$ için bu kısıt şu şekilde oluşturulur:

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k^*}} - \boldsymbol{dn^+_{i,k,k^*}} + \boldsymbol{dn^-_{i,k,k^*}} = \boldsymbol{0}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I},$$

$$\forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}, \quad \forall \boldsymbol{k^*} \in \boldsymbol{K^*} \quad (26)$$

Bu kısıtın i=1 hemşiresi, k=1 ve k^*=2 için oluşturduğu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + \cdots + x_{1,d,1} - \left(x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + \cdots + x_{1,d,2}\right) - \boldsymbol{dn^+_{1,1,2}} + \boldsymbol{dn^-_{1,1,2}} = 0$$

Modeldeki bu ana 9 kısıt dışında, çizelgelemeyi sonraki aylarda da doğru ve adaletli biçimde devam ettirmek ve 4. kısıtı sağlayabilmek için önceki ayın son vardiyasına ait veriler bir sonraki ayın modeline eklenmelidir. Örneğin i=3 numaralı hemşire Haziran ayının 30. günü gece vardiyasında çalışmış ise Temmuz ayının ilk günü her $k \in K$ vardiyasında dinlendirilmelidir dolayısıyla Temmuz ayı için $\boldsymbol{x_{3,1,1}} + \boldsymbol{x_{3,1,2}} + \cdots + \boldsymbol{x_{3,1,v}} = \boldsymbol{0}$ olmalıdır.

Yukarıdaki bölümlerde bahsedilen amaç fonksiyonu ve kısıtlar dikkate alınarak ilgili birimde ele alınan hemşire çizelgeleme problemi için önerilen model şu şekildedir:

Amaç fonksiyonu:

$$min\ z = \sum_{i \in I} p_i^+ + \sum_{i \in I} h_i^+ + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{k^* \in K^*} (dn^+_{i,k,k^*} + dn^-_{i,k,k^*})$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i} x_{i,j,k} \geq S, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$\sum_{j} x_{i,j,k} \geq ort_{hs}\,, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hs}, \qquad \forall k \in K$$

$$\sum_{j} x_{i,j,k} \geq ort_{hi}\,, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hi}, \qquad \forall k \in K$$

$$v * x_{i,j,v} + \sum_{k} x_{i,(j+1),k} \leq v, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J^*$$

$$\sum_{k} x_{i,j,k} \leq 1, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J$$

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} \leq ort_{ay}, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} - p_i^+ + p_i^- = ort, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$\sum_j \sum_k x_{i,j,k} - h_i^+ + h_i^- = v * ort_{hs}, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hs}, \qquad \forall k \in K$$

$$\sum_j x_{i,j,k} - \sum_j x_{i,j,k^*} - dn_{i,k,k^*}^+ + dn_{i,k,k^*}^- = 0, \qquad \forall i \in I,$$

$$\forall j \in J, \quad \forall k \in K, \qquad \forall k^* \in K^*$$

$$p_i^+, p_i^-, h_i^+, h_i^-, dn_{i,k,k^*}^+, dn_{i,k,k^*}^- \geq 0 \text{ ve } x_{i,j,k} \epsilon \{0,1\} \qquad (27)$$

Bu modelde **|.|** eleman sayılarını göstermek üzere, $|I|.|J|.|K| + 3|I| + |I|.|K^*|.|K|$ adet karar değişkeni, $|K|.|J| + |I|.|J^*| + 2|I|.|K| + |I|.|j| + 3|I| + |I|.|K^*|.|K|$ adet kısıt bulunmaktadır (Zanda vd., 2018: 342).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA

Dünya genelinde sağlık sektörü giderlerinin % 60'ını, ülkemizde ise % 80'ini personel giderleri oluşturmaktadır (Sağlık Bakanlığı, 1996: 8). Ülkemizde sağlık kurumlarında sunulan hizmetin büyük çoğunluğunu karşılayan hemşireler ise bu giderin % 50-60'ını oluşturmaktadır (Biron vd., 2007: 188, Ançel, 1996: 1). Gerekli bilgi, beceri ve yeteneğe sahip sağlık personel sayısının az olması, yüksek personel maliyetleri ve hizmet talebinin giderek artması gibi faktörler çizelgeleme faaliyetlerini zorunlu hale getirmektedir (Kılıç ve Tunç, 2004: 42). Özellikle hasta ve doktor arasındaki iletişimi sağlayan hemşirelerin verimliliğinin arttırılabilmesi için adaletli çalışma koşulları sağlanmalı ve hemşire istekleri de göz önünde bulundurularak çizelgeleme yapılmalıdır (Erat vd, 2011: 49).

Bu çalışmada Denizli'de bir hastanenin acil biriminde görevli 20 hemşirenin yasal kısıtlar, hastane yönetimi ve çalışanların ortak kararları, hemşirelerin tercihleri göz önüne alınarak oluşturulan tamsayılı hedef programlama modeliyle optimal vardiya çizelgesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Hazırlanan modelde hemşirelerin vardiya çizelgelemesi, kesintisiz hizmeti mevcut hemşirelerin en üst düzeyde verimliliğiyle birlikte sağlamak ve mümkün olan en adaletli dağıtımı yapmak amaçlanmıştır.

Modelde ayrıca tek aylık statik bir çizelgeleme oluşturmak yerine önceki ayın verileri eklenerek sonraki aylar için de çizelgelemeye devam edilebilmesine olanak tanıyacak dinamik bir sistem kurulmuştur. Bunun yanında önceden çizelgelenmiş içinde bulunulan ayın herhangi bir gününde hemşire mevcudiyeti açısından beklenmeyen gelişmeler, tayinler, mazeret durumları ya da yıllık izinler gibi durumlar gerçekleştiğinde ilgili durum bir kısıt ya da girdi olarak modele eklenerek çizelgelemenin ayın devam eden günleri içinde sağlıklı ve rutin devamlılığı sağlanacaktır.

3.1 Problemin Tanımı

Denizli'de bir hastanenin acil biriminde görevli sorumlu hemşire ve hastane yönetiminden alınan veriler kullanılarak oluşturulan 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli, hastane yönetimi ve hemşirelerin birden çok amacına uygun olacak biçimde çok amaçlı hedef programlama modeline dönüştürülmüştür.

Bu çalışmada oluşturulan çizelgeleme modelinde hedeflenen temel amaçları şu şekilde ifade edilebilir:

- Öncelikle oluşturulan modelde, her vardiyada eksik sayıda hemşire bulunmayacak biçimde hizmet kalitesini korunmalıdır.
- Mümkün olan en adaletli çizelgeyi oluşturarak hemşirelerin atandığı toplam vardiya sayıları arasındaki fark minimize edilmelidir.
- Hemşirelerin talepleri de göz önüne alınarak hafta sonu vardiyaları ve gece vardiyaları mümkün olduğunca eşit dağıtılmalıdır.
- Son olarak ise hemşirelerin dinlenme günleri planlamasına öncelik vererek hemşirelerin çalışma ve dinlenme günlerinin atamaları yapılmalıdır.

Oluşturulan model, matematiksel modelleme ve optimizasyon programı olan Genetic Algebraic Modelling System (GAMS) paket programı ile modellenmiş ve Wisconsin-Madison Üniversitesi'nin hazırlamış olduğu çeşitli optimizasyon alt yapılarına erişim olanağı sağlayan internet tabanlı optimizasyon sitesi olan neos-server.org 'da Gurobi alt yapısı kullanılarak çözülmüştür.

3.2 Matematiksel Modelin Kurulması

3.2.1 Modelde Kullanılan Veriler

Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde yapılan bu çalışmada, ilgili birimde çalışan hemşirelerin 2019 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos olmak üzere 3 aylık periyodundaki vardiya çizelgesini oluşturmaya yönelik tamsayılı hedef programlama modeli önerilmiştir. Ele alınan periyotta, hemşire gurubu vardiyalara atanarak her gün için kesintisiz hizmet sağlanacak biçimde çizelge oluşturulmalıdır. Çizelgeleme yapılırken yasal kısıtlar, hemşire ve hastane yönetiminin ortak kararları göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca hemşirelerin istekleri de değerlendirilmeli ve modele dahil edilmelidir.

İlgili birimde 20 adet hemşire bulunmaktadır. Hemşireler, hastane yönetimi ve çalışanların ortak kararıyla gündüz (08:00-20:00) ve gece (20:00-08:00) olmak üzere günde 2 vardiya usulü çalışmaktadır.

Yapılan çalışmada ele alınan problemin ana kısıtlarını ifade etmek gerekirse;

- Hastanede hemşirelerin sunduğu hizmet kesintisiz olarak 24 saat devam edecek biçimde planlama yapılmalıdır,
- 657 Sayılı Devlet Kanunu'na göre devlet memuru statüsündeki hemşirelerin, haftada 40 saat, İş Kanunu'na göre ise haftada en çok 45 saat çalışması gerekmektedir. Buna göre her bir hemşirenin ayda en fazla sayıda atanabileceği 12 saatlik vardiya sayısının maksimum değeri belirlenmelidir,
- Hemşireler, gündüz (08:00-20:00) ya da gece (20:00-08:00) vardiyalarında çalışmalıdır,
- Her vardiyada en az 4 hemşire bulunmalıdır,
- Adaletli çalışma sistemini sağlamak adına, her hemşire ayda en az ortalama sayı kadar hafta içi gündüz vardiyasında çalışmalıdır,
- Adaletli çalışma sistemini sağlamak adına, her hemşire ayda en az ortalama sayı kadar hafta içi gece vardiyasında çalışmalıdır,
- Adaletli çalışma sistemini sağlamak adına, her hemşire ayda en az ortalama sayı kadar hafta sonu gündüz vardiyasında çalışmalıdır,
- Adaletli çalışma sistemini sağlamak adına, her hemşire ayda en az ortalama sayı kadar hafta sonu gece vardiyasında çalışmalıdır,
- Hemşireler, aynı gün içinde en fazla bir vardiyada görevlendirilmelidir,
- Gece vardiyasında görev yapan hemşire, takip eden gündüz ve gece vardiyalarında dinlendirilmelidir.

3.2.2 Amaç Fonksiyonunun Belirlenmesi

Uygulamaya konu olan sağlık kurumunun acil bölümündeki hemşirelerin çizelgelenmesine ilişkin oluşturulan modelin minimize edilmek istenen amaç fonksiyonu şu şekildedir:

$$\boldsymbol{min\ z} = \sum_{\boldsymbol{i \in I}} \boldsymbol{p_i^+} + \sum_{\boldsymbol{i \in I}} \boldsymbol{h_i^+} + \sum_{\boldsymbol{i \in I}} (\boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-}) \tag{28}$$

Bu amaç fonksiyonuna göre;

- Her hemşirenin atandığı toplam gündüz ve gece vardiyasından pozitif sapma minimize edilmelidir.

- Her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısından pozitif sapma minimize edilmelidir.
- Her hemşirenin atandığı toplam gece ve toplam gündüz sayıları farkı minimize edilmelidir.

Haziran ayı için, çalışan 20 hemşirenin çizelgelenmesine ilişkin oluşturulan matematiksel modelin amaç fonksiyonuna bir örnek şu şekildedir:

$$\boldsymbol{min\,z} = p_1^+ + p_2^+ + p_3^+ + p_4^+ + p_5^+ + p_6^+ + p_7^+ + p_8^+ + p_9^+ + p_{10}^+ + p_{11}^+ + p_{12}^+ + p_{13}^+ + p_{14}^+ + p_{15}^+ + p_{16}^+ + p_{17}^+ + p_{18}^+ + p_{19}^+ + p_{20}^+ + h_1^+ + h_2^+ + h_3^+ + h_4^+ + h_5^+ + h_6^+ + h_7^+ + h_8^+ + h_9^+ + h_{10}^+ + h_{11}^+ + h_{12}^+ + h_{13}^+ + h_{14}^+ + h_{15}^+ + h_{16}^+ + h_{17}^+ + h_{18}^+ + h_{19}^+ + h_{20}^+ + dn_1^+ + dn_2^+ + dn_3^+ + dn_4^+ + dn_5^+ + dn_6^+ + dn_7^+ + dn_8^+ + dn_9^+ + dn_{10}^+ + dn_{11}^+ + dn_{12}^+ + dn_{13}^+ + dn_{14}^+ + dn_{15}^+ + dn_{16}^+ + dn_{17}^+ + dn_{18}^+ + dn_{19}^+ + dn_{20}^+ + dn_1^- + dn_2^- + dn_3^- + dn_4^- + dn_5^- + dn_6^- + dn_7^- + dn_8^- + dn_9^- + dn_{10}^- + dn_{11}^- + dn_{12}^- + dn_{13}^- + dn_{14}^- + dn_{15}^- + dn_{16}^- + dn_{17}^- + dn_{18}^- + dn_{19}^- + dn_{20}^-$$

3.2.3 Kısıtların Oluşturulması

Oluşturulan modelde yerine getirilmesi gereken koşulları ifade edecek olan kısıtlar şunlardır:

1. Her $j \in J$ gününde her $k \in K$ vardiyasında çalışan hemşire sayısı en az 4 olmalıdır.

$$\sum_{\boldsymbol{i}} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{4}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \tag{29}$$

Haziran ayı için 20 hemşirenin aynı ayın 1. gününün 1. vardiyasında çalışması gereken hemşire sayısına ilişkin kısıtın bir örneği şu şekildedir:

$$x_{1,1,1} + x_{2,1,1} + x_{3,1,1} + x_{4,1,1} + x_{5,1,1} + x_{6,1,1} + x_{7,1,1} + x_{8,1,1} + x_{9,1,1} + x_{10,1,1} + x_{11,1,1} + x_{12,1,1} + x_{13,1,1} + x_{14,1,1} + x_{15,1,1} + x_{16,1,1} + x_{17,1,1} + x_{18,1,1} + x_{19,1,1} + x_{20,1,1} \geq 4$$

2. Her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu gündüz/gece vardiyası sayısı, her j ∈ J_{hs} için en az ortalama hafta sonu vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{\boldsymbol{j}} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq ort_{hs}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J_{hs}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \tag{30}$$

Bu kısıtın oluşturulabilmesi için öncelikle her aya ait ortalama hafta sonu vardiya sayısının en küçük değerinin (ort_{hs}) hesaplanması gerekmektedir. Örneğin 2019 yılında Haziran ayı, hafta sonunda 10 gün içermektedir. Günde 2 vardiya sistemiyle çalışılmaktadır ayrıca her vardiyada en az 4 hemşire bulunmalıdır. Buna göre Haziran ayında her hemşire için ortalama hafta sonu gündüz/gece vardiya sayısının en küçük değeri, 2 olarak bulunur. Benzer hesaplamalar diğer aylar için yapıldığında Temmuz ayı için 1,6; Ağustos ayı için ise 1,8 bulunmuştur. Dolayısıyla bu değerler küçük ya da eşit en yakın tamsayı değerine yuvarlandığında ort_{hs} , Haziran ayı için 2, Temmuz ve Ağustos ayı için ise 1 alınmalıdır.

1. hemşirenin Haziran ayının hafta sonlarında 1. vardiyada en az bulunma kısıtına örnek şu şekilde verilmiştir:

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} \geq 2$$

3. Her hemşirenin atandığı toplam hafta içi gündüz/gece vardiyası sayısı, her $j \in J_{hi}$ için en az ortalama hafta içi vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{\boldsymbol{j}} \sum_{\boldsymbol{k}} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq ort_{hi}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J_{hi}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \quad (31)$$

Bu kısıtın oluşturulabilmesi için öncelikle her aya ait ortalama hafta içi gündüz/ gece vardiya sayısının en küçük değerinin (ort_{hi}) hesaplanması gerekmektedir. Örneğin 2019 yılında Haziran ayı, hafta içinde 20 gün içermektedir. Ayrıca her vardiyada en az 4 hemşire bulunmalıdır. Buna göre Haziran ayında her hemşire için ortalama hafta içi gündüz/gece vardiya sayısının en küçük değeri, 4 olarak bulunur. Benzer hesaplamalar diğer aylar için yapıldığında Temmuz ayı için 4,6; Ağustos ayı için ise 4,4 bulunmuştur. Dolayısıyla ort_{hi} Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için 4 alınmalıdır.

1. hemşirenin Haziran ayının hafta içi günlerinde 1. vardiyada en az bulunma kısıtına örnek şu şekilde verilmiştir:

$$x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} + x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,17,1} + x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} + x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1} \geq 4$$

4. Her $i \in I$ hemşire, her $j \in J$ günü için gece vardiyasına atanan hemşire, takip eden gün dinlendirilmelidir. Dolayısıyla $(j+1)$ gününde gündüz ve gece vardiyalarına atanmamalıdır.

$$\boldsymbol{2x_{i,j,2} + x_{i,(j+1),1} + x_{i,(j+1),2} \leq 2}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J^*, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \tag{32}$$

Ayrıca (21) ve (22) numaralı eşitsizlikler birleştirilirse; hemşirelerin aynı günün gündüz ve gece vardiyalarına atanarak 24 saat çalıştırılmasını önlemek için yeni bir kısıt eklemek yerine, 4. kısıt denklemi şu şekilde düzenlenebilir:

$$\boldsymbol{x_{i,j,1} + 2x_{i,j,2} + x_{i,(j+1),1} + x_{i,(j+1),2} \leq 2}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in I, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J^* \tag{33}$$

1. hemşirenin, Haziran ayının 1. gününde ardışık vardiyalara atanmamasını ve 1. gün gece vardiyasında çalışmış ise 2. gün gündüz ve gece vardiyalarında çalışmamasını sağlayan kısıta bir örnek şu şekildedir:

$$x_{1,1,1} + 2x_{1,1,2} + x_{1,2,1} + x_{1,2,2} \leq 2$$

5. Her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı, her $j \in J$, her $k \in K$ için en fazla yasaların izin verdiği aylık ortalama vardiya sayısı kadar olmalıdır.

$$\sum_{\boldsymbol{j}} \sum_{\boldsymbol{k}} \boldsymbol{x_{i,j,k} \leq ort_{ay}}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \tag{34}$$

Bu kısıtın oluşturulabilmesi için öncelikle her aya ait aylık ortalama vardiya sayısının (ort_{ay}) hesaplanması gerekmektedir. Örneğin 2019 yılında Haziran ayı, 30 gün içermektedir. 657 sayılı Kanun gereği bir hemşire haftalık en fazla 40 saat çalışmalıdır. Ayrıca 1 vardiya, 12 saattir. Buna göre Haziran ayında her hemşire için aylık ortalama vardiya sayısı, 14,28 olarak bulunur. Benzer hesaplamalar diğer aylar için yapıldığında Temmuz ve Ağustos ayları için 14,76 bulunmuştur.

1. Hemşirenin, Haziran ayı boyunca atandığı gündüz ve gece vardiyaları toplamının Haziran ayı için yasal olarak aylık ortalama vardiya sayısı olan 14,28'den küçük olma durumunu gösteren kısıta ilişkin bir örnek şöyledir:

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,10,1} + \\ x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,17,1} + x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + \\ x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} + x_{1,28,1} + x_{1,27,1} + x_{1,26,1} +$$

$x_{1,24,1} + x_{1,25,1} + x_{1,23,2} + x_{1,24,2} + x_{1,25,2} + x_{1,26,2} + x_{1,27,2} + x_{1,28,2} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2} + x_{1,10,2} + x_{1,11,2} + x_{1,12,2} + x_{1,13,2} + x_{1,14,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,17,2} + x_{1,18,2} + x_{1,19,2} + x_{1,20,2} + x_{1,21,2} + x_{1,22,2} + x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + x_{1,3,2} + x_{1,4,2} + x_{1,5,2} + x_{1,6,2} + x_{1,7,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} \leq 14{,}28$

6. Adaletli çizelgelemeyi sağlayabilmek için her hemşirenin atandığı toplam vardiya sayısı mümkün olduğunca ortalama vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_j \sum_k \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{p_i^+} + \boldsymbol{p_i^-} = \boldsymbol{ort}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \tag{35}$$

Bu kısıtın oluşturulabilmesi için öncelikle her aya aylık ortalama vardiya sayısının (ort) en küçük değerinin hesaplanması gerekmektedir. Örneğin 2019 yılında Haziran ayı, 30 gün içermektedir. Uygulamaya konu olan sağlık işletmesi, günde 2 vardiya sistemi ile çalışmaktadır. Ayrıca her vardiyada, en az 4 hemşire bulunmalıdır. Buna göre Haziran ayında her hemşire için aylık ortalama vardiya sayısının en küçük değeri, 12 olarak bulunur. Benzer hesaplamalar diğer aylar için yapıldığında Temmuz ve Ağustos ayları için ise 12,4 bulunmuş ve planlama süreci boyunca ort =12 alınmıştır.

1. hemşirenin, Haziran ayı boyunca atandığı gündüz ve gece vardiyaları toplam sayısının mümkün olduğunca Haziran ayı için ortalama en küçük vardiya sayısı olan 12'ye yakın olmasını sağlayan kısıt şu şekildedir:

$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,17,1} + x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} + x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} + x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + x_{1,3,2} + x_{1,4,2} + x_{1,5,2} + x_{1,6,2} + x_{1,7,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} + x_{1,10,2} + x_{1,11,2} + x_{1,12,2} + x_{1,13,2} + x_{1,14,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,17,2} + x_{1,18,2} + x_{1,19,2} + x_{1,20,2} + x_{1,21,2} + x_{1,22,2} + x_{1,23,2} + x_{1,24,2} + x_{1,25,2} + x_{1,26,2} + x_{1,27,2} + x_{1,28,2} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2} - \boldsymbol{p_1^+} + \boldsymbol{p_1^-} = 12$

7. Her hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, mümkün olduğunca ortalama hafta sonu vardiya sayısına yakın olmalıdır.

$$\sum_{j}\sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{h_i^+} + \boldsymbol{h_i^-} = \boldsymbol{2} * \boldsymbol{ort_{hs}}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hs}}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K} \qquad (36)$$

2019 yılında Haziran ayı, hafta sonunda 10 gün içermektedir. Günde 2 vardiya sistemiyle çalışılmaktadır ayrıca her vardiyada en az 4 hemşire bulunmalıdır. Buna göre Haziran ayında her hemşire için ortalama hafta sonu gündüz/gece vardiya sayısının en küçük değeri ort_{hs}, 2 olarak bulunur. Benzer hesaplamalar diğer aylar için yapıldığında Temmuz ayı için 1,6; Ağustos ayı için ise 1,8 bulunmuştur. Dolayısıyla bu değerler için $2 * ort_{hs}$, küçük ya da eşit en yakın tamsayı değerine yuvarlandığında, Haziran ayı için 4, Temmuz ve Ağustos ayı için ise 3 alınmalıdır.

Bu değerler kullanılarak 1. hemşirenin atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısının, mümkün olduğunca Haziran ayı için ortalama hafta sonu vardiya sayısı olan 4'e (gündüz ve gece vardiyası düşünülerek) yakın olması şu şekilde sağlanır:

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} + x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,22,2} + x_{1,23,2} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2} - \boldsymbol{h_1^+} + \boldsymbol{h_1^-} = 4$$

8. Her hemşire mümkün olduğunca eşit sayıda gece ve gündüz vardiyalarına atanmalıdır.

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,1}} - \sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,2}} - \boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-} = \boldsymbol{0}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J} \quad (37)$$

1. hemşirenin, Haziran ayı boyunca atandığı toplam gündüz ve toplam gece vardiyaları sayısını mümkün olduğunca eşit hale getiren kısıta örnek şu şekilde verilebilir:

$$x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,17,1} + x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} + x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} - (x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + x_{1,3,2} + x_{1,4,2} + x_{1,5,2} + x_{1,6,2} + x_{1,7,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} + x_{1,10,2} + x_{1,11,2} + x_{1,12,2} + x_{1,13,2} + x_{1,14,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,17,2} + x_{1,18,2} + x_{1,19,2} + x_{1,20,2} + x_{1,21,2} + x_{1,22,2} + x_{1,23,2} + x_{1,24,2} + x_{1,25,2} + x_{1,26,2} + x_{1,27,2} + x_{1,28,2} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2}) - \boldsymbol{dn_1^+} + \boldsymbol{dn_1^-} = 0$$

İlgili birimde ele alınan hemşire çizelgeleme problemi için kurulan modelin genel görünümü şu şekildedir;

Amaç fonksiyonu:

$$\boldsymbol{min\, z} = \sum_{i \in I} \boldsymbol{p_i^+} + \sum_{i \in I} \boldsymbol{h_i^+} + \sum_{i \in I} (\boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-})$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{4}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{ort_{hs}}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hs}}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{ort_{hi}}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hi}}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\boldsymbol{x_{i,j,1}} + \boldsymbol{2x_{i,j,2}} + \boldsymbol{x_{i,(j+),1}} + \boldsymbol{x_{i,(j+1),2}} \leq \boldsymbol{2}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in I, \quad \forall \boldsymbol{j} \in J^*$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \leq \boldsymbol{ort_{ay}}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{p_i^+} + \boldsymbol{p_i^-} = \boldsymbol{ort}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{h_i^+} + \boldsymbol{h_i^-} = \boldsymbol{2} * \boldsymbol{ort_{hs}}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hs}}, \quad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,1}} - \sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,2}} - \boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-} = \boldsymbol{0}, \quad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \quad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}$$

$$\boldsymbol{p_i^+}, \boldsymbol{p_i^-}, \boldsymbol{h_i^+}, \boldsymbol{h_i^-}, \boldsymbol{dn_i^+}, \boldsymbol{dn_i^-} \geq \boldsymbol{0} \text{ ve } \boldsymbol{x_{i,j,k}} \boldsymbol{\epsilon} \{\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}\} \qquad (38)$$

Bu modelde $|.|$ eleman sayılarını göstermek üzere, $|I|.|J|.|K| + 4|I|$ adet karar değişkeni, $|K|.|J| + |I|.|J^*| + 2|I|.|K| + 4|I|$ adet kısıt bulunmaktadır.

Bu notasyonlar ve model, Haziran ayı için düzenlendiğinde şu şekli almaktadır:

- ***J***= {1, …, 30} planlanan aydaki günlerin kümesi
- ***J****= {1, …, 29}
- $\boldsymbol{J_{hs}} = \{1, 2, 8, 9, 15, 16, 22, 23, 29, 30\}$, Planlanan aydaki hafta sonu günlerinin kümesi

- $\boldsymbol{J_{hi}} = \{3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28\}$, Planlanan aydaki hafta içi günlerinin kümesi
- $j \in J$ gün indeksi
- I= {1, …, 20} hemşire kümesi
- $i \in I$ hemşire indeksi
- K= {1, 2} vardiya kümesi
- $k \in K$ vardiya indeksi

Amaç fonksiyonu:

$$\boldsymbol{min\, z} = \sum_{i \in I} \boldsymbol{p_i^+} + \sum_{i \in I} \boldsymbol{h_i^+} + \sum_{i \in I} (\boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-})$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{4}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{2}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hs}}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \geq \boldsymbol{4}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hi}}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\boldsymbol{x_{i,j,1}} + \boldsymbol{2x_{i,j,2}} + \boldsymbol{x_{i,(j+),1}} + \boldsymbol{x_{i,(j+1),2}} \leq \boldsymbol{2}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in I, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in J^*$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} \leq \boldsymbol{14, 28}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{p_i^+} + \boldsymbol{p_i^-} = \boldsymbol{12}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \sum_{k} \boldsymbol{x_{i,j,k}} - \boldsymbol{h_i^+} + \boldsymbol{h_i^-} = \boldsymbol{4}\,, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J_{hs}}, \qquad \forall \boldsymbol{k} \in \boldsymbol{K}$$

$$\sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,1}} - \sum_{j} \boldsymbol{x_{i,j,2}} - \boldsymbol{dn_i^+} + \boldsymbol{dn_i^-} = \boldsymbol{0}, \qquad \forall \boldsymbol{i} \in \boldsymbol{I}, \qquad \forall \boldsymbol{j} \in \boldsymbol{J}$$

$$\boldsymbol{p_i^+}, \boldsymbol{p_i^-}, \boldsymbol{h_i^+}, \boldsymbol{h_i^-}, \boldsymbol{dn_i^+}, \boldsymbol{dn_i^-} \geq \boldsymbol{0} \text{ ve } \boldsymbol{x_{i,j,k}} \boldsymbol{\epsilon} \{\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}\} \tag{39}$$

Haziran ayı için kurulan model, 1320 adet karar değişkeni ve 800 adet kısıt içermektedir.

3.3 Matematiksel Modelin Çözümü

Oluşturulan model, matematiksel modelleme ve optimizasyon programı olan Genetic Algebraic Modelling System (GAMS) paket programı ile modellenmiş ve Wisconsin-Madison Üniversitesi'nin hazırlamış olduğu çeşitli optimizasyon alt yapılarına erişim olanağı sağlayan internet tabanlı optimizasyon sitesi neos-server.org'da Gurobi alt yapısı kullanılarak 1625 iterasyon ile çözülmüştür. Oluşturulan modelin Haziran ayı için görünümü, çalışmanın sonunda Ekler bölümünde açık bir şekilde verilmiştir. Elde edilen çözümle oluşturulan Haziran ayı çizelgesi, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Haziran Ayı Hemşire Çizelgesi

Gün	Vardiya	Hemşire																				Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1								*				*	*				*				4
	2						*			*		*								*		4
2	1	*	*						*									*				4
	2			*							*					*			*			4
3	1	*				*				*			*									4
	2		*									*		*			*					4
4	1	*						*											*		*	4
	2				*		*											*		*		4
5	1									*		*	*				*					4
	2	*		*											*	*						4
6	1				*				*					*					*			4
	2					*	*			*											*	4
7	1				*			*				*			*							4
	2								*								*		*	*		4
8	1	*			*							*				*						4
	2			*			*								*						*	4
9	1				*	*					*			*								4
	2							*					*			*	*					4
10	1	*	*								*							*				4
	2			*					*			*			*							4
11	1									*						*	*			*		4
	2		*			*							*					*				4
12	1			*						*				*					*			4
	2	*						*			*					*						4
13	1				*	*	*													*		4
	2		*							*				*				*				4
14	1							*	*							*				*		4
	2				*		*				*				*							4

15	1					*		*				*									*	4
	2	*								*			*	*								4
16	1		*				*									*	*					4
	2				*	*			*										*			4
17	1	*													*	*					*	4
	2		*					*					*							*		4
18	1								*					*	*			*				4
	2									*	*						*		*			4
19	1		*			*	*					*										4
	2	*						*	*												*	4
20	1		*			*									*			*				4
	2			*	*		*			*												4
21	1											*	*			*			*			4
	2							*			*			*							*	4
22	1						*						*		*				*			4
	2	*							*									*		*		4
23	1			*						*	*										*	4
	2		*		*			*							*							4
24	1			*			*				*		*									4
	2					*								*					*		*	4
25	1			*				*			*							*				4
	2				*				*							*	*					4
26	1		*	*							*										*	4
	2					*						*	*							*		4
27	1						*		*								*				*	4
	2	*		*												*		*				4
28	1				*									*			*			*		4
	2											*	*		*				*			4
29	1			*						*							*			*		4
	2					*					*							*			*	4
30	1							*							*				*	*		4
	2		*									*		*			*					4
		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	240

Oluşturulan çizelgeye göre Haziran ayının ilk günü gündüz vardiyasına 8, 12, 13 ve 17 numaralı hemşireler, gece vardiyasına ise 6, 9, 11 ve 19 numaralı hemşireler atanmıştır.

Modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre ay boyunca her hemşire, 12 adet vardiyaya atanarak toplam 240 vardiya ataması ile bütün kısıtlar doyurulmuş böylece aylık ortalama vardiya sayısından sapmayı ifade eden p_i^+ sapma değişkenlerinin değerleri, 0 olmuştur.

Her hemşire için bu 12 vardiyanın 6 tanesi gündüz, 6 tanesi ise gece vardiyalarıdır. Hemşirelerin atandığı toplam gündüz ve toplam gece vardiya sayısı farkını ifade eden dolayısıyla atama yapılan gece ve gündüz vardiyası sayılarının mümkün olduğunca eşit dağılmasını sağlayan dn_i^+ ve dn_i^- sapma değerleri de 0 bulunmuştur.

Hemşirelerin her biri, toplam 4 hafta sonu vardiyasına atanmış, hemşirelerin mümkün olduğunca eşit sayıda hafta sonu vardiyasına atanmasını talep eden h_i^+ ve h_i^- sapma değişkenlerinin değerleri de 0 bulunmuştur. Ayrıca bu hafta sonu vardiyaları 2 gündüz, 2 gece vardiyası olacak biçimde dağıtılmıştır. Böylece Haziran ayı için amaç fonksiyonun değeri, $z = 0$ bulunarak optimal çizelge oluşturulmuştur.

Temmuz ayı modeli oluşturulurken 4. kısıt gereği Temmuz ayının ilk gününe atama yapılamayacak olan hemşireler için Haziran ayının son günü olan 30. gününün gece vardiyasına atanan hemşirelerin (2, 11, 13 ve 16 numaralı hemşireler) verileri, bir kısıt olarak modele eklenmiştir. Buna göre;

$$x_{2,1,1} + x_{2,1,2} + x_{11,1,1} + x_{11,1,2} + x_{13,1,1} + x_{13,1,2} + x_{16,1,1} + x_{16,1,2} = 0$$

olmalıdır.

Temmuz ayı için matematiksel model yeniden kurulmuştur. Bu modelin Gurobi altyapısında 37714 iterasyonla çözümünden elde edilen Temmuz ayı çizelgesi, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Temmuz Ayı Hemşire Çizelgesi

Gün	Vardiya	Hemşire																				Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1				*		*			*					*							4
	2			*												*		*			*	4
2	1		*							*				*			*					4
	2				*		*						*						*			4
3	1					*			*	*		*										4
	2		*	*										*				*				4
4	1								*	*	*	*										4
	2	*					*									*				*		4
5	1		*							*				*					*			4
	2			*		*			*									*				4
6	1						*							*		*	*					4
	2				*								*						*		*	4
7	1		*								*			*		*						4
	2	*					*			*							*					4
8	1					*							*	*				*				4
	2							*	*		*										*	4
9	1	*	*															*		*		4
	2						*					*		*		*						4
10	1								*				*		*		*					4
	2				*			*											*	*		4
11	1		*			*									*		*					4
	2									*	*		*					*				4
12	1			*		*									*	*						4
	2		*						*			*								*		4
13	1									*					*			*	*			4
	2			*		*		*									*					4
14	1								*			*	*		*							4
	2		*								*					*		*				4
15	1	*		*	*	*																4
	2						*					*		*	*							4
16	1												*						*	*	*	4
	2	*	*			*		*														4
17	1										*	*	*				*					4
	2			*						*										*	*	4
18	1							*						*			*		*			4
	2	*			*		*								*							4
19	1		*	*					*							*						4
	2					*		*									*				*	4
20	1	*			*		*					*										4
	2								*					*		*				*		4
21	1			*		*							*					*				4
	2				*		*				*	*										4
22	1							*						*						*	*	4
	2		*	*									*		*							4

23	1								*		*	*				*						4
	2	*						*						*			*					4
24	1			*			*												*		*	4
	2									*	*				*	*						4
25	1	*										*					*			*		4
	2		*		*	*													*			4
26	1	*						*								*				*		4
	2											*	*				*	*				4
27	1			*				*												*	*	4
	2					*			*	*					*							4
28	1		*		*			*			*											4
	2	*																	*	*	*	4
29	1				*		*				*							*				4
	2									*				*	*		*					4
30	1				*			*											*		*	4
	2								*			*	*			*						4
31	1	*					*											*			*	4
	2			*				*			*								*			4
		12	13	13	12	12	13	13	12	12	12	13	12	13	12	13	13	12	12	12	12	248
p_i^+		-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	
p_i^-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Temmuz ayı için hazırlanan modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre 2, 3, 6, 7, 11, 13, 15 ve 16 numaralı hemşireler ay boyunca 13 adet vardiyaya, diğer hemşireler ise 12 adet vardiyaya atanarak toplam 248 vardiya ataması gerçekleştirilmiştir. Aylık ortalama vardiya sayısından sapmayı ifade eden $\boldsymbol{p_i^+}$ sapma değişkenlerinin değerleri 2, 3, 6, 7, 11, 13, 15 ve 16 numaralı hemşireler için 1; diğer hemşireler için ise $\boldsymbol{p_i^+}$ ve $\boldsymbol{p_i^-}$ **s**apmaları 0 olarak bulunmuştur.

Hemşirelerin atandıkları toplam vardiya sayısının gündüz/gece vardiyaları olarak dağılımı Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: Temmuz Ayı için Gündüz/Gece Vardiya Dağılımları ve Sapma Değerleri

Vardiya	Hemşire																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	6	7	6	6	6	6
2	6	6	7	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6
Toplam	12	13	13	12	12	13	13	12	12	12	13	12	13	12	13	13	12	12	12	12
dn_i^+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
dn_i^-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

Hemşirelerin atandığı toplam gündüz ve toplam gece farkının sapmasını ifade eden dolayısıyla atama yapılan gece ve gündüz vardiyaları sayılarının mümkün olduğunca eşit dağılmasını sağlayan sapma değerleri ($\boldsymbol{dn_i^+}$) 2, 11, 13 ve 16 numaralı hemşireler için 1 olarak bulunmuştur. Ayrıca $\boldsymbol{dn_i^-}$ sapma değerleri ise 3, 6, 7 ve 15 numaralı hemşireler için 1, diğer hemşireler için ise 0 olarak bulunmuştur.

Her bir hemşirenin Temmuz ayında atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, 3 ve 4 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4'te her hemşire için atama yapılan hafta sonu vardiyası sayısı, bunların dağılımları ve sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 4: Temmuz Ayı Hafta Sonu Vardiya Dağılımları ve Sapma Değerleri

Vardiya	Hemşire																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1
2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2
Toplam	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
h_i^+	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
h_i^-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hemşirelerin mümkün olduğunca eşit sayıda hafta sonu vardiyasına atanmasını sağlayan ve ortalama hafta sonu vardiya sayısından pozitif sapmayı gösteren $\boldsymbol{h_i^+}$ sapma değişkenlerinin değerleri 4, 6, 10 ve 15 numaralı hemşireler için 1; diğer hemşireler için ise negatif sapmayı ifade eden $\boldsymbol{h_i^-}$ sapma değerleri 0 olarak bulunmuştur. Bu şekilde hemşirelere, toplam 64 hafta sonu vardiyası ataması gerçekleştirilmiştir. Böylece amaç fonksiyonunun değeri, $\boldsymbol{z = 20}$ olarak bulunarak Temmuz ayı için optimal çizelge oluşturulmuştur.

Ağustos ayı modeli oluşturulurken 4. kısıt gereği Ağustos ayının ilk gününe atama yapılamayacak olan hemşireler için Temmuz ayının son günü olan 31. gününün gece vardiyasına atanan hemşirelerin verileri bir kısıt olarak modele eklenmiştir. Buna göre;

$$x_{3,1,1} + x_{3,1,2} + x_{7,1,1} + x_{7,1,2} + x_{10,1,1} + x_{10,1,2} + x_{18,1,1} + x_{18,1,2} = 0$$

olmalıdır.

Ağustos ayı için matematiksel model yeniden kurulmuştur. Bu modelin Gurobi altyapısında 3391 iterasyonla çözümünden elde edilen Ağustos ayı çizelgesi, Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: Ağustos Ayı Hemşire Çizelgesi

Gün	Vardiya	Hemşire																				Toplam
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1				*	*								*						*		4
	2	*										*					*				*	4
2	1		*		*										*			*				4
	2					*	*	*		*												4
3	1			*					*						*				*			4
	2				*						*						*				*	4
4	1	*								*		*						*				4
	2					*	*												*	*		4
5	1		*						*						*	*						4
	2			*									*				*				*	4
6	1											*			*				*	*		4
	2				*			*								*		*				4
7	1										*		*				*				*	4
	2		*				*					*		*								4
8	1							*		*			*					*				4
	2			*		*			*							*						4
9	1				*			*						*							*	4
	2									*	*				*					*		4
10	1		*			*							*			*						4
	2	*			*		*		*													4
11	1											*	*				*				*	4
	2			*						*				*		*						4
12	1	*	*														*			*		4
	2					*			*		*				*							4
13	1	*										*						*	*			4
	2			*									*							*	*	4
14	1	*				*		*	*													4
	2				*		*								*				*			4
15	1	*							*				*				*					4
	2			*				*		*		*										4
16	1		*				*									*					*	4
	2	*									*							*	*			4
17	1				*				*	*							*					4
	2					*							*		*					*		4
18	1				*		*				*			*								4
	2	*						*								*			*			4
19	1			*			*								*					*		4
	2		*		*									*				*				4
20	1					*					*		*								*	4
	2			*					*										*	*		4
21	1		*					*				*						*				4
	2					*				*				*	*							4
22	1								*		*		*			*						4
	2		*					*												*	*	4

23	1									*				*				*	*			4
	2	*										*	*				*					4
24	1						*				*									*	*	4
	2		*						*	*								*				4
25	1			*		*										*				*		4
	2							*				*					*				*	4
26	1					*	*			*					*							4
	2				*						*			*		*						4
27	1	*		*				*		*												4
	2		*						*				*					*				4
28	1			*			*			*				*								4
	2	*										*							*		*	4
29	1							*			*					*	*					4
	2						*						*	*				*				4
30	1			*	*							*							*			4
	2		*													*	*			*		4
31	1						*	*						*					*			4
	2			*							*	*			*							4
		12	12	13	12	12	13	13	12	13	12	13	13	12	12	12	12	12	12	13	13	248
p_i^+		-	-	1	-	-	1	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	
p_i^-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Ağustos ayı için hazırlanan modelin çözümünden elde edilen sonuçlara göre 3, 6, 7, 9, 11, 12, 19 ve 20 numaralı hemşireler ay boyunca 13 adet vardiyaya, diğer hemşireler ise 12 adet vardiyaya atanarak toplam 248 vardiya ataması gerçekleştirilmiştir. Aylık ortalama vardiya sayısından sapmayı ifade eden $\boldsymbol{p_i^+}$ sapma değişkenlerinin değerleri 3, 6, 7, 9, 11, 12, 19 ve 20 numaralı hemşireler için 1; diğerleri içinse $\boldsymbol{p_i^+}$ ve $\boldsymbol{p_i^-}$ sapmaları 0 bulunmuştur.

Hemşirelerin atandıkları toplam vardiya sayısının gündüz/gece vardiyaları olarak dağılımı Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Ağustos Ayı için Gündüz/Gece Vardiya Dağılımları ve Sapma Değerleri

Vardiya	Hemşire																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	6	6	6	6	6	7	7	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6
2	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Toplam	12	12	13	12	12	13	13	12	13	12	13	13	12	12	12	12	12	12	13	13
dn_i^+	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
dn_i^-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1

Hemşirelerin atandığı toplam gündüz ve toplam gece farkının sapmasını ifade eden dolayısıyla atama yapılan gece ve gündüz vardiyaları sayılarının mümkün olduğunca eşit dağılmasını sağlayan sapma değerleri ($\boldsymbol{dn_i^+}$) 6, 7, 9 ve 12 numaralı hemşireler için 1 olarak bulunmuştur. Ayrıca $\boldsymbol{dn_i^-}$ sapma değerleri ise 3, 11, 19 ve 20 numaralı hemşireler için 1, diğer hemşireler için ise 0 olarak bulunmuştur.

Her bir hemşirenin Ağustos ayında atandığı toplam hafta sonu vardiyası sayısı, 2 ve 17 numaralı hemşireler için 2, diğer hemşireler için ise 3 ya da 4 olarak hesaplanmıştır. Tablo 7'de her hemşire için atama yapılan hafta sonu vardiyası sayısı, bunların dağılımları ve sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 7: Ağustos Ayı Hafta Sonu Vardiya Dağılımları ve Sapma Değerleri

Vardiya	Hemşire																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2
2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2
Toplam	3	2	4	4	4	5	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	2	4	4	4
h_i^+	-	-	1	1	1	2	-	1	1	1	1	-	-	-	1	1	-	1	1	1
h_i^-	-	1	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Hemşirelerin mümkün olduğunca eşit sayıda hafta sonu vardiyasına atanmasını talep eden ve ortalama hafta sonu vardiya sayısından negatif sapmayı ifade eden $\boldsymbol{h_i^-}$ sapma değerleri 2 ve 17 numaralı hemşireler için 1; pozitif sapmayı gösteren $\boldsymbol{h_i^+}$ sapma değişkenlerinin değerleri 6 numaralı hemşire için 2; 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 18, 19 ve 20 numaralı hemşireler için 1 bulunmuştur. Diğer hemşireler için ise $\boldsymbol{h_i^-}$ ve $\boldsymbol{h_i^+}$ değerleri 0 olarak hesaplanmıştır. Bu şekilde hemşirelere, toplam 72 hafta sonu ataması gerçekleştirilmiştir. Böylece amaç fonksiyonunun değeri, $\boldsymbol{z = 32}$ olarak bulunarak Ağustos ayı için optimal çizelge oluşturulmuştur.

SONUÇ

Etkin biçimde planlanan işgücü; maliyet düşüşünü sağladığı gibi, üretim miktarlarının artışını ve ürün ya da hizmet kalitesinin yükselmesini sağlayabilmektedir Tam tersine işgücünün etkin yönetilmemesi ise maddi sonuçları dışında personel memnuniyetsizliğine, depresyona, strese, aile içi problemlere, dahası kazalara da sebep olabilmektedir (Karaatlı, 2010: 2). Bu nedenle işgücünün çizelgelenmesi oldukça önemlidir. Çizelgeleme, birçok sektör için oldukça önemlidir. Bu sektörlerin başında sağlık sektörü gelmektedir. Sağlık sektöründe hastalar ile doktorlar arasında önemli görevler üstlenen hemşirelerin verimliliğinin arttırılabilmesi için adaletli çalışma koşulları sağlanmalı ve hemşire istekleri de göz önünde bulundurularak etkin iş çizelgeleri oluşturulmalıdır (Erat vd., 2011: 49).

Denizli'de bir hastanenin çocuk acil bölümünde yapılan bu çalışmada, ilgili birimde çalışan hemşirelerin 2019 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos olmak üzere 3 aylık periyodundaki vardiya çizelgesini oluşturmaya yönelik tamsayılı hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen model ile yasal kısıtlar, hemşire ve hastane yönetiminin ortak kararları göz önünde bulundurularak ele alınan periyotta her gün için kesintisiz hizmet sağlanması, fazla mesaiden kaynaklanacak maliyetlerin düşürülmesi, toplam mesai saatleri, gece-gündüz vardiya sayıları ve hafta sonu vardiya sayıları açısından mümkün olan en adaletli çizelgeleme oluşturularak hemşire motivasyonunu da yüksek tutmak amaçlanmıştır.

Oluşturulan model matematiksel modelleme ve optimizasyon programı olan Genetic Algebraic Modelling System (GAMS) paket programı ile modellenmiş ve Wisconsin-Madison Üniversitesi'nin hazırlamış olduğu çeşitli optimizasyon alt yapılarına erişim olanağı sağlayan internet tabanlı optimizasyon sitesi neos-server.org 'da Gurobi alt yapısı kullanılarak kısa süre içerisinde çözülmüştür.

Vardiya planlama ve çizelgeleme problemleri gelişmiş ülkelerde çeşitli araştırmalar sonucu hazırlanan modeller kullanılarak çözülmektedir. Ancak ülkemizde çizelgeleme faaliyetlerinin hala herhangi bir teknolojik araç ve yöntem kullanılmaksızın sorumlu hemşireler tarafından manuel olarak yapıldığı görülmektedir. Bu çizelgelerin ise adalet kavramından uzak ve kimi zaman taraflı olabildiğinden çalışanlar arasında problemler oluşmasına neden olduğu, çalışanların istek ve motivasyonunu azalttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışma ile manuel planlamadan kaynaklı bu sorunların önüne geçilerek, birkaç günlük ya da haftalık döngüsel vardiya sistemi kurmak yerine her bir hemşirenin çizelgesinin farklı oluşturulduğu, adaletli çizelgeleme adına takip eden aylarda önceki ayın verilerinin kullanıldığı, gerektiğinde hemşirelerin mazeret durumları ya da yıllık izinleri gibi faktörlerin modele dahil edilebileceği esnek ve dinamik bir sistem kurulmuştur. Oluşturulan çizelgelerle hem maliyetler düşürülmüş hem de sorumlu hemşireye yüklenen uzun zaman alan manuel çizelgelemeden kaynaklı iş yükü azaltılmıştır.

Gelecek çalışmalarda çizelgeleme, farklı birimlerde ya da kurum boyutunda gerçekleştirilebilir ya da farklı sektör ve işletmelere uygulanabilir. Bunun yanında oluşturulan modele, işletmenin yapısının gerektirdiği farklı kısıtlar eklenebilir. Ayrıca karar değişkeni ve kısıt sayısı arttığında problem, genetik algoritmalar, sezgisel algoritmalar ya da simülasyon yöntemi gibi farklı tekniklerle yeniden modellenebilir. Bu şekilde sistemin esnekliği arttırılarak değişen koşullara ve yetersiz istihdamdan kaynaklı iş yüküne dirençli, ihtiyaçlara göre kendini yenileyen, her düzeydeki sağlık yöneticisi tarafından kullanılabilen bir planlama ve çizelgeleme sistemi oluşturulabilir. Bu şekilde etkin planlanan işgücü, sunulan sağlık hizmetlerindeki kalite ve hasta memnuniyetinin temel teminatı olacaktır.

KAYNAKLAR

Adoly, A. A., Geith, M. Ve Fors, M. N. (2017). "A New Formulation And Solution For The Nurse Scheduling Problem: A Case Study in Egypt", *Alexandria Engineering Journal,* 57, 2289–2298.

Ağralı, S., Taşkın, Z. C. ve Ünal, A. T. (2017). "Employee Scheduling in Service İndustries With Flexible Employee Availability And Demand", *Omega,* 66, 159–169.

Alan, A. ve Yeşilyurt, C. (2004). "Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Çözümü", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1). 151- 162.

Alfares, H. K. (2001). "Efficient Optimization Of Cyclic Labor Days-Off Scheduling", *OR Spektrum,* 23, 283–294.

Alfares, H. K. (2002). "Optimum Workforce Scheduling Under The (14, 21) Days-Off Timetable", *Journal Of Applied Mathematics And Decision Sciences*, 6(3), 191–199.

Al-Hinai, N., Al-Yazidy, N., Al-Hooti, A. ve Al-Shereiqi, E. (2018). "A Goal Programming Model For Nurse Scheduling At Emergency Department", *In 8th International Conference On Industrial Engineering And Operations Management, IEOM 2018*, 99-103.

Ançel, G. (1996). *Hemşirelerde Zamanı Verimli Kullanma* (Basılmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Ang, B. Y., Lam, S. S. W., Pasupathy, Y. ve Ong, M. E. H. (2017). "Nurse Workforce Scheduling in the Emergency Department: A Sequential Decision Support System Considering Multiple Objectives", *J Nurs Manag,* 26(4), 432-441.

Association for Project Management (2015*). Planning, Scheduling, Monitoring And Control*, Association for Project Management, Buckinghamshire

Atmaca, E., Pehlivan, C., Aydoğdu, B. C. ve Yakıcı, M. (2012). "Hemşire Çizelgeleme Problemi ve Uygulaması", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 28(4), 351-358.

Avcı, K. ve Terzioğlu, F. (2015). "Hastanelerde Hemşire İşgücü Planlaması", *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi 2015*, 14(5), 110-123.

Azaiez, M. N. ve Al Sharif, S. S. (2005). "A 0-1 Goal Programming Model For Nurse Scheduling", Computers *and Operations Research,* 32(3), 491-507.

Azmat, C. S. ve Widmer, M. (2004). "A Case Study Of Single Shift Planning And Scheduling Under Annualized Hours: A Simple Three-Step Approach", *European Journal Of Operational Research,* 153, 148–175.

Bageri, M., Devin, A. G. ve Izanloo, A. (2016). “A Two-Stage Stochastic Programming Approach for Nurse Scheduling Problem in a Real Word Hospital”, *Computers and Industrial Engineering*, 3(1), 1-19.

Baker, K. R. (1976). “Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems: A Survey”, *Operational Research Quarterly,* 27, 155–167.

Bakır, M. ve Altunkaynak, B. (2003). *Tamsayılı Programlama: Teori, Modeller ve Algoritmalar*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Barber, P. ve López-Valcárcel, B. G., (2010). “Forecasting The Need For Medical Specialists in Spain: Application Of A System Dynamics Model”, *Human Resources For Health,*8(24), 1-9.

Barták, R. (1999). “On The Boundary Of Planning And Scheduling: A Study”. In *Proceedings Of The Eighteenth Workshop Of The UK Planning And Scheduling Special Interest Group,* 28-39.

Bektur, B. ve Hasgül, S. (2013). “Kıdem Seviyelerine Göre İşgücü Çizelgeleme Problemi: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama”*, Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15(2), 385-402.

Biron, A. D., Richer, M. C. ve Ezer, H. (2007). “A Conceptual Framework Contributing To Nursing Administration And Research”, *Journal Of Nursing Management*, *15*(2), 188-196.

Burgess, A., Ve Steel, S. (1996). “Quantification in Causal Link Planning”. *Proceedings Of The 15th Workshop Of The UK Planning And Scheduling Special İnterest Group,* Liverpool John Moors University, School Of Computing And Mathematical Sciences, 57-76.

Bürgy, R., Michon-Lacaze, H., ve Desaulniers, G. (2018). “Employee Scheduling With Short Demand Perturbations And Extensible Shifts”, *Omega,* https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.10.009

Çalışkan, E., Acar, H.H. ve Akay, A.E. (2009). “Odun Hammaddesi Taşımacılığında Meta-Sezgisel Yöntemlerin Kullanılması”, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1), 19-28.

Costa, M. C., Jarray, F., ve Picouleau, C. (2006). “An Acyclic Days-Off Scheduling Problem”, *4OR,* 4, 73–85.

Cova, T. J., ve Johnson, J. P. (2003). “A network flow model for lane-based evacuation routing”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 37(7), 579–604.

Çezik, T., Günlük, O., ve Luss, H. (2001). “An Integer Programming Model For The Weekly Tour Scheduling Problem”, *Naval Research Logistics*, 48, 607-624.

Dantzig, G. (1954). “A Comment On Edie’s Traffic Delay At Toll Booths”, *Operations Research*, 2, 339–341.

Demirgöz Bal, M. (2014). “Yataklı Tedavi Kurumlarında Hemşire İnsangücü Planlama Yaklaşımları”, *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi,* 3(1), 148-154.

Dietz, D. C. (2017). “Optimal Scheduling For A Service Technician Workforce With Time-Varying Work Volume And Technician Availability”, *American Journal Of Engineering And Technology Management,* 2(6), 77-82.

Elshafei, M. ve Alfares, H. K. (2008). “A Dynamic Programming Algorithm For Days-Off Schedulingwith Sequence Dependent Labor Costs”, *J Sched,* 11, 85-93.

Erat, Ş., Korkmaz, M., Çimen, V. ve Yahyaoğlu, G. (2011). “Hemşirelerin İş Yaşam Kalitesinin Motivasyona Etkisi”, *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimler Dergisi*, 1(1), 48-75.

Erdoğan, N. K. (2005). *Lineer Programlamada İç Nokta Algoritmaları*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir

Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., Owens, B. ve Sier, D. (2004). “An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering”, *Annals of Operations Research,* 127(21), 1-154.

Esin, A. (1981). *Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri*, AİTİA Yayınları, Ankara.

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

Güngör, İ. (2002). “Hemşire Görevlendirme ve Çizelgeleme Sorununa Bir Model Önerisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 7(2), 77-94.

Gür. Ş. ve Eren. T., (2018). “Scheduling And Planning in Service Systems With Goal Programming: Literature Review” *Mathematics,* 6(11), 6-16.

Hamid, M., Barzinpour, F., Hamid, M. ve Mirzamohammadi, S. (2018). “A Multi-Objective Mathematical Model For Nurse Scheduling Problem With Hybrid DEA And Augmented ε-Constraint Method: A Case Study”, *Journal Of Industrial And Systems Engineering,* 11, 98-108.

Ho, T.-W. Vd. (2018). “A Platform For Dynamic Optimal Nurse Scheduling Based On Integer Linear Programming Along With Multiple Criteria Constraints”, *AICCC ’18 Proceedings of the 2018 Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference, 145-150.*

Hornby, P., Ray, D., Shipp, P. ve Hall, T. (1980). *Guidelines For Health Manpower Planning,* World Health Organization, Cenevre.

Ingolfsson, A., Haque, M. A. ve Umnikov, A. (2002). “Accounting For Time-Varying Queueing Effects in Workforce Scheduling”, *European Journal Of Operational Research,* 139, 585–597.

International Centre for Human Resources (2007). “Positive Practice Environments”, *International Council of Nurses*, 1-5. http://www.wpro.who.int/topics/nursing /ichrn_fact_sheet.pdf

International Labour Organization (2019). “Labour Force” www.ilo.org. (19.06.2019)

Jafari, H., Bateni, S., Daneshvar, P, Bateni, S. ve Mahdioun, H. (2015). “Fuzzy Mathematical Modelling Approach for the Nurse Scheduling Problem: A Case Study” *Intenational Journal of Fuzzy Systems*, 18(2), 1-12.

Janiszewski Goodin, H. (2003). “The Nursing Shortage The United States Of America: An İntegrative Review Of The Literatüre”, *Journal of Advanced Nursing*, 43(4), 335-343.

Kara, A. (2014). *Ağ Ömrünü En Büyükleme Amaçlı Küme Kapsama Problemleri*. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Kayseri Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

Karaatlı, M. (2010). *Bulanık Ortamda Çok Amaçlı İşgücü Çizelgeleme: Hemşireler İçin Bir Uygulama,* (Basılmamış Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta

Karahan, A. (2009). “Demografik Farklılıkların İşgücü Verimliliğine Etkisi”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21, 269-281.

Keçek, G. (2003). “İç Nokta Algoritmaları ve Doğrusal Programlamaya Uygulanması”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(9), 1-19.

Keith, E. (1979). “Operator Scheduling”, *AIIE Transactions*, 11(1), 37–41.

Khalfay, A., Crispin, A.ve Crockett, K. (2017). “A Review Of Technician And Task Scheduling Problems, Datasets And Solution Approaches”, Intelligent Systems Conference (7-8 Eylül*)*, Londra, 288-296.

Kılıç, M. ve Tunç, Ş. (2004), “İnsan Kaynakları Planlaması Açısından Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Çalışan Hekimlerin Sorunları ve Memnuniyet Durumlarının Değerlendirilmesi”, *Sağlık İdaresi Dergisi*, 7(1), 39-65.

Kiermaier, F., Frey, M. ve Bard, J. F. (2015). *The Flexible Break Assignment Problem For Large Tour Scheduling Problems With An Application To Airport Ground Handlers*, (Teksir). http://www.om.wi.tum.de

Kimençe, T. (2002). *Vardiya Çalışmasının Zihinsel Performans Üzerindeki Etkinliğinin Araştırılması* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kocaoğlu, M. (2010). *Bir Akaryakıt Dağıtım Dizgesinin Ulaştırma Giderinin Doğrusal Programlama Yoluyla En Aza İndirgenmesi* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Koç, M. (2017). *Vardiyalı Çalışma Sisteminin Çalışan Motivasyonu Üzerine Etkisi: Özel Güvenlik Personeli Üzerine Bir Uygulama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul

Koruca, H. İ. (2010). “Simülasyon Destekli Vardiya Planlama Modülü Geliştirilmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 469-482.

Koza, J.R. ve Poli, R. (2005). *Genetic Programming*. Springer, Boston

Köksal, M. (1980). “Kuyruk Teorisi (Bekleme Hattı Teorisi)”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), 157-179.

Krishnamoorthy, M. ve Ernst, A. T., Baatar, D. (2012). “Algorithms For Large Scale Shift Minimisation Personnel Task Scheduling Problems”, European Journal Of Operational Research, 219, 34–48.

Kurbanoğlu, S. (1992). “Uzman Sistemler”, *Türk Kütüphaneciliği*, 6(4), 189-193.

Lankshear, A. J., Sheldon, T. A. ve Maynard, A. (2005). “Nurse Staffing And Healthcare Outcomes: A Systematic Review Of The International Research Evidence”, *Advances in Nursing Science*, 28(2), 163-174.

Lapègue, T., Prot, D. ve Bellenguez-Morineau, O. (2012), *Practice And Theory Of Automated Timetabling,* PATAT, Son, Norway

Legrain, A., Bouarab, H. ve Lahrichi, N. (2015). “The Nurse Scheduling Problem in Real Life”, *J Med Syst*, 39, 160-171.

Lin, C. C., Kang, J. R., Chiang, D. J., ve Chen, C. L. (2015). “Nurse Scheduling With Joint Normalized Shift And Day-Off Preference Satisfaction Using A Genetic Algorithm With İmmigrant Scheme”. *International Journal Of Distributed Sensor Networks*, 11(7), 1-10.

McKay, K. N. ve Wiers, V. C. S. (2003). “Planning, Scheduling And Dispatching Tasks in Production Control”, *Cogn Tech Work*, 5, 82–93.

Narasimhan R. (2000). "An Algorithm For Multiple Shift Scheduling Of Hierarchical Workforce On Fourday Or Three-Day Workweeks." *INFOR,* 38(1), 14-32.

Nasiri, M. M., ve Rahvar, M. (2017). “A Two-Step Multi-Objective Mathematical Model For Nurse Scheduling Problem Considering Nurse Preferences And Consecutive Shifts”. *International Journal Of Services And Operations Management*, 27(1), 83-101.

Nearchou, A. ve Giannikos I. (2018). “Multisite And Multishift Personnel Planning With Set-Up Costs”, *IMA Journal Of Management Mathematics*, https://doi.org/10.1093/imaman/dpy017

Nearchou, A., Giannikos, I. C., ve Lagodimos, A. G. (2015). “Efficient Greedy Algorithms For Economic Manpower Shift Planning”, *Engineering Optimization*, 47(1), 36–54.

Neos-server.org (2019) “Linear Programming”, www.neos-server.org (09.06.2019)

Odabaşı, M. Ve Eke, H. (1981). *Kapasite Kullanımı Açısından Vardiya Düzeni*, MPM Yayınları, Ankara.

OECD (2008). “The Looming Crisis in the Health Workforce: How Can OECD Countries Respond?”, *OECD*, 1-66.

OECD (2019). “2017 Verilerine Göre 1000 Kişiye Düşen Hemşire Sayısı”, *OECD: Nurses (indicator)*, https://data.oecd.org/healthres/nurses.htm (09.06.2019)

Özcan, U. ve Toklu, B. (2009). “Multiple-Criteria Decision-Making in Two-Sided Assembly Line Balancing: A Goal Programming And A Fuzzy Goal Programming Models”, *Computers and Operations Research*, 36(6), 1955-1965.

Özden, Ü. (2015). *Yöneylem Araştırması Ders Notları,* (Teksir).

Özder, E. H., Özcan, E. ve Eren, T. (2019). “Staff Task-Based Shift Scheduling Solution With An ANP And Goal Programming Method in A Natural Gas Combined Cycle Power Plant”, *Mathematics, 7*(192), 1-26.

Özgüven, C. (2003). *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*, Detay Yayıncılık, Ankara

Öztürk, A. (2016). *Yöneylem Araştırması*, Ekin Yayınları, Bursa.

Öztürkoğlu, Y. Ve Çalışkan, F. (2014). “Hemşire Çizelgelemesinde Esnek Vardiya Planlaması ve Hastane Uygulaması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 6(1), 115-133.

Pan, Q.-K. ve Suganthan, P. (2009). “Solving Manpower Scheduling Problem in Manufacturing Using Mixed-İnteger Programming With A Two-Stage Heuristic Algorithm”, *Int J Adv Manuf Technol*. 46, 1229–1237.

Pan, S., Akplogan, M., Touati, N., Létocart, L., Calvo, R. W. ve Rousseau, L. M. (2018). “A Hybrid Heuristic For Multi-Activity Tour Scheduling”, *Proceedings Of The Workshop*, 16th Cologne-Twente Workshop On Graphs And Combinatorial Optimization, 123-126.

Paris, Q. (2016). *An Economic Interpretation of Linear Programming,* Springer, Hampshire

Patır, S. (2009). “Tam Sayılı Programlama ve Malatya Maksan Transformatör İşletmesinde Bir Uygulama”, *İnönü Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 193-206.

Pekşen Arı, Ö. (2013). *Vardiyalı Çalışma Düzeninin İşgörenin İşten Ayrılma Niyetine Etkisi: Bursa’daki Beş Yıldızlı Şehir Otellerinde Bir Uygulama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar

Rai Technology Universty (2007). *Operations Research,* Rai Technology Universty, Dhodballapur Taluk.

Restrepo, M. I., Gendron, B. ve Rousseau, L. M. (2017). “A Two-Stage Stochastic Programming Approach For Multi-Activity Tour Scheduling”, *European Journal Of Operational Research,* 262*,* 620–635.

Rust, J. (2016). “Dynamic programming”. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 1-26.

Sabar, M., Montreuil, B. ve Frayret, J. M. (2009). “A Multi-Agent-Based Approach For Personnel Scheduling in Assembly Centers”, *Engineering Applications Of Artificial Intelligence,* 22*,* 1080–1088.

Sağır, M., Atlas, M., Aras, N. ve Kamışlı Öztürk, Z. (2013). *Yöneylem Araştırması-1*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.

Sağlık Bakanlığı (1996). "Sağlık İnsan Gücü Mevcut Durum Raporu", *Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü*, Ankara.

SASAM Enstitüsü (2018). "*Türkiye Sağlık Sisteminde İnsan Gücü Durumunun Analizi*" SASAM Enstitüsü, 4(13), 1-38.

Sillekens, T., Koberstein, A.ve Suhl, L. (2010). "Aggregate Production Planning in The Automotive Industry With Special Consideration Of Workforce Flexibility", *International Journal Of Production Research*, 49(17), 5055-5078.

Sungur, B., Özgüven, C., ve Kariper, Y. (2017). "Shift Scheduling With Break Windows, Ideal Break Periods, And Ideal Waiting Times", *Flex Serv Manuf J,* 29, 203–222.

Şantaş, F., Özer, Ö. ve Çıraklı, Ü (2012). "Türk Kalkınma Planlarında Sağlık İnsan Gücü Planlaması", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 2(2), 45-59.

Taha, H. (2007). *Operation Research*, Pearson Prentice Hall, New York.

Tavaghof-Gigloo, D., Minner, S. ve Silbermayr, L. (2016). "Mixed Integer Linear Programming Formulation For Flexibility Instruments in Capacity Planning Problems*", Computers ve Industrial Engineering,* 97, 101–110.

Thompson, G. M. ve Goodale, J. C. (2004). "Variable Employee Productivity in Workforce Scheduling", *European Journal Of Operational Research*, 170(2), 376–390.

Timor, M. (2011). *Analitik Hiyeraşi Prosesi*, Türkmen Kitabevi, İstanbul

Tomàs Olivé. J. (2010). *A Proposed Mathematical Model For The Personnel Scheduling Problem In A Manufacturig Company*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul

Trueman, R. (1981). *Quantitavive Methods For Decision Making in Business*, The Drysden Press, New York.

Turanlı, M. ve Köse, A. (2005). "Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi ile Türkiye'deki Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 4(7), 19-39.

Tütek, H., Gümüşoğlu, Ş. ve Özdemir, A. (2016). *Sayısal Yöntemler*, Beta Yayınları, İstanbul

Van Den Bergh, J., Beliën, J., De Bruecker, P., Demeulemeester, E. ve De Boeck, L. (2013). "Personnel Scheduling: A Literature Review", *European Journal Of Operational Research,* 226, 367–385.

Varlı, E. ve Eren, T. (2017). "Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 185-197.

Varlı, E., Ergişi, B. ve Eren, T. (2017). "Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 49, 189-206.

Williams, H. P. (2013). *Model Building in Mathematical Programming*. 5th ed, Wiley, United Kingdom.

Winston, W. (2004). *Operations Research: Applications And Algorithms,* Brooks/Cole-Thomson Learning, Belmont.

Wolfe, H., ve Young, J. P. (1965). "Staffing The Nursing Unit Part II. The Multiple Assignment Technique". *Nursing Research*, 14(4), 299-303.

World Health Organization (2000). "World Health Report 2000, Health Systems: Improving Performance", *WHO Published*, Geneva

Youssef, A. ve Senbel, S. (2018). *A Bi-Level Heuristic Solution For The Nurse Scheduling Problem Based On Shift-Swapping*", 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), IEEE, Las Vegas, Nevada.

Zanda, S., Zuddas, P., ve Seatzu, C. (2018). "Long Term Nurse Scheduling Via A Decision Support System Based On Linear Integer Programming: A Case Study at The University Hospital in Cagliari", *Computers and Industrial Engineering*, 126, 337-347.

EKLER

EK-1: Haziran Ayı İçin Kurulan Tamsayılı Hedef Programlama Modeli

Amaç fonksiyonu:

$$min\ z = \sum_{i \in I} p_i^{+} + \sum_{i \in I} h_i^{+} + \sum_{i \in I} (dn_i^{+} + dn_i^{-})$$

$$minZ = p_1^{+} + p_2^{+} + p_3^{+} + p_4^{+} + p_5^{+} + p_6^{+} + p_7^{-} + p_8^{+} + p_9^{-} + p_{10}^{+} + p_{11}^{+} + p_{12}^{+} + p_{13}^{+} + p_{14}^{-} + p_{15}^{+} + p_{16}^{+} + p_{17}^{+} + p_{18}^{+} + p_{19}^{+} + p_{20}^{-} + dn_{10}^{-} + dn_{11}^{-} + dn_{12}^{-} + dn_{13}^{-} + dn_{14}^{-} + dn_{15}^{-} + dn_{16}^{-} + dn_{17}^{-} + dn_{18}^{-} + dn_{19}^{-} + dn_{20}^{-} + dn_1^{-} + dn_2^{-} + dn_3^{-} + dn_4^{-} + dn_5^{-} + dn_6^{-} + dn_7^{-} + dn_8^{-} + dn_9^{-} + dn_1^{+} + dn_2^{+} + dn_3^{+} + dn_4^{-} + dn_5^{+} + dn_6^{+} + dn_7^{+} + dn_8^{+} + dn_9^{-} + dn_{10}^{+} + dn_{11}^{+} + dn_{12}^{+} + dn_{13}^{+} + dn_{14}^{+} + dn_{15}^{+} + dn_{16}^{+} + dn_{17}^{+} + dn_{18}^{+} + dn_{19}^{+} + dn_{20}^{+} + h_1^{+} + h_2^{+} + h_3^{+} + h_4^{+} + h_5^{+} + h_6^{+} + h_7^{+} + h_8^{+} + h_9^{+} + h_{10}^{+} + h_{11}^{+} + h_{12}^{+} + h_{13}^{+} + h_{14}^{+} + h_{15}^{-} + h_{16}^{+} + h_{17}^{+} + h_{18}^{+} + h_{19}^{+} + h_{20}^{+}$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i} x_{i,j,k} \geq 4, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$4 \leq x_{1,1,1} + x_{2,1,1} + x_{3,1,1} + x_{4,1,1} + x_{5,1,1} + x_{6,1,1} + x_{7,1,1} + x_{8,1,1} + x_{9,1,1} + x_{10,1,1} + x_{11,1,1} + x_{12,1,1} + x_{13,1,1} + x_{14,1,1} + x_{15,1,1} + x_{16,1,1} + x_{17,1,1} + x_{18,1,1} + x_{19,1,1} + x_{20,1,1}$$

$$4 \leq x_{1,2,1} + x_{2,2,1} + x_{3,2,1} + x_{4,2,1} + x_{5,2,1} + x_{6,2,1} + x_{7,2,1} + x_{8,2,1} + x_{9,2,1} + x_{10,2,1} + x_{11,2,1} + x_{12,2,1} + x_{13,2,1} + x_{14,2,1} + x_{15,2,1} + x_{16,2,1} + x_{17,2,1} + x_{18,2,1} + x_{19,2,1} + x_{20,2,1}$$

$$4 \leq x_{1,3,1} + x_{2,3,1} + x_{3,3,1} + x_{4,3,1} + x_{5,3,1} + x_{6,3,1} + x_{7,3,1} + x_{8,3,1} + x_{9,3,1} + x_{10,3,1} + x_{11,3,1} + x_{12,3,1} + x_{13,3,1} + x_{14,3,1} + x_{15,3,1} + x_{16,3,1} + x_{17,3,1} + x_{18,3,1} + x_{19,3,1} + x_{20,3,1}$$

$$4 \leq x_{1,4,1} + x_{2,4,1} + x_{3,4,1} + x_{4,4,1} + x_{5,4,1} + x_{6,4,1} + x_{7,4,1} + x_{8,4,1} + x_{9,4,1} + x_{10,4,1} + x_{11,4,1} + x_{12,4,1} + x_{13,4,1} + x_{14,4,1} + x_{15,4,1} + x_{16,4,1} + x_{17,4,1} + x_{18,4,1} + x_{19,4,1} + x_{20,4,1}$$

$$4 \leq x_{1,5,1} + x_{2,5,1} + x_{3,5,1} + x_{4,5,1} + x_{5,5,1} + x_{6,5,1} + x_{7,5,1} + x_{8,5,1} + x_{9,5,1} + x_{10,5,1} + x_{11,5,1} + x_{12,5,1} + x_{13,5,1} + x_{14,5,1} + x_{15,5,1} + x_{16,5,1} + x_{17,5,1} + x_{18,5,1} + x_{19,5,1} + x_{20,5,1}$$

$$4 \leq x_{1,6,1} + x_{2,6,1} + x_{3,6,1} + x_{4,6,1} + x_{5,6,1} + x_{6,6,1} + x_{7,6,1} + x_{8,6,1} + x_{9,6,1} + x_{10,6,1} + x_{11,6,1} + x_{12,6,1} + x_{13,6,1} + x_{14,6,1} + x_{15,6,1} + x_{16,6,1} + x_{17,6,1} + x_{18,6,1} + x_{19,6,1} + x_{20,6,1}$$

$$4 \leq x_{1,7,1} + x_{2,7,1} + x_{3,7,1} + x_{4,7,1} + x_{5,7,1} + x_{6,7,1} + x_{7,7,1} + x_{8,7,1} + x_{9,7,1} + x_{10,7,1} + x_{11,7,1} + x_{12,7,1} + x_{13,7,1} + x_{14,7,1} + x_{15,7,1} + x_{16,7,1} + x_{17,7,1} + x_{18,7,1} + x_{19,7,1} + x_{20,7,1}$$

$$4 \leq x_{1,8,1} + x_{2,8,1} + x_{3,8,1} + x_{4,8,1} + x_{5,8,1} + x_{6,8,1} + x_{7,8,1} + x_{8,8,1} + x_{9,8,1} + x_{10,8,1} + x_{11,8,1} + x_{12,8,1} + x_{13,8,1} + x_{14,8,1} + x_{15,8,1} + x_{16,8,1} + x_{17,8,1} + x_{18,8,1} + x_{19,8,1} + x_{20,8,1}$$

$$4 \leq x_{1,9,1} + x_{2,9,1} + x_{3,9,1} + x_{4,9,1} + x_{5,9,1} + x_{6,9,1} + x_{7,9,1} + x_{8,9,1} + x_{9,9,1} + x_{10,9,1} + x_{11,9,1} + x_{12,9,1} + x_{13,9,1} + x_{14,9,1} + x_{15,9,1} + x_{16,9,1} + x_{17,9,1} + x_{18,9,1} + x_{19,9,1} + x_{20,9,1}$$

$$4 \leq x_{1,10,1} + x_{2,10,1} + x_{3,10,1} + x_{4,10,1} + x_{5,10,1} + x_{6,10,1} + x_{7,10,1} + x_{8,10,1} + x_{9,10,1} + x_{10,10,1} + x_{11,10,1} + x_{12,10,1} + x_{13,10,1} + x_{14,10,1} + x_{15,10,1} + x_{16,10,1} + x_{17,10,1} + x_{18,10,1} + x_{19,10,1} + x_{20,10,1}$$

$$4 \leq x_{1,11,1} + x_{2,11,1} + x_{3,11,1} + x_{4,11,1} + x_{5,11,1} + x_{6,11,1} + x_{7,11,1} + x_{8,11,1} + x_{9,11,1} + x_{10,11,1} + x_{11,11,1} + x_{12,11,1} + x_{13,11,1} + x_{14,11,1} + x_{15,11,1} + x_{16,11,1} + x_{17,11,1} + x_{18,11,1} + x_{19,11,1} + x_{20,11,1}$$

$$4 \leq x_{1,12,1} + x_{2,12,1} + x_{3,12,1} + x_{4,12,1} + x_{5,12,1} + x_{6,12,1} + x_{7,12,1} + x_{8,12,1} + x_{9,12,1} + x_{10,12,1} + x_{11,12,1} + x_{12,12,1} + x_{13,12,1} + x_{14,12,1} + x_{15,12,1} + x_{16,12,1} + x_{17,12,1} + x_{18,12,1} + x_{19,12,1} + x_{20,12,1}$$

$$4 \leq x_{1,13,1} + x_{2,13,1} + x_{3,13,1} + x_{4,13,1} + x_{5,13,1} + x_{6,13,1} + x_{7,13,1} + x_{8,13,1} + x_{9,13,1} + x_{10,13,1} + x_{11,13,1} + x_{12,13,1} + x_{13,13,1} + x_{14,13,1} + x_{15,13,1} + x_{16,13,1} + x_{17,13,1} + x_{18,13,1} + x_{19,13,1} + x_{20,13,1}$$

$$4 \leq x_{1,14,1} + x_{2,14,1} + x_{3,14,1} + x_{4,14,1} + x_{5,14,1} + x_{6,14,1} + x_{7,14,1} + x_{8,14,1} + x_{9,14,1} + x_{10,14,1} + x_{11,14,1} + x_{12,14,1} + x_{13,14,1} + x_{14,14,1} + x_{15,14,1} + x_{16,14,1} + x_{17,14,1} + x_{18,14,1} + x_{19,14,1} + x_{20,14,1}$$

$$4 \leq x_{1,15,1} + x_{2,15,1} + x_{3,15,1} + x_{4,15,1} + x_{5,15,1} + x_{6,15,1} + x_{7,15,1} + x_{8,15,1} + x_{9,15,1} + x_{10,15,1} + x_{11,15,1} + x_{12,15,1} + x_{13,15,1} + x_{14,15,1} + x_{15,15,1} + x_{16,15,1} + x_{17,15,1} + x_{18,15,1} + x_{19,15,1} + x_{20,15,1}$$

$$4 \leq x_{1,16,1} + x_{2,16,1} + x_{3,16,1} + x_{4,16,1} + x_{5,16,1} + x_{6,16,1} + x_{7,16,1} + x_{8,16,1} + x_{9,16,1} + x_{10,16,1} + x_{11,16,1} + x_{12,16,1} + x_{13,16,1} + x_{14,16,1} + x_{15,16,1} + x_{16,16,1} + x_{17,16,1} + x_{18,16,1} + x_{19,16,1} + x_{20,16,1}$$

$$4 \le x_{1,17,1} + x_{2,17,1} + x_{3,17,1} + x_{4,17,1} + x_{5,17,1} + x_{6,17,1} + x_{7,17,1} + x_{8,17,1} + x_{9,17,1} + x_{10,17,1} + x_{11,17,1} + x_{12,17,1} + x_{13,17,1} + x_{14,17,1} + x_{15,17,1} + x_{16,17,1} + x_{17,17,1} + x_{18,17,1} + x_{19,17,1} + x_{20,17,1}$$

$$4 \le x_{1,18,1} + x_{2,18,1} + x_{3,18,1} + x_{4,18,1} + x_{5,18,1} + x_{6,18,1} + x_{7,18,1} + x_{8,18,1} + x_{9,18,1} + x_{10,18,1} + x_{11,18,1} + x_{12,18,1} + x_{13,18,1} + x_{14,18,1} + x_{15,18,1} + x_{16,18,1} + x_{17,18,1} + x_{18,18,1} + x_{19,18,1} + x_{20,18,1}$$

$$4 \le x_{1,19,1} + x_{2,19,1} + x_{3,19,1} + x_{4,19,1} + x_{5,19,1} + x_{6,19,1} + x_{7,19,1} + x_{8,19,1} + x_{9,19,1} + x_{10,19,1} + x_{11,19,1} + x_{12,19,1} + x_{13,19,1} + x_{14,19,1} + x_{15,19,1} + x_{16,19,1} + x_{17,19,1} + x_{18,19,1} + x_{19,19,1} + x_{20,19,1}$$

$$4 \le x_{1,20,1} + x_{2,20,1} + x_{3,20,1} + x_{4,20,1} + x_{5,20,1} + x_{6,20,1} + x_{7,20,1} + x_{8,20,1} + x_{9,20,1} + x_{10,20,1} + x_{11,20,1} + x_{12,20,1} + x_{13,20,1} + x_{14,20,1} + x_{15,20,1} + x_{16,20,1} + x_{17,20,1} + x_{18,20,1} + x_{19,20,1} + x_{20,20,1}$$

$$4 \le x_{1,21,1} + x_{2,21,1} + x_{3,21,1} + x_{4,21,1} + x_{5,21,1} + x_{6,21,1} + x_{7,21,1} + x_{8,21,1} + x_{9,21,1} + x_{10,21,1} + x_{11,21,1} + x_{12,21,1} + x_{13,21,1} + x_{14,21,1} + x_{15,21,1} + x_{16,21,1} + x_{17,21,1} + x_{18,21,1} + x_{19,21,1} + x_{20,21,1}$$

$$4 \le x_{1,22,1} + x_{2,22,1} + x_{3,22,1} + x_{4,22,1} + x_{5,22,1} + x_{6,22,1} + x_{7,22,1} + x_{8,22,1} + x_{9,22,1} + x_{10,22,1} + x_{11,22,1} + x_{12,22,1} + x_{13,22,1} + x_{14,22,1} + x_{15,22,1} + x_{16,22,1} + x_{17,22,1} + x_{18,22,1} + x_{19,22,1} + x_{20,22,1}$$

$$4 \le x_{1,23,1} + x_{2,23,1} + x_{3,23,1} + x_{4,23,1} + x_{5,23,1} + x_{6,23,1} + x_{7,23,1} + x_{8,23,1} + x_{9,23,1} + x_{10,23,1} + x_{11,23,1} + x_{12,23,1} + x_{13,23,1} + x_{14,23,1} + x_{15,23,1} + x_{16,23,1} + x_{17,23,1} + x_{18,23,1} + x_{19,23,1} + x_{20,23,1}$$

$$4 \le x_{1,24,1} + x_{2,24,1} + x_{3,24,1} + x_{4,24,1} + x_{5,24,1} + x_{6,24,1} + x_{7,24,1} + x_{8,24,1} + x_{9,24,1} + x_{10,24,1} + x_{11,24,1} + x_{12,24,1} + x_{13,24,1} + x_{14,24,1} + x_{15,24,1} + x_{16,24,1} + x_{17,24,1} + x_{18,24,1} + x_{19,24,1} + x_{20,24,1}$$

$$4 \le x_{1,25,1} + x_{2,25,1} + x_{3,25,1} + x_{4,25,1} + x_{5,25,1} + x_{6,25,1} + x_{7,25,1} + x_{8,25,1} + x_{9,25,1} + x_{10,25,1} + x_{11,25,1} + x_{12,25,1} + x_{13,25,1} + x_{14,25,1} + x_{15,25,1} + x_{16,25,1} + x_{17,25,1} + x_{18,25,1} + x_{19,25,1} + x_{20,25,1}$$

$$4 \le x_{1,26,1} + x_{2,26,1} + x_{3,26,1} + x_{4,26,1} + x_{5,26,1} + x_{6,26,1} + x_{7,26,1} + x_{8,26,1} + x_{9,26,1} + x_{10,26,1} + x_{11,26,1} + x_{12,26,1} + x_{13,26,1} + x_{14,26,1} + x_{15,26,1} + x_{16,26,1} + x_{17,26,1} + x_{18,26,1} + x_{19,26,1} + x_{20,26,1}$$

$$4 \le x_{1,27,1} + x_{2,27,1} + x_{3,27,1} + x_{4,27,1} + x_{5,27,1} + x_{6,27,1} + x_{7,27,1} + x_{8,27,1} + x_{9,27,1} + x_{10,27,1} + x_{11,27,1} + x_{12,27,1} + x_{13,27,1} + x_{14,27,1} + x_{15,27,1} + x_{16,27,1} + x_{17,27,1} + x_{18,27,1} + x_{19,27,1} + x_{20,27,1}$$

$$4 \le x_{1,28,1} + x_{2,28,1} + x_{3,28,1} + x_{4,28,1} + x_{5,28,1} + x_{6,28,1} + x_{7,28,1} + x_{8,28,1} + x_{9,28,1} + x_{10,28,1} + x_{11,28,1} + x_{12,28,1} + x_{13,28,1} + x_{14,28,1} + x_{15,28,1} + x_{16,28,1} + x_{17,28,1} + x_{18,28,1} + x_{19,28,1} + x_{20,28,1}$$

$$4 \le x_{1,29,1} + x_{2,29,1} + x_{3,29,1} + x_{4,29,1} + x_{5,29,1} + x_{6,29,1} + x_{7,29,1} + x_{8,29,1} + x_{9,29,1} + x_{10,29,1} + x_{11,29,1} + x_{12,29,1} + x_{13,29,1} + x_{14,29,1} + x_{15,29,1} + x_{16,29,1} + x_{17,29,1} + x_{18,29,1} + x_{19,29,1} + x_{20,29,1}$$

$$4 \le x_{1,30,1} + x_{2,30,1} + x_{3,30,1} + x_{4,30,1} + x_{5,30,1} + x_{6,30,1} + x_{7,30,1} + x_{8,30,1} + x_{9,30,1} + x_{10,30,1} + x_{11,30,1} + x_{12,30,1} + x_{13,30,1} + x_{14,30,1} + x_{15,30,1} + x_{16,30,1} + x_{17,30,1} + x_{18,30,1} + x_{19,30,1} + x_{20,30,1}$$

$$4 \le x_{1,1,2} + x_{2,1,2} + x_{3,1,2} + x_{4,1,2} + x_{5,1,2} + x_{6,1,2} + x_{7,1,2} + x_{8,1,2} + x_{9,1,2} + x_{10,1,2} + x_{11,1,2} + x_{12,1,2} + x_{13,1,2} + x_{14,1,2} + x_{15,1,2} + x_{16,1,2} + x_{17,1,2} + x_{18,1,2} + x_{19,1,2} + x_{20,1,2}$$

$$4 \le x_{1,2,2} + x_{2,2,2} + x_{3,2,2} + x_{4,2,2} + x_{5,2,2} + x_{6,2,2} + x_{7,2,2} + x_{8,2,2} + x_{9,2,2} + x_{10,2,2} + x_{11,2,2} + x_{12,2,2} + x_{13,2,2} + x_{14,2,2} + x_{15,2,2} + x_{16,2,2} + x_{17,2,2} + x_{18,2,2} + x_{19,2,2} + x_{20,2,2}$$

$$4 \le x_{1,3,2} + x_{2,3,2} + x_{3,3,2} + x_{4,3,2} + x_{5,3,2} + x_{6,3,2} + x_{7,3,2} + x_{8,3,2} + x_{9,3,2} + x_{10,3,2} + x_{11,3,2} + x_{12,3,2} + x_{13,3,2} + x_{14,3,2} + x_{15,3,2} + x_{16,3,2} + x_{17,3,2} + x_{18,3,2} + x_{19,3,2} + x_{20,3,2}$$

$$4 \le x_{1,4,2} + x_{2,4,2} + x_{3,4,2} + x_{4,4,2} + x_{5,4,2} + x_{6,4,2} + x_{7,4,2} + x_{8,4,2} + x_{9,4,2} + x_{10,4,2} + x_{11,4,2} + x_{12,4,2} + x_{13,4,2} + x_{14,4,2} + x_{15,4,2} + x_{16,4,2} + x_{17,4,2} + x_{18,4,2} + x_{19,4,2} + x_{20,4,2}$$

$$4 \le x_{1,5,2} + x_{2,5,2} + x_{3,5,2} + x_{4,5,2} + x_{5,5,2} + x_{6,5,2} + x_{7,5,2} + x_{8,5,2} + x_{9,5,2} + x_{10,5,2} + x_{11,5,2} + x_{12,5,2} + x_{13,5,2} + x_{14,5,2} + x_{15,5,2} + x_{16,5,2} + x_{17,5,2} + x_{18,5,2} + x_{19,5,2} + x_{20,5,2}$$

$$4 \le x_{1,6,2} + x_{2,6,2} + x_{3,6,2} + x_{4,6,2} + x_{5,6,2} + x_{6,6,2} + x_{7,6,2} + x_{8,6,2} + x_{9,6,2} + x_{10,6,2} + x_{11,6,2} + x_{12,6,2} + x_{13,6,2} + x_{14,6,2} + x_{15,6,2} + x_{16,6,2} + x_{17,6,2} + x_{18,6,2} + x_{19,6,2} + x_{20,6,2}$$

$$4 \le x_{1,7,2} + x_{2,7,2} + x_{3,7,2} + x_{4,7,2} + x_{5,7,2} + x_{6,7,2} + x_{7,7,2} + x_{8,7,2} + x_{9,7,2} + x_{10,7,2} + x_{11,7,2} + x_{12,7,2} + x_{13,7,2} + x_{14,7,2} + x_{15,7,2} + x_{16,7,2} + x_{17,7,2} + x_{18,7,2} + x_{19,7,2} + x_{20,7,2}$$

$$4 \le x_{1,8,2} + x_{2,8,2} + x_{3,8,2} + x_{4,8,2} + x_{5,8,2} + x_{6,8,2} + x_{7,8,2} + x_{8,8,2} + x_{9,8,2} + x_{10,8,2} + x_{11,8,2} + x_{12,8,2} + x_{13,8,2} + x_{14,8,2} + x_{15,8,2} + x_{16,8,2} + x_{17,8,2} + x_{18,8,2} + x_{19,8,2} + x_{20,8,2}$$

$$4 \leq x_{1,9,2} + x_{2,9,2} + x_{3,9,2} + x_{4,9,2} + x_{5,9,2} + x_{6,9,2} + x_{7,9,2} + x_{8,9,2} + x_{9,9,2} + x_{10,9,2} + x_{11,9,2} + x_{12,9,2} + x_{13,9,2} + x_{14,9,2} + x_{15,9,2} + x_{16,9,2} + x_{17,9,2} + x_{18,9,2} + x_{19,9,2} + x_{20,9,2}$$

$$4 \leq x_{1,10,2} + x_{2,10,2} + x_{3,10,2} + x_{4,10,2} + x_{5,10,2} + x_{6,10,2} + x_{7,10,2} + x_{8,10,2} + x_{9,10,2} + x_{10,10,2} + x_{11,10,2} + x_{12,10,2} + x_{13,10,2} + x_{14,10,2} + x_{15,10,2} + x_{16,10,2} + x_{17,10,2} + x_{18,10,2} + x_{19,10,2} + x_{20,10,2}$$

$$4 \leq x_{1,11,2} + x_{2,11,2} + x_{3,11,2} + x_{4,11,2} + x_{5,11,2} + x_{6,11,2} + x_{7,11,2} + x_{8,11,2} + x_{9,11,2} + x_{10,11,2} + x_{11,11,2} + x_{12,11,2} + x_{13,11,2} + x_{14,11,2} + x_{15,11,2} + x_{16,11,2} + x_{17,11,2} + x_{18,11,2} + x_{19,11,2} + x_{20,11,2}$$

$$4 \leq x_{1,12,2} + x_{2,12,2} + x_{3,12,2} + x_{4,12,2} + x_{5,12,2} + x_{6,12,2} + x_{7,12,2} + x_{8,12,2} + x_{9,12,2} + x_{10,12,2} + x_{11,12,2} + x_{12,12,2} + x_{13,12,2} + x_{14,12,2} + x_{15,12,2} + x_{16,12,2} + x_{17,12,2} + x_{18,12,2} + x_{19,12,2} + x_{20,12,2}$$

$$4 \leq x_{1,13,2} + x_{2,13,2} + x_{3,13,2} + x_{4,13,2} + x_{5,13,2} + x_{6,13,2} + x_{7,13,2} + x_{8,13,2} + x_{9,13,2} + x_{10,13,2} + x_{11,13,2} + x_{12,13,2} + x_{13,13,2} + x_{14,13,2} + x_{15,13,2} + x_{16,13,2} + x_{17,13,2} + x_{18,13,2} + x_{19,13,2} + x_{20,13,2}$$

$$4 \leq x_{1,14,2} + x_{2,14,2} + x_{3,14,2} + x_{4,14,2} + x_{5,14,2} + x_{6,14,2} + x_{7,14,2} + x_{8,14,2} + x_{9,14,2} + x_{10,14,2} + x_{11,14,2} + x_{12,14,2} + x_{13,14,2} + x_{14,14,2} + x_{15,14,2} + x_{16,14,2} + x_{17,14,2} + x_{18,14,2} + x_{19,14,2} + x_{20,14,2}$$

$$4 \leq x_{1,15,2} + x_{2,15,2} + x_{3,15,2} + x_{4,15,2} + x_{5,15,2} + x_{6,15,2} + x_{7,15,2} + x_{8,15,2} + x_{9,15,2} + x_{10,15,2} + x_{11,15,2} + x_{12,15,2} + x_{13,15,2} + x_{14,15,2} + x_{15,15,2} + x_{16,15,2} + x_{17,15,2} + x_{18,15,2} + x_{19,15,2} + x_{20,15,2}$$

$$4 \leq x_{1,16,2} + x_{2,16,2} + x_{3,16,2} + x_{4,16,2} + x_{5,16,2} + x_{6,16,2} + x_{7,16,2} + x_{8,16,2} + x_{9,16,2} + x_{10,16,2} + x_{11,16,2} + x_{12,16,2} + x_{13,16,2} + x_{14,16,2} + x_{15,16,2} + x_{16,16,2} + x_{17,16,2} + x_{18,16,2} + x_{19,16,2} + x_{20,16,2}$$

$$4 \leq x_{1,17,2} + x_{2,17,2} + x_{3,17,2} + x_{4,17,2} + x_{5,17,2} + x_{6,17,2} + x_{7,17,2} + x_{8,17,2} + x_{9,17,2} + x_{10,17,2} + x_{11,17,2} + x_{12,17,2} + x_{13,17,2} + x_{14,17,2} + x_{15,17,2} + x_{16,17,2} + x_{17,17,2} + x_{18,17,2} + x_{19,17,2} + x_{20,17,2}$$

$$4 \leq x_{1,18,2} + x_{2,18,2} + x_{3,18,2} + x_{4,18,2} + x_{5,18,2} + x_{6,18,2} + x_{7,18,2} + x_{8,18,2} + x_{9,18,2} + x_{10,18,2} + x_{11,18,2} + x_{12,18,2} + x_{13,18,2} + x_{14,18,2} + x_{15,18,2} + x_{16,18,2} + x_{17,18,2} + x_{18,18,2} + x_{19,18,2} + x_{20,18,2}$$

$$4 \leq x_{1,19,2} + x_{2,19,2} + x_{3,19,2} + x_{4,19,2} + x_{5,19,2} + x_{6,19,2} + x_{7,19,2} + x_{8,19,2} + x_{9,19,2} + x_{10,19,2} + x_{11,19,2} + x_{12,19,2} + x_{13,19,2} + x_{14,19,2} + x_{15,19,2} + x_{16,19,2} + x_{17,19,2} + x_{18,19,2} + x_{19,19,2} + x_{20,19,2}$$

$$4 \leq x_{1,20,2} + x_{2,20,2} + x_{3,20,2} + x_{4,20,2} + x_{5,20,2} + x_{6,20,2} + x_{7,20,2} + x_{8,20,2} + x_{9,20,2} + x_{10,20,2} + x_{11,20,2} + x_{12,20,2} + x_{13,20,2} + x_{14,20,2} + x_{15,20,2} + x_{16,20,2} + x_{17,20,2} + x_{18,20,2} + x_{19,20,2} + x_{20,20,2}$$

$$4 \leq x_{1,21,2} + x_{2,21,2} + x_{3,21,2} + x_{4,21,2} + x_{5,21,2} + x_{6,21,2} + x_{7,21,2} + x_{8,21,2} + x_{9,21,2} + x_{10,21,2} + x_{11,21,2} + x_{12,21,2} + x_{13,21,2} + x_{14,21,2} + x_{15,21,2} + x_{16,21,2} + x_{17,21,2} + x_{18,21,2} + x_{19,21,2} + x_{20,21,2}$$

$$4 \leq x_{1,22,2} + x_{2,22,2} + x_{3,22,2} + x_{4,22,2} + x_{5,22,2} + x_{6,22,2} + x_{7,22,2} + x_{8,22,2} + x_{9,22,2} + x_{10,22,2} + x_{11,22,2} + x_{12,22,2} + x_{13,22,2} + x_{14,22,2} + x_{15,22,2} + x_{16,22,2} + x_{17,22,2} + x_{18,22,2} + x_{19,22,2} + x_{20,22,2}$$

$$4 \leq x_{1,23,2} + x_{2,23,2} + x_{3,23,2} + x_{4,23,2} + x_{5,23,2} + x_{6,23,2} + x_{7,23,2} + x_{8,23,2} + x_{9,23,2} + x_{10,23,2} + x_{11,23,2} + x_{12,23,2} + x_{13,23,2} + x_{14,23,2} + x_{15,23,2} + x_{16,23,2} + x_{17,23,2} + x_{18,23,2} + x_{19,23,2} + x_{20,23,2}$$

$$4 \leq x_{1,24,2} + x_{2,24,2} + x_{3,24,2} + x_{4,24,2} + x_{5,24,2} + x_{6,24,2} + x_{7,24,2} + x_{8,24,2} + x_{9,24,2} + x_{10,24,2} + x_{11,24,2} + x_{12,24,2} + x_{13,24,2} + x_{14,24,2} + x_{15,24,2} + x_{16,24,2} + x_{17,24,2} + x_{18,24,2} + x_{19,24,2} + x_{20,24,2}$$

$$4 \leq x_{1,25,2} + x_{2,25,2} + x_{3,25,2} + x_{4,25,2} + x_{5,25,2} + x_{6,25,2} + x_{7,25,2} + x_{8,25,2} + x_{9,25,2} + x_{10,25,2} + x_{11,25,2} + x_{12,25,2} + x_{13,25,2} + x_{14,25,2} + x_{15,25,2} + x_{16,25,2} + x_{17,25,2} + x_{18,25,2} + x_{19,25,2} + x_{20,25,2}$$

$$4 \leq x_{1,26,2} + x_{2,26,2} + x_{3,26,2} + x_{4,26,2} + x_{5,26,2} + x_{6,26,2} + x_{7,26,2} + x_{8,26,2} + x_{9,26,2} + x_{10,26,2} + x_{11,26,2} + x_{12,26,2} + x_{13,26,2} + x_{14,26,2} + x_{15,26,2} + x_{16,26,2} + x_{17,26,2} + x_{18,26,2} + x_{19,26,2} + x_{20,26,2}$$

$$4 \leq x_{1,27,2} + x_{2,27,2} + x_{3,27,2} + x_{4,27,2} + x_{5,27,2} + x_{6,27,2} + x_{7,27,2} + x_{8,27,2} + x_{9,27,2} + x_{10,27,2} + x_{11,27,2} + x_{12,27,2} + x_{13,27,2} + x_{14,27,2} + x_{15,27,2} + x_{16,27,2} + x_{17,27,2} + x_{18,27,2} + x_{19,27,2} + x_{20,27,2}$$

$$4 \leq x_{1,28,2} + x_{2,28,2} + x_{3,28,2} + x_{4,28,2} + x_{5,28,2} + x_{6,28,2} + x_{7,28,2} + x_{8,28,2} + x_{9,28,2} + x_{10,28,2} + x_{11,28,2} + x_{12,28,2} + x_{13,28,2} + x_{14,28,2} + x_{15,28,2} + x_{16,28,2} + x_{17,28,2} + x_{18,28,2} + x_{19,28,2} + x_{20,28,2}$$

$$4 \leq x_{1,29,2} + x_{2,29,2} + x_{3,29,2} + x_{4,29,2} + x_{5,29,2} + x_{6,29,2} + x_{7,29,2} + x_{8,29,2} + x_{9,29,2} + x_{10,29,2} + x_{11,29,2} + x_{12,29,2} + x_{13,29,2} + x_{14,29,2} + x_{15,29,2} + x_{16,29,2} + x_{17,29,2} + x_{18,29,2} + x_{19,29,2} + x_{20,29,2}$$

$$4 \leq x_{1,30,2} + x_{2,30,2} + x_{3,30,2} + x_{4,30,2} + x_{5,30,2} + x_{6,30,2} + x_{7,30,2} + x_{8,30,2} + x_{9,30,2} + x_{10,30,2} + x_{11,30,2} + x_{12,30,2} + x_{13,30,2} + x_{14,30,2} + x_{15,30,2} + x_{16,30,2} + x_{17,30,2} + x_{18,30,2} + x_{19,30,2} + x_{20,30,2}$$

$$\sum_j x_{i,j,k} \ge 2\,, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hs}, \qquad \forall k \in K$$

$$2 \le x_{1,1,1} + x_{1,2,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,22,1} + x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1}$$

$$2 \le x_{2,1,1} + x_{2,2,1} + x_{2,8,1} + x_{2,9,1} + x_{2,15,1} + x_{2,16,1} + x_{2,22,1} + x_{2,23,1} + x_{2,29,1} + x_{2,30,1}$$

$$2 \le x_{3,1,1} + x_{3,2,1} + x_{3,8,1} + x_{3,9,1} + x_{3,15,1} + x_{3,16,1} + x_{3,22,1} + x_{3,23,1} + x_{3,29,1} + x_{3,30,1}$$

$$2 \le x_{4,1,1} + x_{4,2,1} + x_{4,8,1} + x_{4,9,1} + x_{4,15,1} + x_{4,16,1} + x_{4,22,1} + x_{4,23,1} + x_{4,29,1} + x_{4,30,1}$$

$$2 \le x_{5,1,1} + x_{5,2,1} + x_{5,8,1} + x_{5,9,1} + x_{5,15,1} + x_{5,16,1} + x_{5,22,1} + x_{5,23,1} + x_{5,29,1} + x_{5,30,1}$$

$$2 \le x_{6,1,1} + x_{6,2,1} + x_{6,8,1} + x_{6,9,1} + x_{6,15,1} + x_{6,16,1} + x_{6,22,1} + x_{6,23,1} + x_{6,29,1} + x_{6,30,1}$$

$$2 \le x_{7,1,1} + x_{7,2,1} + x_{7,8,1} + x_{7,9,1} + x_{7,15,1} + x_{7,16,1} + x_{7,22,1} + x_{7,23,1} + x_{7,29,1} + x_{7,30,1}$$

$$2 \le x_{8,1,1} + x_{8,2,1} + x_{8,8,1} + x_{8,9,1} + x_{8,15,1} + x_{8,16,1} + x_{8,22,1} + x_{8,23,1} + x_{8,29,1} + x_{8,30,1}$$

$$2 \le x_{9,1,1} + x_{9,2,1} + x_{9,8,1} + x_{9,9,1} + x_{9,15,1} + x_{9,16,1} + x_{9,22,1} + x_{9,23,1} + x_{9,29,1} + x_{9,30,1}$$

$$2 \le x_{10,1,1} + x_{10,2,1} + x_{10,8,1} + x_{10,9,1} + x_{10,15,1} + x_{10,16,1} + x_{10,22,1} + x_{10,23,1} + x_{10,29,1} + x_{10,30,1}$$

$$2 \le x_{11,1,1} + x_{11,2,1} + x_{11,8,1} + x_{11,9,1} + x_{11,15,1} + x_{11,16,1} + x_{11,22,1} + x_{11,23,1} + x_{11,29,1} + x_{11,30,1}$$

$$2 \le x_{12,1,1} + x_{12,2,1} + x_{12,8,1} + x_{12,9,1} + x_{12,15,1} + x_{12,16,1} + x_{12,22,1} + x_{12,23,1} + x_{12,29,1} + x_{12,30,1}$$

$$2 \le x_{13,1,1} + x_{13,2,1} + x_{13,8,1} + x_{13,9,1} + x_{13,15,1} + x_{13,16,1} + x_{13,22,1} + x_{13,23,1} + x_{13,29,1} + x_{13,30,1}$$

$$2 \le x_{14,1,1} + x_{14,2,1} + x_{14,8,1} + x_{14,9,1} + x_{14,15,1} + x_{14,16,1} + x_{14,22,1} + x_{14,23,1} + x_{14,29,1} + x_{14,30,1}$$

$$2 \le x_{15,1,1} + x_{15,2,1} + x_{15,8,1} + x_{15,9,1} + x_{15,15,1} + x_{15,16,1} + x_{15,22,1} + x_{15,23,1} + x_{15,29,1} + x_{15,30,1}$$

$$2 \le x_{16,1,1} + x_{16,2,1} + x_{16,8,1} + x_{16,9,1} + x_{16,15,1} + x_{16,16,1} + x_{16,22,1} + x_{16,23,1} + x_{16,29,1} + x_{16,30,1}$$

$$2 \le x_{17,1,1} + x_{17,2,1} + x_{17,8,1} + x_{17,9,1} + x_{17,15,1} + x_{17,16,1} + x_{17,22,1} + x_{17,23,1} + x_{17,29,1} + x_{17,30,1}$$

$$2 \le x_{18,1,1} + x_{18,2,1} + x_{18,8,1} + x_{18,9,1} + x_{18,15,1} + x_{18,16,1} + x_{18,22,1} + x_{18,23,1} + x_{18,29,1} + x_{18,30,1}$$

$$2 \le x_{19,1,1} + x_{19,2,1} + x_{19,8,1} + x_{19,9,1} + x_{19,15,1} + x_{19,16,1} + x_{19,22,1} + x_{19,23,1} + x_{19,29,1} + x_{19,30,1}$$

$$2 \le x_{20,1,1} + x_{20,2,1} + x_{20,8,1} + x_{20,9,1} + x_{20,15,1} + x_{20,16,1} + x_{20,22,1} + x_{20,23,1} + x_{20,29,1} + x_{20,30,1}$$

$$2 \le x_{1,1,2} + x_{1,2,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,22,2} + x_{1,23,2} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2}$$

$$2 \le x_{2,1,2} + x_{2,2,2} + x_{2,8,2} + x_{2,9,2} + x_{2,15,2} + x_{2,16,2} + x_{2,22,2} + x_{2,23,2} + x_{2,29,2} + x_{2,30,2}$$

$$2 \le x_{3,1,2} + x_{3,2,2} + x_{3,8,2} + x_{3,9,2} + x_{3,15,2} + x_{3,16,2} + x_{3,22,2} + x_{3,23,2} + x_{3,29,2} + x_{3,30,2}$$

$$2 \le x_{4,1,2} + x_{4,2,2} + x_{4,8,2} + x_{4,9,2} + x_{4,15,2} + x_{4,16,2} + x_{4,22,2} + x_{4,23,2} + x_{4,29,2} + x_{4,30,2}$$

$$2 \le x_{5,1,2} + x_{5,2,2} + x_{5,8,2} + x_{5,9,2} + x_{5,15,2} + x_{5,16,2} + x_{5,22,2} + x_{5,23,2} + x_{5,29,2} + x_{5,30,2}$$

$$2 \le x_{6,1,2} + x_{6,2,2} + x_{6,8,2} + x_{6,9,2} + x_{6,15,2} + x_{6,16,2} + x_{6,22,2} + x_{6,23,2} + x_{6,29,2} + x_{6,30,2}$$

$$2 \le x_{7,1,2} + x_{7,2,2} + x_{7,8,2} + x_{7,9,2} + x_{7,15,2} + x_{7,16,2} + x_{7,22,2} + x_{7,23,2} + x_{7,29,2} + x_{7,30,2}$$

$$2 \le x_{8,1,2} + x_{8,2,2} + x_{8,8,2} + x_{8,9,2} + x_{8,15,2} + x_{8,16,2} + x_{8,22,2} + x_{8,23,2} + x_{8,29,2} + x_{8,30,2}$$

$$2 \le x_{9,1,2} + x_{9,2,2} + x_{9,8,2} + x_{9,9,2} + x_{9,15,2} + x_{9,16,2} + x_{9,22,2} + x_{9,23,2} + x_{9,29,2} + x_{9,30,2}$$

$$2 \le x_{10,1,2} + x_{10,2,2} + x_{10,8,2} + x_{10,9,2} + x_{10,15,2} + x_{10,16,2} + x_{10,22,2} + x_{10,23,2} + x_{10,29,2} + x_{10,30,2}$$

$$2 \le x_{11,1,2} + x_{11,2,2} + x_{11,8,2} + x_{11,9,2} + x_{11,15,2} + x_{11,16,2} + x_{11,22,2} + x_{11,23,2} + x_{11,29,2} + x_{11,30,2}$$

$$2 \le x_{12,1,2} + x_{12,2,2} + x_{12,8,2} + x_{12,9,2} + x_{12,15,2} + x_{12,16,2} + x_{12,22,2} + x_{12,23,2} + x_{12,29,2} + x_{12,30,2}$$

$$2 \le x_{13,1,2} + x_{13,2,2} + x_{13,8,2} + x_{13,9,2} + x_{13,15,2} + x_{13,16,2} + x_{13,22,2} + x_{13,23,2} + x_{13,29,2} + x_{13,30,2}$$

$$2 \le x_{14,1,2} + x_{14,2,2} + x_{14,8,2} + x_{14,9,2} + x_{14,15,2} + x_{14,16,2} + x_{14,22,2} + x_{14,23,2} + x_{14,29,2} + x_{14,30,2}$$

$$2 \le x_{15,1,2} + x_{15,2,2} + x_{15,8,2} + x_{15,9,2} + x_{15,15,2} + x_{15,16,2} + x_{15,22,2} + x_{15,23,2} + x_{15,29,2} + x_{15,30,2}$$

$$2 \le x_{16,1,2} + x_{16,2,2} + x_{16,8,2} + x_{16,9,2} + x_{16,15,2} + x_{16,16,2} + x_{16,22,2} + x_{16,23,2} + x_{16,29,2} + x_{16,30,2}$$

$$2 \le x_{17,1,2} + x_{17,2,2} + x_{17,8,2} + x_{17,9,2} + x_{17,15,2} + x_{17,16,2} + x_{17,22,2} + x_{17,23,2} + x_{17,29,2} + x_{17,30,2}$$

$$2 \le x_{18,1,2} + x_{18,2,2} + x_{18,8,2} + x_{18,9,2} + x_{18,15,2} + x_{18,16,2} + x_{18,22,2} + x_{18,23,2} + x_{18,29,2} + x_{18,30,2}$$

$$2 \le x_{19,1,2} + x_{19,2,2} + x_{19,8,2} + x_{19,9,2} + x_{19,15,2} + x_{19,16,2} + x_{19,22,2} + x_{19,23,2} + x_{19,29,2} + x_{19,30,2}$$

$$2 \le x_{20,1,2} + x_{20,2,2} + x_{20,8,2} + x_{20,9,2} + x_{20,15,2} + x_{20,16,2} + x_{20,22,2} + x_{20,23,2} + x_{20,29,2} + x_{20,30,2}$$

$$\sum_j x_{i,j,k} \ge 4\,, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hi}, \qquad \forall k \in K$$

$$4 \le x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} + x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,17,1} + x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} + x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1}$$

$$4 \le x_{2,3,1} + x_{2,4,1} + x_{2,5,1} + x_{2,6,1} + x_{2,7,1} + x_{2,10,1} + x_{2,11,1} + x_{2,12,1} + x_{2,13,1} + x_{2,14,1} + x_{2,17,1} + x_{2,18,1} + x_{2,19,1} + x_{2,20,1} + x_{2,21,1} + x_{2,24,1} + x_{2,25,1} + x_{2,26,1} + x_{2,27,1} + x_{2,28,1}$$

$$4 \le x_{3,3,1} + x_{3,4,1} + x_{3,5,1} + x_{3,6,1} + x_{3,7,1} + x_{3,10,1} + x_{3,11,1} + x_{3,12,1} + x_{3,13,1} + x_{3,14,1} + x_{3,17,1} + x_{3,18,1} + x_{3,19,1} + x_{3,20,1} + x_{3,21,1} + x_{3,24,1} + x_{3,25,1} + x_{3,26,1} + x_{3,27,1} + x_{3,28,1}$$

$$4 \le x_{4,3,1} + x_{4,4,1} + x_{4,5,1} + x_{4,6,1} + x_{4,7,1} + x_{4,10,1} + x_{4,11,1} + x_{4,12,1} + x_{4,13,1} + x_{4,14,1} + x_{4,17,1} + x_{4,18,1} + x_{4,19,1} + x_{4,20,1} + x_{4,21,1} + x_{4,24,1} + x_{4,25,1} + x_{4,26,1} + x_{4,27,1} + x_{4,28,1}$$

$$4 \le x_{5,3,1} + x_{5,4,1} + x_{5,5,1} + x_{5,6,1} + x_{5,7,1} + x_{5,10,1} + x_{5,11,1} + x_{5,12,1} + x_{5,13,1} + x_{5,14,1} + x_{5,17,1} + x_{5,18,1} + x_{5,19,1} + x_{5,20,1} + x_{5,21,1} + x_{5,24,1} + x_{5,25,1} + x_{5,26,1} + x_{5,27,1} + x_{5,28,1}$$

$$4 \le x_{6,3,1} + x_{6,4,1} + x_{6,5,1} + x_{6,6,1} + x_{6,7,1} + x_{6,10,1} + x_{6,11,1} + x_{6,12,1} + x_{6,13,1} + x_{6,14,1} + x_{6,17,1} + x_{6,18,1} + x_{6,19,1} + x_{6,20,1} + x_{6,21,1} + x_{6,24,1} + x_{6,25,1} + x_{6,26,1} + x_{6,27,1} + x_{6,28,1}$$

$$4 \le x_{7,3,1} + x_{7,4,1} + x_{7,5,1} + x_{7,6,1} + x_{7,7,1} + x_{7,10,1} + x_{7,11,1} + x_{7,12,1} + x_{7,13,1} + x_{7,14,1} + x_{7,17,1} + x_{7,18,1} + x_{7,19,1} + x_{7,20,1} + x_{7,21,1} + x_{7,24,1} + x_{7,25,1} + x_{7,26,1} + x_{7,27,1} + x_{7,28,1}$$

$$4 \le x_{8,3,1} + x_{8,4,1} + x_{8,5,1} + x_{8,6,1} + x_{8,7,1} + x_{8,10,1} + x_{8,11,1} + x_{8,12,1} + x_{8,13,1} + x_{8,14,1} + x_{8,17,1} + x_{8,18,1} + x_{8,19,1} + x_{8,20,1} + x_{8,21,1} + x_{8,24,1} + x_{8,25,1} + x_{8,26,1} + x_{8,27,1} + x_{8,28,1}$$

$$4 \le x_{9,3,1} + x_{9,4,1} + x_{9,5,1} + x_{9,6,1} + x_{9,7,1} + x_{9,10,1} + x_{9,11,1} + x_{9,12,1} + x_{9,13,1} + x_{9,14,1} + x_{9,17,1} + x_{9,18,1} + x_{9,19,1} + x_{9,20,1} + x_{9,21,1} + x_{9,24,1} + x_{9,25,1} + x_{9,26,1} + x_{9,27,1} + x_{9,28,1}$$

$$4 \le x_{10,3,1} + x_{10,4,1} + x_{10,5,1} + x_{10,6,1} + x_{10,7,1} + x_{10,10,1} + x_{10,11,1} + x_{10,12,1} + x_{10,13,1} + x_{10,14,1} + x_{10,17,1} + x_{10,18,1} + x_{10,19,1} + x_{10,20,1} + x_{10,21,1} + x_{10,24,1} + x_{10,25,1} + x_{10,26,1} + x_{10,27,1} + x_{10,28,1}$$

$$4 \le x_{11,3,1} + x_{11,4,1} + x_{11,5,1} + x_{11,6,1} + x_{11,7,1} + x_{11,10,1} + x_{11,11,1} + x_{11,12,1} + x_{11,13,1} + x_{11,14,1} + x_{11,17,1} + x_{11,18,1} + x_{11,19,1} + x_{11,20,1} + x_{11,21,1} + x_{11,24,1} + x_{11,25,1} + x_{11,26,1} + x_{11,27,1} + x_{11,28,1}$$

$$4 \le x_{12,3,1} + x_{12,4,1} + x_{12,5,1} + x_{12,6,1} + x_{12,7,1} + x_{12,10,1} + x_{12,11,1} + x_{12,12,1} + x_{12,13,1} + x_{12,14,1} + x_{12,17,1} + x_{12,18,1} + x_{12,19,1} + x_{12,20,1} + x_{12,21,1} + x_{12,24,1} + x_{12,25,1} + x_{12,26,1} + x_{12,27,1} + x_{12,28,1}$$

$$4 \le x_{13,3,1} + x_{13,4,1} + x_{13,5,1} + x_{13,6,1} + x_{13,7,1} + x_{13,10,1} + x_{13,11,1} + x_{13,12,1} + x_{13,13,1} + x_{13,14,1} + x_{13,17,1} + x_{13,18,1} + x_{13,19,1} + x_{13,20,1} + x_{13,21,1} + x_{13,24,1} + x_{13,25,1} + x_{13,26,1} + x_{13,27,1} + x_{13,28,1}$$

$$4 \le x_{14,3,1} + x_{14,4,1} + x_{14,5,1} + x_{14,6,1} + x_{14,7,1} + x_{14,10,1} + x_{14,11,1} + x_{14,12,1} + x_{14,13,1} + x_{14,14,1} + x_{14,17,1} + x_{14,18,1} + x_{14,19,1} + x_{14,20,1} + x_{14,21,1} + x_{14,24,1} + x_{14,25,1} + x_{14,26,1} + x_{14,27,1} + x_{14,28,1}$$

$$4 \le x_{15,3,1} + x_{15,4,1} + x_{15,5,1} + x_{15,6,1} + x_{15,7,1} + x_{15,10,1} + x_{15,11,1} + x_{15,12,1} + x_{15,13,1} + x_{15,14,1} + x_{15,17,1} + x_{15,18,1} + x_{15,19,1} + x_{15,20,1} + x_{15,21,1} + x_{15,24,1} + x_{15,25,1} + x_{15,26,1} + x_{15,27,1} + x_{15,28,1}$$

$$4 \le x_{16,3,1} + x_{16,4,1} + x_{16,5,1} + x_{16,6,1} + x_{16,7,1} + x_{16,10,1} + x_{16,11,1} + x_{16,12,1} + x_{16,13,1} + x_{16,14,1} + x_{16,17,1} + x_{16,18,1} + x_{16,19,1} + x_{16,20,1} + x_{16,21,1} + x_{16,24,1} + x_{16,25,1} + x_{16,26,1} + x_{16,27,1} + x_{16,28,1}$$

$$4 \le x_{17,3,1} + x_{17,4,1} + x_{17,5,1} + x_{17,6,1} + x_{17,7,1} + x_{17,10,1} + x_{17,11,1} + x_{17,12,1} + x_{17,13,1} + x_{17,14,1} + x_{17,17,1} + x_{17,18,1} + x_{17,19,1} + x_{17,20,1} + x_{17,21,1} + x_{17,24,1} + x_{17,25,1} + x_{17,26,1} + x_{17,27,1} + x_{17,28,1}$$

$$4 \le x_{18,3,1} + x_{18,4,1} + x_{18,5,1} + x_{18,6,1} + x_{18,7,1} + x_{18,10,1} + x_{18,11,1} + x_{18,12,1} + x_{18,13,1} + x_{18,14,1} + x_{18,17,1} + x_{18,18,1} + x_{18,19,1} + x_{18,20,1} + x_{18,21,1} + x_{18,24,1} + x_{18,25,1} + x_{18,26,1} + x_{18,27,1} + x_{18,28,1}$$

$$4 \le x_{19,3,1} + x_{19,4,1} + x_{19,5,1} + x_{19,6,1} + x_{19,7,1} + x_{19,10,1} + x_{19,11,1} + x_{19,12,1} + x_{19,13,1} + x_{19,14,1} + x_{19,17,1} + x_{19,18,1} + x_{19,19,1} + x_{19,20,1} + x_{19,21,1} + x_{19,24,1} + x_{19,25,1} + x_{19,26,1} + x_{19,27,1} + x_{19,28,1}$$

$$4 \le x_{20,3,1} + x_{20,4,1} + x_{20,5,1} + x_{20,6,1} + x_{20,7,1} + x_{20,10,1} + x_{20,11,1} + x_{20,12,1} + x_{20,13,1} + x_{20,14,1} + x_{20,17,1} + x_{20,18,1} + x_{20,19,1} + x_{20,20,1} + x_{20,21,1} + x_{20,24,1} + x_{20,25,1} + x_{20,26,1} + x_{20,27,1} + x_{20,28,1}$$

$$4 \leq x_{1,3,2} + x_{1,4,2} + x_{1,5,2} + x_{1,6,2} + x_{1,7,2} + x_{1,10,2} + x_{1,11,2} + x_{1,12,2} + x_{1,13,2} + x_{1,14,2} + x_{1,17,2} + x_{1,18,2} + x_{1,19,2} + x_{1,20,2} + x_{1,21,2} + x_{1,24,2} + x_{1,25,2} + x_{1,26,2} + x_{1,27,2} + x_{1,28,2}$$

$$4 \leq x_{2,3,2} + x_{2,4,2} + x_{2,5,2} + x_{2,6,2} + x_{2,7,2} + x_{2,10,2} + x_{2,11,2} + x_{2,12,2} + x_{2,13,2} + x_{2,14,2} + x_{2,17,2} + x_{2,18,2} + x_{2,19,2} + x_{2,20,2} + x_{2,21,2} + x_{2,24,2} + x_{2,25,2} + x_{2,26,2} + x_{2,27,2} + x_{2,28,2}$$

$$4 \leq x_{3,3,2} + x_{3,4,2} + x_{3,5,2} + x_{3,6,2} + x_{3,7,2} + x_{3,10,2} + x_{3,11,2} + x_{3,12,2} + x_{3,13,2} + x_{3,14,2} + x_{3,17,2} + x_{3,18,2} + x_{3,19,2} + x_{3,20,2} + x_{3,21,2} + x_{3,24,2} + x_{3,25,2} + x_{3,26,2} + x_{3,27,2} + x_{3,28,2}$$

$$4 \leq x_{4,3,2} + x_{4,4,2} + x_{4,5,2} + x_{4,6,2} + x_{4,7,2} + x_{4,10,2} + x_{4,11,2} + x_{4,12,2} + x_{4,13,2} + x_{4,14,2} + x_{4,17,2} + x_{4,18,2} + x_{4,19,2} + x_{4,20,2} + x_{4,21,2} + x_{4,24,2} + x_{4,25,2} + x_{4,26,2} + x_{4,27,2} + x_{4,28,2}$$

$$4 \leq x_{5,3,2} + x_{5,4,2} + x_{5,5,2} + x_{5,6,2} + x_{5,7,2} + x_{5,10,2} + x_{5,11,2} + x_{5,12,2} + x_{5,13,2} + x_{5,14,2} + x_{5,17,2} + x_{5,18,2} + x_{5,19,2} + x_{5,20,2} + x_{5,21,2} + x_{5,24,2} + x_{5,25,2} + x_{5,26,2} + x_{5,27,2} + x_{5,28,2}$$

$$4 \leq x_{6,3,2} + x_{6,4,2} + x_{6,5,2} + x_{6,6,2} + x_{6,7,2} + x_{6,10,2} + x_{6,11,2} + x_{6,12,2} + x_{6,13,2} + x_{6,14,2} + x_{6,17,2} + x_{6,18,2} + x_{6,19,2} + x_{6,20,2} + x_{6,21,2} + x_{6,24,2} + x_{6,25,2} + x_{6,26,2} + x_{6,27,2} + x_{6,28,2}$$

$$4 \leq x_{7,3,2} + x_{7,4,2} + x_{7,5,2} + x_{7,6,2} + x_{7,7,2} + x_{7,10,2} + x_{7,11,2} + x_{7,12,2} + x_{7,13,2} + x_{7,14,2} + x_{7,17,2} + x_{7,18,2} + x_{7,19,2} + x_{7,20,2} + x_{7,21,2} + x_{7,24,2} + x_{7,25,2} + x_{7,26,2} + x_{7,27,2} + x_{7,28,2}$$

$$4 \leq x_{8,3,2} + x_{8,4,2} + x_{8,5,2} + x_{8,6,2} + x_{8,7,2} + x_{8,10,2} + x_{8,11,2} + x_{8,12,2} + x_{8,13,2} + x_{8,14,2} + x_{8,17,2} + x_{8,18,2} + x_{8,19,2} + x_{8,20,2} + x_{8,21,2} + x_{8,24,2} + x_{8,25,2} + x_{8,26,2} + x_{8,27,2} + x_{8,28,2}$$

$$4 \leq x_{9,3,2} + x_{9,4,2} + x_{9,5,2} + x_{9,6,2} + x_{9,7,2} + x_{9,10,2} + x_{9,11,2} + x_{9,12,2} + x_{9,13,2} + x_{9,14,2} + x_{9,17,2} + x_{9,18,2} + x_{9,19,2} + x_{9,20,2} + x_{9,21,2} + x_{9,24,2} + x_{9,25,2} + x_{9,26,2} + x_{9,27,2} + x_{9,28,2}$$

$$4 \leq x_{10,3,2} + x_{10,4,2} + x_{10,5,2} + x_{10,6,2} + x_{10,7,2} + x_{10,10,2} + x_{10,11,2} + x_{10,12,2} + x_{10,13,2} + x_{10,14,2} + x_{10,17,2} + x_{10,18,2} + x_{10,19,2} + x_{10,20,2} + x_{10,21,2} + x_{10,24,2} + x_{10,25,2} + x_{10,26,2} + x_{10,27,2} + x_{10,28,2}$$

$$4 \leq x_{11,3,2} + x_{11,4,2} + x_{11,5,2} + x_{11,6,2} + x_{11,7,2} + x_{11,10,2} + x_{11,11,2} + x_{11,12,2} + x_{11,13,2} + x_{11,14,2} + x_{11,17,2} + x_{11,18,2} + x_{11,19,2} + x_{11,20,2} + x_{11,21,2} + x_{11,24,2} + x_{11,25,2} + x_{11,26,2} + x_{11,27,2} + x_{11,28,2}$$

$$4 \leq x_{12,3,2} + x_{12,4,2} + x_{12,5,2} + x_{12,6,2} + x_{12,7,2} + x_{12,10,2} + x_{12,11,2} + x_{12,12,2} + x_{12,13,2} + x_{12,14,2} + x_{12,17,2} + x_{12,18,2} + x_{12,19,2} + x_{12,20,2} + x_{12,21,2} + x_{12,24,2} + x_{12,25,2} + x_{12,26,2} + x_{12,27,2} + x_{12,28,2}$$

$$4 \leq x_{13,3,2} + x_{13,4,2} + x_{13,5,2} + x_{13,6,2} + x_{13,7,2} + x_{13,10,2} + x_{13,11,2} + x_{13,12,2} + x_{13,13,2} + x_{13,14,2} + x_{13,17,2} + x_{13,18,2} + x_{13,19,2} + x_{13,20,2} + x_{13,21,2} + x_{13,24,2} + x_{13,25,2} + x_{13,26,2} + x_{13,27,2} + x_{13,28,2}$$

$$4 \leq x_{14,3,2} + x_{14,4,2} + x_{14,5,2} + x_{14,6,2} + x_{14,7,2} + x_{14,10,2} + x_{14,11,2} + x_{14,12,2} + x_{14,13,2} + x_{14,14,2} + x_{14,17,2} + x_{14,18,2} + x_{14,19,2} + x_{14,20,2} + x_{14,21,2} + x_{14,24,2} + x_{14,25,2} + x_{14,26,2} + x_{14,27,2} + x_{14,28,2}$$

$$4 \leq x_{15,3,2} + x_{15,4,2} + x_{15,5,2} + x_{15,6,2} + x_{15,7,2} + x_{15,10,2} + x_{15,11,2} + x_{15,12,2} + x_{15,13,2} + x_{15,14,2} + x_{15,17,2} + x_{15,18,2} + x_{15,19,2} + x_{15,20,2} + x_{15,21,2} + x_{15,24,2} + x_{15,25,2} + x_{15,26,2} + x_{15,27,2} + x_{15,28,2}$$

$$4 \leq x_{16,3,2} + x_{16,4,2} + x_{16,5,2} + x_{16,6,2} + x_{16,7,2} + x_{16,10,2} + x_{16,11,2} + x_{16,12,2} + x_{16,13,2} + x_{16,14,2} + x_{16,17,2} + x_{16,18,2} + x_{16,19,2} + x_{16,20,2} + x_{16,21,2} + x_{16,24,2} + x_{16,25,2} + x_{16,26,2} + x_{16,27,2} + x_{16,28,2}$$

$$4 \leq x_{17,3,2} + x_{17,4,2} + x_{17,5,2} + x_{17,6,2} + x_{17,7,2} + x_{17,10,2} + x_{17,11,2} + x_{17,12,2} + x_{17,13,2} + x_{17,14,2} + x_{17,17,2} + x_{17,18,2} + x_{17,19,2} + x_{17,20,2} + x_{17,21,2} + x_{17,24,2} + x_{17,25,2} + x_{17,26,2} + x_{17,27,2} + x_{17,28,2}$$

$$4 \leq x_{18,3,2} + x_{18,4,2} + x_{18,5,2} + x_{18,6,2} + x_{18,7,2} + x_{18,10,2} + x_{18,11,2} + x_{18,12,2} + x_{18,13,2} + x_{18,14,2} + x_{18,17,2} + x_{18,18,2} + x_{18,19,2} + x_{18,20,2} + x_{18,21,2} + x_{18,24,2} + x_{18,25,2} + x_{18,26,2} + x_{18,27,2} + x_{18,28,2}$$

$$4 \leq x_{19,3,2} + x_{19,4,2} + x_{19,5,2} + x_{19,6,2} + x_{19,7,2} + x_{19,10,2} + x_{19,11,2} + x_{19,12,2} + x_{19,13,2} + x_{19,14,2} + x_{19,17,2} + x_{19,18,2} + x_{19,19,2} + x_{19,20,2} + x_{19,21,2} + x_{19,24,2} + x_{19,25,2} + x_{19,26,2} + x_{19,27,2} + x_{19,28,2}$$

$$4 \leq x_{20,3,2} + x_{20,4,2} + x_{20,5,2} + x_{20,6,2} + x_{20,7,2} + x_{20,10,2} + x_{20,11,2} + x_{20,12,2} + x_{20,13,2} + x_{20,14,2} + x_{20,17,2} + x_{20,18,2} + x_{20,19,2} + x_{20,20,2} + x_{20,21,2} + x_{20,24,2} + x_{20,25,2} + x_{20,26,2} + x_{20,27,2} + x_{20,28,2}$$

$$x_{i,j,1} + 2x_{i,j,2} + x_{i,(j+),1} + x_{i,(j+1),2} \leq 2, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J^*$$

$$x_{1,1,1} + 2x_{1,1,2} + x_{1,2,1} + x_{1,2,2} \leq 2$$
$$x_{1,2,1} + 2x_{1,2,2} + x_{1,3,1} + x_{1,3,2} \leq 2$$
$$x_{1,3,1} + 2x_{1,3,2} + x_{1,4,1} + x_{1,4,2} \leq 2$$
$$x_{1,4,1} + 2x_{1,4,2} + x_{1,5,1} + x_{1,5,2} \leq 2$$
$$x_{1,5,1} + 2x_{1,5,2} + x_{1,6,1} + x_{1,6,2} \leq 2$$
$$x_{1,6,1} + 2x_{1,6,2} + x_{1,7,1} + x_{1,7,2} \leq 2$$
$$x_{1,7,1} + 2x_{1,7,2} + x_{1,8,1} + x_{1,8,2} \leq 2$$

$x_{1,8,1} + 2x_{1,8,2} + x_{1,9,1} + x_{1,9,2} \leq 2$
$x_{1,9,1} + 2x_{1,9,2} + x_{1,10,1} + x_{1,10,2} \leq 2$
$x_{1,10,1} + 2x_{1,10,2} + x_{1,11,1} + x_{1,11,2} \leq 2$
$x_{1,11,1} + 2x_{1,11,2} + x_{1,12,1} + x_{1,12,2} \leq 2$
$x_{1,12,1} + 2x_{1,12,2} + x_{1,13,1} + x_{1,13,2} \leq 2$
$x_{1,13,1} + 2x_{1,13,2} + x_{1,14,1} + x_{1,14,2} \leq 2$
$x_{1,14,1} + 2x_{1,14,2} + x_{1,15,1} + x_{1,15,2} \leq 2$
$x_{1,15,1} + 2x_{1,15,2} + x_{1,16,1} + x_{1,16,2} \leq 2$
$x_{1,16,1} + 2x_{1,16,2} + x_{1,17,1} + x_{1,17,2} \leq 2$
$x_{1,17,1} + 2x_{1,17,2} + x_{1,18,1} + x_{1,18,2} \leq 2$
$x_{1,18,1} + 2x_{1,18,2} + x_{1,19,1} + x_{1,19,2} \leq 2$
$x_{1,19,1} + 2x_{1,19,2} + x_{1,20,1} + x_{1,20,2} \leq 2$
$x_{1,20,1} + 2x_{1,20,2} + x_{1,21,1} + x_{1,21,2} \leq 2$
$x_{1,21,1} + 2x_{1,21,2} + x_{1,22,1} + x_{1,22,2} \leq 2$
$x_{1,22,1} + 2x_{1,22,2} + x_{1,23,1} + x_{1,23,2} \leq 2$
$x_{1,23,1} + 2x_{1,23,2} + x_{1,24,1} + x_{1,24,2} \leq 2$
$x_{1,24,1} + 2x_{1,24,2} + x_{1,25,1} + x_{1,25,2} \leq 2$
$x_{1,25,1} + 2x_{1,25,2} + x_{1,26,1} + x_{1,26,2} \leq 2$
$x_{1,26,1} + 2x_{1,26,2} + x_{1,27,1} + x_{1,27,2} \leq 2$
$x_{1,27,1} + 2x_{1,27,2} + x_{1,28,1} + x_{1,28,2} \leq 2$
$x_{1,28,1} + 2x_{1,28,2} + x_{1,29,1} + x_{1,29,2} \leq 2$
$x_{1,29,1} + 2x_{1,29,2} + x_{1,30,1} + x_{1,30,2} \leq 2$
$x_{2,1,1} + 2x_{2,1,2} + x_{2,2,1} + x_{2,2,2} \leq 2$
$x_{2,2,1} + 2x_{2,2,2} + x_{2,3,1} + x_{2,3,2} \leq 2$
$x_{2,3,1} + 2x_{2,3,2} + x_{2,4,1} + x_{2,4,2} \leq 2$
$x_{2,4,1} + 2x_{2,4,2} + x_{2,5,1} + x_{2,5,2} \leq 2$
$x_{2,5,1} + 2x_{2,5,2} + x_{2,6,1} + x_{2,6,2} \leq 2$
$x_{2,6,1} + 2x_{2,6,2} + x_{2,7,1} + x_{2,7,2} \leq 2$
$x_{2,7,1} + 2x_{2,7,2} + x_{2,8,1} + x_{2,8,2} \leq 2$
$x_{2,8,1} + 2x_{2,8,2} + x_{2,9,1} + x_{2,9,2} \leq 2$
$x_{2,9,1} + 2x_{2,9,2} + x_{2,10,1} + x_{2,10,2} \leq 2$
$x_{2,10,1} + 2x_{2,10,2} + x_{2,11,1} + x_{2,11,2} \leq 2$
$x_{2,11,1} + 2x_{2,11,2} + x_{2,12,1} + x_{2,12,2} \leq 2$
$x_{2,12,1} + 2x_{2,12,2} + x_{2,13,1} + x_{2,13,2} \leq 2$
$x_{2,13,1} + 2x_{2,13,2} + x_{2,14,1} + x_{2,14,2} \leq 2$
$x_{2,14,1} + 2x_{2,14,2} + x_{2,15,1} + x_{2,15,2} \leq 2$
$x_{2,15,1} + 2x_{2,15,2} + x_{2,16,1} + x_{2,16,2} \leq 2$
$x_{2,16,1} + 2x_{2,16,2} + x_{2,17,1} + x_{2,17,2} \leq 2$
$x_{2,17,1} + 2x_{2,17,2} + x_{2,18,1} + x_{2,18,2} \leq 2$
$x_{2,18,1} + 2x_{2,18,2} + x_{2,19,1} + x_{2,19,2} \leq 2$
$x_{2,19,1} + 2x_{2,19,2} + x_{2,20,1} + x_{2,20,2} \leq 2$
$x_{2,20,1} + 2x_{2,20,2} + x_{2,21,1} + x_{2,21,2} \leq 2$
$x_{2,21,1} + 2x_{2,21,2} + x_{2,22,1} + x_{2,22,2} \leq 2$
$x_{2,22,1} + 2x_{2,22,2} + x_{2,23,1} + x_{2,23,2} \leq 2$
$x_{2,23,1} + 2x_{2,23,2} + x_{2,24,1} + x_{2,24,2} \leq 2$
$x_{2,24,1} + 2x_{2,24,2} + x_{2,25,1} + x_{2,25,2} \leq 2$
$x_{2,25,1} + 2x_{2,25,2} + x_{2,26,1} + x_{2,26,2} \leq 2$
$x_{2,26,1} + 2x_{2,26,2} + x_{2,27,1} + x_{2,27,2} \leq 2$
$x_{2,27,1} + 2x_{2,27,2} + x_{2,28,1} + x_{2,28,2} \leq 2$
$x_{2,28,1} + 2x_{2,28,2} + x_{2,29,1} + x_{2,29,2} \leq 2$
$x_{2,29,1} + 2x_{2,29,2} + x_{2,30,1} + x_{2,30,2} \leq 2$
$x_{3,1,1} + 2x_{3,1,2} + x_{3,2,1} + x_{3,2,2} \leq 2$
$x_{3,2,1} + 2x_{3,2,2} + x_{3,3,1} + x_{3,3,2} \leq 2$
$x_{3,3,1} + 2x_{3,3,2} + x_{3,4,1} + x_{3,4,2} \leq 2$
$x_{3,4,1} + 2x_{3,4,2} + x_{3,5,1} + x_{3,5,2} \leq 2$
$x_{3,5,1} + 2x_{3,5,2} + x_{3,6,1} + x_{3,6,2} \leq 2$
$x_{3,6,1} + 2x_{3,6,2} + x_{3,7,1} + x_{3,7,2} \leq 2$
$x_{3,7,1} + 2x_{3,7,2} + x_{3,8,1} + x_{3,8,2} \leq 2$
$x_{3,8,1} + 2x_{3,8,2} + x_{3,9,1} + x_{3,9,2} \leq 2$
$x_{3,9,1} + 2x_{3,9,2} + x_{3,10,1} + x_{3,10,2} \leq 2$
$x_{3,10,1} + 2x_{3,10,2} + x_{3,11,1} + x_{3,11,2} \leq 2$
$x_{3,11,1} + 2x_{3,11,2} + x_{3,12,1} + x_{3,12,2} \leq 2$
$x_{3,12,1} + 2x_{3,12,2} + x_{3,13,1} + x_{3,13,2} \leq 2$
$x_{3,13,1} + 2x_{3,13,2} + x_{3,14,1} + x_{3,14,2} \leq 2$
$x_{3,14,1} + 2x_{3,14,2} + x_{3,15,1} + x_{3,15,2} \leq 2$
$x_{3,15,1} + 2x_{3,15,2} + x_{3,16,1} + x_{3,16,2} \leq 2$
$x_{3,16,1} + 2x_{3,16,2} + x_{3,17,1} + x_{3,17,2} \leq 2$
$x_{3,17,1} + 2x_{3,17,2} + x_{3,18,1} + x_{3,18,2} \leq 2$
$x_{3,18,1} + 2x_{3,18,2} + x_{3,19,1} + x_{3,19,2} \leq 2$
$x_{3,19,1} + 2x_{3,19,2} + x_{3,20,1} + x_{3,20,2} \leq 2$
$x_{3,20,1} + 2x_{3,20,2} + x_{3,21,1} + x_{3,21,2} \leq 2$
$x_{3,21,1} + 2x_{3,21,2} + x_{3,22,1} + x_{3,22,2} \leq 2$
$x_{3,22,1} + 2x_{3,22,2} + x_{3,23,1} + x_{3,23,2} \leq 2$
$x_{3,23,1} + 2x_{3,23,2} + x_{3,24,1} + x_{3,24,2} \leq 2$
$x_{3,24,1} + 2x_{3,24,2} + x_{3,25,1} + x_{3,25,2} \leq 2$
$x_{3,25,1} + 2x_{3,25,2} + x_{3,26,1} + x_{3,26,2} \leq 2$
$x_{3,26,1} + 2x_{3,26,2} + x_{3,27,1} + x_{3,27,2} \leq 2$
$x_{3,27,1} + 2x_{3,27,2} + x_{3,28,1} + x_{3,28,2} \leq 2$
$x_{3,28,1} + 2x_{3,28,2} + x_{3,29,1} + x_{3,29,2} \leq 2$
$x_{3,29,1} + 2x_{3,29,2} + x_{3,30,1} + x_{3,30,2} \leq 2$
$x_{4,1,1} + 2x_{4,1,2} + x_{4,2,1} + x_{4,2,2} \leq 2$
$x_{4,2,1} + 2x_{4,2,2} + x_{4,3,1} + x_{4,3,2} \leq 2$
$x_{4,3,1} + 2x_{4,3,2} + x_{4,4,1} + x_{4,4,2} \leq 2$
$x_{4,4,1} + 2x_{4,4,2} + x_{4,5,1} + x_{4,5,2} \leq 2$
$x_{4,5,1} + 2x_{4,5,2} + x_{4,6,1} + x_{4,6,2} \leq 2$
$x_{4,6,1} + 2x_{4,6,2} + x_{4,7,1} + x_{4,7,2} \leq 2$
$x_{4,7,1} + 2x_{4,7,2} + x_{4,8,1} + x_{4,8,2} \leq 2$
$x_{4,8,1} + 2x_{4,8,2} + x_{4,9,1} + x_{4,9,2} \leq 2$
$x_{4,9,1} + 2x_{4,9,2} + x_{4,10,1} + x_{4,10,2} \leq 2$
$x_{4,10,1} + 2x_{4,10,2} + x_{4,11,1} + x_{4,11,2} \leq 2$
$x_{4,11,1} + 2x_{4,11,2} + x_{4,12,1} + x_{4,12,2} \leq 2$
$x_{4,12,1} + 2x_{4,12,2} + x_{4,13,1} + x_{4,13,2} \leq 2$
$x_{4,13,1} + 2x_{4,13,2} + x_{4,14,1} + x_{4,14,2} \leq 2$
$x_{4,14,1} + 2x_{4,14,2} + x_{4,15,1} + x_{4,15,2} \leq 2$

$x_{4,15,1}+2x_{4,15,2}+x_{4,16,1}+x_{4,16,2}\le 2$
$x_{4,16,1}+2x_{4,16,2}+x_{4,17,1}+x_{4,17,2}\le 2$
$x_{4,17,1}+2x_{4,17,2}+x_{4,18,1}+x_{4,18,2}\le 2$
$x_{4,18,1}+2x_{4,18,2}+x_{4,19,1}+x_{4,19,2}\le 2$
$x_{4,19,1}+2x_{4,19,2}+x_{4,20,1}+x_{4,20,2}\le 2$
$x_{4,20,1}+2x_{4,20,2}+x_{4,21,1}+x_{4,21,2}\le 2$
$x_{4,21,1}+2x_{4,21,2}+x_{4,22,1}+x_{4,22,2}\le 2$
$x_{4,22,1}+2x_{4,22,2}+x_{4,23,1}+x_{4,23,2}\le 2$
$x_{4,23,1}+2x_{4,23,2}+x_{4,24,1}+x_{4,24,2}\le 2$
$x_{4,24,1}+2x_{4,24,2}+x_{4,25,1}+x_{4,25,2}\le 2$
$x_{4,25,1}+2x_{4,25,2}+x_{4,26,1}+x_{4,26,2}\le 2$
$x_{4,26,1}+2x_{4,26,2}+x_{4,27,1}+x_{4,27,2}\le 2$
$x_{4,27,1}+2x_{4,27,2}+x_{4,28,1}+x_{4,28,2}\le 2$
$x_{4,28,1}+2x_{4,28,2}+x_{4,29,1}+x_{4,29,2}\le 2$
$x_{4,29,1}+2x_{4,29,2}+x_{4,30,1}+x_{4,30,2}\le 2$
$x_{5,1,1}+2x_{5,1,2}+x_{5,2,1}+x_{5,2,2}\le 2$
$x_{5,2,1}+2x_{5,2,2}+x_{5,3,1}+x_{5,3,2}\le 2$
$x_{5,3,1}+2x_{5,3,2}+x_{5,4,1}+x_{5,4,2}\le 2$
$x_{5,4,1}+2x_{5,4,2}+x_{5,5,1}+x_{5,5,2}\le 2$
$x_{5,5,1}+2x_{5,5,2}+x_{5,6,1}+x_{5,6,2}\le 2$
$x_{5,6,1}+2x_{5,6,2}+x_{5,7,1}+x_{5,7,2}\le 2$
$x_{5,7,1}+2x_{5,7,2}+x_{5,8,1}+x_{5,8,2}\le 2$
$x_{5,8,1}+2x_{5,8,2}+x_{5,9,1}+x_{5,9,2}\le 2$
$x_{5,9,1}+2x_{5,9,2}+x_{5,10,1}+x_{5,10,2}\le 2$
$x_{5,10,1}+2x_{5,10,2}+x_{5,11,1}+x_{5,11,2}\le 2$
$x_{5,11,1}+2x_{5,11,2}+x_{5,12,1}+x_{5,12,2}\le 2$
$x_{5,12,1}+2x_{5,12,2}+x_{5,13,1}+x_{5,13,2}\le 2$
$x_{5,13,1}+2x_{5,13,2}+x_{5,14,1}+x_{5,14,2}\le 2$
$x_{5,14,1}+2x_{5,14,2}+x_{5,15,1}+x_{5,15,2}\le 2$
$x_{5,15,1}+2x_{5,15,2}+x_{5,16,1}+x_{5,16,2}\le 2$
$x_{5,16,1}+2x_{5,16,2}+x_{5,17,1}+x_{5,17,2}\le 2$
$x_{5,17,1}+2x_{5,17,2}+x_{5,18,1}+x_{5,18,2}\le 2$
$x_{5,18,1}+2x_{5,18,2}+x_{5,19,1}+x_{5,19,2}\le 2$
$x_{5,19,1}+2x_{5,19,2}+x_{5,20,1}+x_{5,20,2}\le 2$
$x_{5,20,1}+2x_{5,20,2}+x_{5,21,1}+x_{5,21,2}\le 2$
$x_{5,21,1}+2x_{5,21,2}+x_{5,22,1}+x_{5,22,2}\le 2$
$x_{5,22,1}+2x_{5,22,2}+x_{5,23,1}+x_{5,23,2}\le 2$
$x_{5,23,1}+2x_{5,23,2}+x_{5,24,1}+x_{5,24,2}\le 2$
$x_{5,24,1}+2x_{5,24,2}+x_{5,25,1}+x_{5,25,2}\le 2$
$x_{5,25,1}+2x_{5,25,2}+x_{5,26,1}+x_{5,26,2}\le 2$
$x_{5,26,1}+2x_{5,26,2}+x_{5,27,1}+x_{5,27,2}\le 2$
$x_{5,27,1}+2x_{5,27,2}+x_{5,28,1}+x_{5,28,2}\le 2$
$x_{5,28,1}+2x_{5,28,2}+x_{5,29,1}+x_{5,29,2}\le 2$
$x_{5,29,1}+2x_{5,29,2}+x_{5,30,1}+x_{5,30,2}\le 2$
$x_{6,1,1}+2x_{6,1,2}+x_{6,2,1}+x_{6,2,2}\le 2$
$x_{6,2,1}+2x_{6,2,2}+x_{6,3,1}+x_{6,3,2}\le 2$
$x_{6,3,1}+2x_{6,3,2}+x_{6,4,1}+x_{6,4,2}\le 2$
$x_{6,4,1}+2x_{6,4,2}+x_{6,5,1}+x_{6,5,2}\le 2$
$x_{6,5,1}+2x_{6,5,2}+x_{6,6,1}+x_{6,6,2}\le 2$
$x_{6,6,1}+2x_{6,6,2}+x_{6,7,1}+x_{6,7,2}\le 2$
$x_{6,7,1}+2x_{6,7,2}+x_{6,8,1}+x_{6,8,2}\le 2$
$x_{6,8,1}+2x_{6,8,2}+x_{6,9,1}+x_{6,9,2}\le 2$
$x_{6,9,1}+2x_{6,9,2}+x_{6,10,1}+x_{6,10,2}\le 2$
$x_{6,10,1}+2x_{6,10,2}+x_{6,11,1}+x_{6,11,2}\le 2$
$x_{6,11,1}+2x_{6,11,2}+x_{6,12,1}+x_{6,12,2}\le 2$
$x_{6,12,1}+2x_{6,12,2}+x_{6,13,1}+x_{6,13,2}\le 2$
$x_{6,13,1}+2x_{6,13,2}+x_{6,14,1}+x_{6,14,2}\le 2$
$x_{6,14,1}+2x_{6,14,2}+x_{6,15,1}+x_{6,15,2}\le 2$
$x_{6,15,1}+2x_{6,15,2}+x_{6,16,1}+x_{6,16,2}\le 2$
$x_{6,16,1}+2x_{6,16,2}+x_{6,17,1}+x_{6,17,2}\le 2$
$x_{6,17,1}+2x_{6,17,2}+x_{6,18,1}+x_{6,18,2}\le 2$
$x_{6,18,1}+2x_{6,18,2}+x_{6,19,1}+x_{6,19,2}\le 2$
$x_{6,19,1}+2x_{6,19,2}+x_{6,20,1}+x_{6,20,2}\le 2$
$x_{6,20,1}+2x_{6,20,2}+x_{6,21,1}+x_{6,21,2}\le 2$
$x_{6,21,1}+2x_{6,21,2}+x_{6,22,1}+x_{6,22,2}\le 2$
$x_{6,22,1}+2x_{6,22,2}+x_{6,23,1}+x_{6,23,2}\le 2$
$x_{6,23,1}+2x_{6,23,2}+x_{6,24,1}+x_{6,24,2}\le 2$
$x_{6,24,1}+2x_{6,24,2}+x_{6,25,1}+x_{6,25,2}\le 2$
$x_{6,25,1}+2x_{6,25,2}+x_{6,26,1}+x_{6,26,2}\le 2$
$x_{6,26,1}+2x_{6,26,2}+x_{6,27,1}+x_{6,27,2}\le 2$
$x_{6,27,1}+2x_{6,27,2}+x_{6,28,1}+x_{6,28,2}\le 2$
$x_{6,28,1}+2x_{6,28,2}+x_{6,29,1}+x_{6,29,2}\le 2$
$x_{6,29,1}+2x_{6,29,2}+x_{6,30,1}+x_{6,30,2}\le 2$
$x_{7,1,1}+2x_{7,1,2}+x_{7,2,1}+x_{7,2,2}\le 2$
$x_{7,2,1}+2x_{7,2,2}+x_{7,3,1}+x_{7,3,2}\le 2$
$x_{7,3,1}+2x_{7,3,2}+x_{7,4,1}+x_{7,4,2}\le 2$
$x_{7,4,1}+2x_{7,4,2}+x_{7,5,1}+x_{7,5,2}\le 2$
$x_{7,5,1}+2x_{7,5,2}+x_{7,6,1}+x_{7,6,2}\le 2$
$x_{7,6,1}+2x_{7,6,2}+x_{7,7,1}+x_{7,7,2}\le 2$
$x_{7,7,1}+2x_{7,7,2}+x_{7,8,1}+x_{7,8,2}\le 2$
$x_{7,8,1}+2x_{7,8,2}+x_{7,9,1}+x_{7,9,2}\le 2$
$x_{7,9,1}+2x_{7,9,2}+x_{7,10,1}+x_{7,10,2}\le 2$
$x_{7,10,1}+2x_{7,10,2}+x_{7,11,1}+x_{7,11,2}\le 2$
$x_{7,11,1}+2x_{7,11,2}+x_{7,12,1}+x_{7,12,2}\le 2$
$x_{7,12,1}+2x_{7,12,2}+x_{7,13,1}+x_{7,13,2}\le 2$

$x_{7,13,1} + 2x_{7,13,2} + x_{7,14,1} + x_{7,14,2} \le 2$

$x_{7,14,1} + 2x_{7,14,2} + x_{7,15,1} + x_{7,15,2} \le 2$

$x_{7,15,1} + 2x_{7,15,2} + x_{7,16,1} + x_{7,16,2} \le 2$

$x_{7,16,1} + 2x_{7,16,2} + x_{7,17,1} + x_{7,17,2} \le 2$

$x_{7,17,1} + 2x_{7,17,2} + x_{7,18,1} + x_{7,18,2} \le 2$

$x_{7,18,1} + 2x_{7,18,2} + x_{7,19,1} + x_{7,19,2} \le 2$

$x_{7,19,1} + 2x_{7,19,2} + x_{7,20,1} + x_{7,20,2} \le 2$

$x_{7,20,1} + 2x_{7,20,2} + x_{7,21,1} + x_{7,21,2} \le 2$

$x_{7,21,1} + 2x_{7,21,2} + x_{7,22,1} + x_{7,22,2} \le 2$

$x_{7,22,1} + 2x_{7,22,2} + x_{7,23,1} + x_{7,23,2} \le 2$

$x_{7,23,1} + 2x_{7,23,2} + x_{7,24,1} + x_{7,24,2} \le 2$

$x_{7,24,1} + 2x_{7,24,2} + x_{7,25,1} + x_{7,25,2} \le 2$

$x_{7,25,1} + 2x_{7,25,2} + x_{7,26,1} + x_{7,26,2} \le 2$

$x_{7,26,1} + 2x_{7,26,2} + x_{7,27,1} + x_{7,27,2} \le 2$

$x_{7,27,1} + 2x_{7,27,2} + x_{7,28,1} + x_{7,28,2} \le 2$

$x_{7,28,1} + 2x_{7,28,2} + x_{7,29,1} + x_{7,29,2} \le 2$

$x_{7,29,1} + 2x_{7,29,2} + x_{7,30,1} + x_{7,30,2} \le 2$

$x_{8,1,1} + 2x_{8,1,2} + x_{8,2,1} + x_{8,2,2} \le 2$

$x_{8,2,1} + 2x_{8,2,2} + x_{8,3,1} + x_{8,3,2} \le 2$

$x_{8,3,1} + 2x_{8,3,2} + x_{8,4,1} + x_{8,4,2} \le 2$

$x_{8,4,1} + 2x_{8,4,2} + x_{8,5,1} + x_{8,5,2} \le 2$

$x_{8,5,1} + 2x_{8,5,2} + x_{8,6,1} + x_{8,6,2} \le 2$

$x_{8,6,1} + 2x_{8,6,2} + x_{8,7,1} + x_{8,7,2} \le 2$

$x_{8,7,1} + 2x_{8,7,2} + x_{8,8,1} + x_{8,8,2} \le 2$

$x_{8,8,1} + 2x_{8,8,2} + x_{8,9,1} + x_{8,9,2} \le 2$

$x_{8,9,1} + 2x_{8,9,2} + x_{8,10,1} + x_{8,10,2} \le 2$

$x_{8,10,1} + 2x_{8,10,2} + x_{8,11,1} + x_{8,11,2} \le 2$

$x_{8,11,1} + 2x_{8,11,2} + x_{8,12,1} + x_{8,12,2} \le 2$

$x_{8,12,1} + 2x_{8,12,2} + x_{8,13,1} + x_{8,13,2} \le 2$

$x_{8,13,1} + 2x_{8,13,2} + x_{8,14,1} + x_{8,14,2} \le 2$

$x_{8,14,1} + 2x_{8,14,2} + x_{8,15,1} + x_{8,15,2} \le 2$

$x_{8,15,1} + 2x_{8,15,2} + x_{8,16,1} + x_{8,16,2} \le 2$

$x_{8,16,1} + 2x_{8,16,2} + x_{8,17,1} + x_{8,17,2} \le 2$

$x_{8,17,1} + 2x_{8,17,2} + x_{8,18,1} + x_{8,18,2} \le 2$

$x_{8,18,1} + 2x_{8,18,2} + x_{8,19,1} + x_{8,19,2} \le 2$

$x_{8,19,1} + 2x_{8,19,2} + x_{8,20,1} + x_{8,20,2} \le 2$

$x_{8,20,1} + 2x_{8,20,2} + x_{8,21,1} + x_{8,21,2} \le 2$

$x_{8,21,1} + 2x_{8,21,2} + x_{8,22,1} + x_{8,22,2} \le 2$

$x_{8,22,1} + 2x_{8,22,2} + x_{8,23,1} + x_{8,23,2} \le 2$

$x_{8,23,1} + 2x_{8,23,2} + x_{8,24,1} + x_{8,24,2} \le 2$

$x_{8,24,1} + 2x_{8,24,2} + x_{8,25,1} + x_{8,25,2} \le 2$

$x_{8,25,1} + 2x_{8,25,2} + x_{8,26,1} + x_{8,26,2} \le 2$

$x_{8,26,1} + 2x_{8,26,2} + x_{8,27,1} + x_{8,27,2} \le 2$

$x_{8,27,1} + 2x_{8,27,2} + x_{8,28,1} + x_{8,28,2} \le 2$

$x_{8,28,1} + 2x_{8,28,2} + x_{8,29,1} + x_{8,29,2} \le 2$

$x_{8,29,1} + 2x_{8,29,2} + x_{8,30,1} + x_{8,30,2} \le 2$

$x_{9,1,1} + 2x_{9,1,2} + x_{9,2,1} + x_{9,2,2} \le 2$

$x_{9,2,1} + 2x_{9,2,2} + x_{9,3,1} + x_{9,3,2} \le 2$

$x_{9,3,1} + 2x_{9,3,2} + x_{9,4,1} + x_{9,4,2} \le 2$

$x_{9,4,1} + 2x_{9,4,2} + x_{9,5,1} + x_{9,5,2} \le 2$

$x_{9,5,1} + 2x_{9,5,2} + x_{9,6,1} + x_{9,6,2} \le 2$

$x_{9,6,1} + 2x_{9,6,2} + x_{9,7,1} + x_{9,7,2} \le 2$

$x_{9,7,1} + 2x_{9,7,2} + x_{9,8,1} + x_{9,8,2} \le 2$

$x_{9,8,1} + 2x_{9,8,2} + x_{9,9,1} + x_{9,9,2} \le 2$

$x_{9,9,1} + 2x_{9,9,2} + x_{9,10,1} + x_{9,10,2} \le 2$

$x_{9,10,1} + 2x_{9,10,2} + x_{9,11,1} + x_{9,11,2} \le 2$

$x_{9,11,1} + 2x_{9,11,2} + x_{9,12,1} + x_{9,12,2} \le 2$

$x_{9,12,1} + 2x_{9,12,2} + x_{9,13,1} + x_{9,13,2} \le 2$

$x_{9,13,1} + 2x_{9,13,2} + x_{9,14,1} + x_{9,14,2} \le 2$

$x_{9,14,1} + 2x_{9,14,2} + x_{9,15,1} + x_{9,15,2} \le 2$

$x_{9,15,1} + 2x_{9,15,2} + x_{9,16,1} + x_{9,16,2} \le 2$

$x_{9,16,1} + 2x_{9,16,2} + x_{9,17,1} + x_{9,17,2} \le 2$

$x_{9,17,1} + 2x_{9,17,2} + x_{9,18,1} + x_{9,18,2} \le 2$

$x_{9,18,1} + 2x_{9,18,2} + x_{9,19,1} + x_{9,19,2} \le 2$

$x_{9,19,1} + 2x_{9,19,2} + x_{9,20,1} + x_{9,20,2} \le 2$

$x_{9,20,1} + 2x_{9,20,2} + x_{9,21,1} + x_{9,21,2} \le 2$

$x_{9,21,1} + 2x_{9,21,2} + x_{9,22,1} + x_{9,22,2} \le 2$

$x_{9,22,1} + 2x_{9,22,2} + x_{9,23,1} + x_{9,23,2} \le 2$

$x_{9,23,1} + 2x_{9,23,2} + x_{9,24,1} + x_{9,24,2} \le 2$

$x_{9,24,1} + 2x_{9,24,2} + x_{9,25,1} + x_{9,25,2} \le 2$

$x_{9,25,1} + 2x_{9,25,2} + x_{9,26,1} + x_{9,26,2} \le 2$

$x_{9,26,1} + 2x_{9,26,2} + x_{9,27,1} + x_{9,27,2} \le 2$

$x_{9,27,1} + 2x_{9,27,2} + x_{9,28,1} + x_{9,28,2} \le 2$

$x_{9,28,1} + 2x_{9,28,2} + x_{9,29,1} + x_{9,29,2} \le 2$

$x_{9,29,1} + 2x_{9,29,2} + x_{9,30,1} + x_{9,30,2} \le 2$

$x_{10,1,1} + 2x_{10,1,2} + x_{10,2,1} + x_{10,2,2} \le 2$

$x_{10, 2, 1} + 2x_{10, 2, 2} + x_{10, 3, 1} + x_{10, 3, 2} \le 2$

$x_{10, 3, 1} + 2x_{10, 3, 2} + x_{10, 4, 1} + x_{10, 4, 2} \le 2$

$x_{10, 4, 1} + 2x_{10, 4, 2} + x_{10, 5, 1} + x_{10, 5, 2} \le 2$

$x_{10, 5, 1} + 2x_{10, 5, 2} + x_{10, 6, 1} + x_{10, 6, 2} \le 2$

$x_{10, 6, 1} + 2x_{10, 6, 2} + x_{10, 7, 1} + x_{10, 7, 2} \le 2$

$x_{10, 7, 1} + 2x_{10, 7, 2} + x_{10, 8, 1} + x_{10, 8, 2} \le 2$

$x_{10, 8, 1} + 2x_{10, 8, 2} + x_{10, 9, 1} + x_{10, 9, 2} \le 2$

$x_{10, 9, 1} + 2x_{10, 9, 2} + x_{10, 10, 1} + x_{10, 10, 2} \le 2$

$x_{10, 10, 1} + 2x_{10, 10, 2} + x_{10, 11, 1} + x_{10, 11, 2} \le 2$

$x_{10, 11, 1} + 2x_{10, 11, 2} + x_{10, 12, 1} + x_{10, 12, 2} \le 2$

$x_{10, 12, 1} + 2x_{10, 12, 2} + x_{10, 13, 1} + x_{10, 13, 2} \le 2$

$x_{10, 13, 1} + 2x_{10, 13, 2} + x_{10, 14, 1} + x_{10, 14, 2} \le 2$

$x_{10, 14, 1} + 2x_{10, 14, 2} + x_{10, 15, 1} + x_{10, 15, 2} \le 2$

$x_{10, 15, 1} + 2x_{10, 15, 2} + x_{10, 16, 1} + x_{10, 16, 2} \le 2$

$x_{10, 16, 1} + 2x_{10, 16, 2} + x_{10, 17, 1} + x_{10, 17, 2} \le 2$

$x_{10, 17, 1} + 2x_{10, 17, 2} + x_{10, 18, 1} + x_{10, 18, 2} \le 2$

$x_{10, 18, 1} + 2x_{10, 18, 2} + x_{10, 19, 1} + x_{10, 19, 2} \le 2$

$x_{10, 19, 1} + 2x_{10, 19, 2} + x_{10, 20, 1} + x_{10, 20, 2} \le 2$

$x_{10, 20, 1} + 2x_{10, 20, 2} + x_{10, 21, 1} + x_{10, 21, 2} \le 2$

$x_{10, 21, 1} + 2x_{10, 21, 2} + x_{10, 22, 1} + x_{10, 22, 2} \le 2$

$x_{10, 22, 1} + 2x_{10, 22, 2} + x_{10, 23, 1} + x_{10, 23, 2} \le 2$

$x_{10, 23, 1} + 2x_{10, 23, 2} + x_{10, 24, 1} + x_{10, 24, 2} \le 2$

$x_{10, 24, 1} + 2x_{10, 24, 2} + x_{10, 25, 1} + x_{10, 25, 2} \le 2$

$x_{10, 25, 1} + 2x_{10, 25, 2} + x_{10, 26, 1} + x_{10, 26, 2} \le 2$

$x_{10, 26, 1} + 2x_{10, 26, 2} + x_{10, 27, 1} + x_{10, 27, 2} \le 2$

$x_{10, 27, 1} + 2x_{10, 27, 2} + x_{10, 28, 1} + x_{10, 28, 2} \le 2$

$x_{10, 28, 1} + 2x_{10, 28, 2} + x_{10, 29, 1} + x_{10, 29, 2} \le 2$

$x_{10, 29, 1} + 2x_{10, 29, 2} + x_{10, 30, 1} + x_{10, 30, 2} \le 2$

$x_{11, 1, 1} + 2x_{11, 1, 2} + x_{11, 2, 1} + x_{11, 2, 2} \le 2$

$x_{11, 2, 1} + 2x_{11, 2, 2} + x_{11, 3, 1} + x_{11, 3, 2} \le 2$

$x_{11, 3, 1} + 2x_{11, 3, 2} + x_{11, 4, 1} + x_{11, 4, 2} \le 2$

$x_{11, 4, 1} + 2x_{11, 4, 2} + x_{11, 5, 1} + x_{11, 5, 2} \le 2$

$x_{11, 5, 1} + 2x_{11, 5, 2} + x_{11, 6, 1} + x_{11, 6, 2} \le 2$

$x_{11, 6, 1} + 2x_{11, 6, 2} + x_{11, 7, 1} + x_{11, 7, 2} \le 2$

$x_{11, 7, 1} + 2x_{11, 7, 2} + x_{11, 8, 1} + x_{11, 8, 2} \le 2$

$x_{11, 8, 1} + 2x_{11, 8, 2} + x_{11, 9, 1} + x_{11, 9, 2} \le 2$

$x_{11, 9, 1} + 2x_{11, 9, 2} + x_{11, 10, 1} + x_{11, 10, 2} \le 2$

$x_{11, 10, 1} + 2x_{11, 10, 2} + x_{11, 11, 1} + x_{11, 11, 2} \le 2$

$x_{11, 11, 1} + 2x_{11, 11, 2} + x_{11, 12, 1} + x_{11, 12, 2} \le 2$

$x_{11, 12, 1} + 2x_{11, 12, 2} + x_{11, 13, 1} + x_{11, 13, 2} \le 2$

$x_{11, 13, 1} + 2x_{11, 13, 2} + x_{11, 14, 1} + x_{11, 14, 2} \le 2$

$x_{11, 14, 1} + 2x_{11, 14, 2} + x_{11, 15, 1} + x_{11, 15, 2} \le 2$

$x_{11, 15, 1} + 2x_{11, 15, 2} + x_{11, 16, 1} + x_{11, 16, 2} \le 2$

$x_{11, 16, 1} + 2x_{11, 16, 2} + x_{11, 17, 1} + x_{11, 17, 2} \le 2$

$x_{11, 17, 1} + 2x_{11, 17, 2} + x_{11, 18, 1} + x_{11, 18, 2} \le 2$

$x_{11, 18, 1} + 2x_{11, 18, 2} + x_{11, 19, 1} + x_{11, 19, 2} \le 2$

$x_{11, 19, 1} + 2x_{11, 19, 2} + x_{11, 20, 1} + x_{11, 20, 2} \le 2$

$x_{11, 20, 1} + 2x_{11, 20, 2} + x_{11, 21, 1} + x_{11, 21, 2} \le 2$

$x_{11, 21, 1} + 2x_{11, 21, 2} + x_{11, 22, 1} + x_{11, 22, 2} \le 2$

$x_{11, 22, 1} + 2x_{11, 22, 2} + x_{11, 23, 1} + x_{11, 23, 2} \le 2$

$x_{11, 23, 1} + 2x_{11, 23, 2} + x_{11, 24, 1} + x_{11, 24, 2} \le 2$

$x_{11, 24, 1} + 2x_{11, 24, 2} + x_{11, 25, 1} + x_{11, 25, 2} \le 2$

$x_{11, 25, 1} + 2x_{11, 25, 2} + x_{11, 26, 1} + x_{11, 26, 2} \le 2$

$x_{11, 26, 1} + 2x_{11, 26, 2} + x_{11, 27, 1} + x_{11, 27, 2} \le 2$

$x_{11, 27, 1} + 2x_{11, 27, 2} + x_{11, 28, 1} + x_{11, 28, 2} \le 2$

$x_{11, 28, 1} + 2x_{11, 28, 2} + x_{11, 29, 1} + x_{11, 29, 2} \le 2$

$x_{11, 29, 1} + 2x_{11, 29, 2} + x_{11, 30, 1} + x_{11, 30, 2} \le 2$

$x_{12, 1, 1} + 2x_{12, 1, 2} + x_{12, 2, 1} + x_{12, 2, 2} \le 2$

$x_{12, 2, 1} + 2x_{12, 2, 2} + x_{12, 3, 1} + x_{12, 3, 2} \le 2$

$x_{12, 3, 1} + 2x_{12, 3, 2} + x_{12, 4, 1} + x_{12, 4, 2} \le 2$

$x_{12, 4, 1} + 2x_{12, 4, 2} + x_{12, 5, 1} + x_{12, 5, 2} \le 2$

$x_{12, 5, 1} + 2x_{12, 5, 2} + x_{12, 6, 1} + x_{12, 6, 2} \le 2$

$x_{12, 6, 1} + 2x_{12, 6, 2} + x_{12, 7, 1} + x_{12, 7, 2} \le 2$

$x_{12, 7, 1} + 2x_{12, 7, 2} + x_{12, 8, 1} + x_{12, 8, 2} \le 2$

$x_{12, 8, 1} + 2x_{12, 8, 2} + x_{12, 9, 1} + x_{12, 9, 2} \le 2$

$x_{12, 9, 1} + 2x_{12, 9, 2} + x_{12, 10, 1} + x_{12, 10, 2} \le 2$

$x_{12, 10, 1} + 2x_{12, 10, 2} + x_{12, 11, 1} + x_{12, 11, 2} \le 2$

$x_{12, 11, 1} + 2x_{12, 11, 2} + x_{12, 12, 1} + x_{12, 12, 2} \le 2$

$x_{12, 12, 1} + 2x_{12, 12, 2} + x_{12, 13, 1} + x_{12, 13, 2} \le 2$

$x_{12, 13, 1} + 2x_{12, 13, 2} + x_{12, 14, 1} + x_{12, 14, 2} \le 2$

$x_{12, 14, 1} + 2x_{12, 14, 2} + x_{12, 15, 1} + x_{12, 15, 2} \le 2$

$x_{12, 15, 1} + 2x_{12, 15, 2} + x_{12, 16, 1} + x_{12, 16, 2} \le 2$

$x_{12, 16, 1} + 2x_{12, 16, 2} + x_{12, 17, 1} + x_{12, 17, 2} \le 2$

$x_{12, 17, 1} + 2x_{12, 17, 2} + x_{12, 18, 1} + x_{12, 18, 2} \le 2$

$x_{12, 18, 1} + 2x_{12, 18, 2} + x_{12, 19, 1} + x_{12, 19, 2} \le 2$

$x_{12, 19, 1} + 2x_{12, 19, 2} + x_{12, 20, 1} + x_{12, 20, 2} \le 2$

$x_{12, 20, 1} + 2x_{12, 20, 2} + x_{12, 21, 1} + x_{12, 21, 2} \le 2$

$x_{12, 21, 1} + 2x_{12, 21, 2} + x_{12, 22, 1} + x_{12, 22, 2} \le 2$

$x_{12, 22, 1} + 2x_{12, 22, 2} + x_{12, 23, 1} + x_{12, 23, 2} \le 2$

$x_{12, 23, 1} + 2x_{12, 23, 2} + x_{12, 24, 1} + x_{12, 24, 2} \le 2$

$x_{12, 24, 1} + 2x_{12, 24, 2} + x_{12, 25, 1} + x_{12, 25, 2} \le 2$

$x_{12, 25, 1} + 2x_{12, 25, 2} + x_{12, 26, 1} + x_{12, 26, 2} \le 2$

$x_{12, 26, 1} + 2x_{12, 26, 2} + x_{12, 27, 1} + x_{12, 27, 2} \le 2$

$x_{12, 27, 1} + 2x_{12, 27, 2} + x_{12, 28, 1} + x_{12, 28, 2} \le 2$

$x_{12, 28, 1} + 2x_{12, 28, 2} + x_{12, 29, 1} + x_{12, 29, 2} \le 2$

$x_{12, 29, 1} + 2x_{12, 29, 2} + x_{12, 30, 1} + x_{12, 30, 2} \le 2$

$x_{13, 1, 1} + 2x_{13, 1, 2} + x_{13, 2, 1} + x_{13, 2, 2} \le 2$

$x_{13, 2, 1} + 2x_{13, 2, 2} + x_{13, 3, 1} + x_{13, 3, 2} \le 2$

$$x_{13, 3, 1} + 2x_{13, 3, 2} + x_{13, 4, 1} + x_{13, 4, 2} \le 2$$
$$x_{13, 4, 1} + 2x_{13, 4, 2} + x_{13, 5, 1} + x_{13, 5, 2} \le 2$$
$$x_{13, 5, 1} + 2x_{13, 5, 2} + x_{13, 6, 1} + x_{13, 6, 2} \le 2$$
$$x_{13, 6, 1} + 2x_{13, 6, 2} + x_{13, 7, 1} + x_{13, 7, 2} \le 2$$
$$x_{13, 7, 1} + 2x_{13, 7, 2} + x_{13, 8, 1} + x_{13, 8, 2} \le 2$$
$$x_{13, 8, 1} + 2x_{13, 8, 2} + x_{13, 9, 1} + x_{13, 9, 2} \le 2$$
$$x_{13, 9, 1} + 2x_{13, 9, 2} + x_{13, 10, 1} + x_{13, 10, 2} \le 2$$
$$x_{13, 10, 1} + 2x_{13, 10, 2} + x_{13, 11, 1} + x_{13, 11, 2} \le 2$$
$$x_{13, 11, 1} + 2x_{13, 11, 2} + x_{13, 12, 1} + x_{13, 12, 2} \le 2$$
$$x_{13, 12, 1} + 2x_{13, 12, 2} + x_{13, 13, 1} + x_{13, 13, 2} \le 2$$
$$x_{13, 13, 1} + 2x_{13, 13, 2} + x_{13, 14, 1} + x_{13, 14, 2} \le 2$$
$$x_{13, 14, 1} + 2x_{13, 14, 2} + x_{13, 15, 1} + x_{13, 15, 2} \le 2$$
$$x_{13, 15, 1} + 2x_{13, 15, 2} + x_{13, 16, 1} + x_{13, 16, 2} \le 2$$
$$x_{13, 16, 1} + 2x_{13, 16, 2} + x_{13, 17, 1} + x_{13, 17, 2} \le 2$$
$$x_{13, 17, 1} + 2x_{13, 17, 2} + x_{13, 18, 1} + x_{13, 18, 2} \le 2$$
$$x_{13, 18, 1} + 2x_{13, 18, 2} + x_{13, 19, 1} + x_{13, 19, 2} \le 2$$
$$x_{13, 19, 1} + 2x_{13, 19, 2} + x_{13, 20, 1} + x_{13, 20, 2} \le 2$$
$$x_{13, 20, 1} + 2x_{13, 20, 2} + x_{13, 21, 1} + x_{13, 21, 2} \le 2$$
$$x_{13, 21, 1} + 2x_{13, 21, 2} + x_{13, 22, 1} + x_{13, 22, 2} \le 2$$
$$x_{13, 22, 1} + 2x_{13, 22, 2} + x_{13, 23, 1} + x_{13, 23, 2} \le 2$$
$$x_{13, 23, 1} + 2x_{13, 23, 2} + x_{13, 24, 1} + x_{13, 24, 2} \le 2$$
$$x_{13, 24, 1} + 2x_{13, 24, 2} + x_{13, 25, 1} + x_{13, 25, 2} \le 2$$
$$x_{13, 25, 1} + 2x_{13, 25, 2} + x_{13, 26, 1} + x_{13, 26, 2} \le 2$$
$$x_{13, 26, 1} + 2x_{13, 26, 2} + x_{13, 27, 1} + x_{13, 27, 2} \le 2$$
$$x_{13, 27, 1} + 2x_{13, 27, 2} + x_{13, 28, 1} + x_{13, 28, 2} \le 2$$
$$x_{13, 28, 1} + 2x_{13, 28, 2} + x_{13, 29, 1} + x_{13, 29, 2} \le 2$$
$$x_{13, 29, 1} + 2x_{13, 29, 2} + x_{13, 30, 1} + x_{13, 30, 2} \le 2$$
$$x_{14, 1, 1} + 2x_{14, 1, 2} + x_{14, 2, 1} + x_{14, 2, 2} \le 2$$
$$x_{14, 2, 1} + 2x_{14, 2, 2} + x_{14, 3, 1} + x_{14, 3, 2} \le 2$$
$$x_{14, 3, 1} + 2x_{14, 3, 2} + x_{14, 4, 1} + x_{14, 4, 2} \le 2$$
$$x_{14, 4, 1} + 2x_{14, 4, 2} + x_{14, 5, 1} + x_{14, 5, 2} \le 2$$
$$x_{14, 5, 1} + 2x_{14, 5, 2} + x_{14, 6, 1} + x_{14, 6, 2} \le 2$$
$$x_{14, 6, 1} + 2x_{14, 6, 2} + x_{14, 7, 1} + x_{14, 7, 2} \le 2$$
$$x_{14, 7, 1} + 2x_{14, 7, 2} + x_{14, 8, 1} + x_{14, 8, 2} \le 2$$
$$x_{14, 8, 1} + 2x_{14, 8, 2} + x_{14, 9, 1} + x_{14, 9, 2} \le 2$$
$$x_{14, 9, 1} + 2x_{14, 9, 2} + x_{14, 10, 1} + x_{14, 10, 2} \le 2$$
$$x_{14, 10, 1} + 2x_{14, 10, 2} + x_{14, 11, 1} + x_{14, 11, 2} \le 2$$
$$x_{14, 11, 1} + 2x_{14, 11, 2} + x_{14, 12, 1} + x_{14, 12, 2} \le 2$$
$$x_{14, 12, 1} + 2x_{14, 12, 2} + x_{14, 13, 1} + x_{14, 13, 2} \le 2$$
$$x_{14, 13, 1} + 2x_{14, 13, 2} + x_{14, 14, 1} + x_{14, 14, 2} \le 2$$
$$x_{14, 14, 1} + 2x_{14, 14, 2} + x_{14, 15, 1} + x_{14, 15, 2} \le 2$$
$$x_{14, 15, 1} + 2x_{14, 15, 2} + x_{14, 16, 1} + x_{14, 16, 2} \le 2$$
$$x_{14, 16, 1} + 2x_{14, 16, 2} + x_{14, 17, 1} + x_{14, 17, 2} \le 2$$
$$x_{14, 17, 1} + 2x_{14, 17, 2} + x_{14, 18, 1} + x_{14, 18, 2} \le 2$$
$$x_{14, 18, 1} + 2x_{14, 18, 2} + x_{14, 19, 1} + x_{14, 19, 2} \le 2$$
$$x_{14, 19, 1} + 2x_{14, 19, 2} + x_{14, 20, 1} + x_{14, 20, 2} \le 2$$
$$x_{14, 20, 1} + 2x_{14, 20, 2} + x_{14, 21, 1} + x_{14, 21, 2} \le 2$$
$$x_{14, 21, 1} + 2x_{14, 21, 2} + x_{14, 22, 1} + x_{14, 22, 2} \le 2$$
$$x_{14, 22, 1} + 2x_{14, 22, 2} + x_{14, 23, 1} + x_{14, 23, 2} \le 2$$
$$x_{14, 23, 1} + 2x_{14, 23, 2} + x_{14, 24, 1} + x_{14, 24, 2} \le 2$$
$$x_{14, 24, 1} + 2x_{14, 24, 2} + x_{14, 25, 1} + x_{14, 25, 2} \le 2$$
$$x_{14, 25, 1} + 2x_{14, 25, 2} + x_{14, 26, 1} + x_{14, 26, 2} \le 2$$
$$x_{14, 26, 1} + 2x_{14, 26, 2} + x_{14, 27, 1} + x_{14, 27, 2} \le 2$$
$$x_{14, 27, 1} + 2x_{14, 27, 2} + x_{14, 28, 1} + x_{14, 28, 2} \le 2$$
$$x_{14, 28, 1} + 2x_{14, 28, 2} + x_{14, 29, 1} + x_{14, 29, 2} \le 2$$
$$x_{14, 29, 1} + 2x_{14, 29, 2} + x_{14, 30, 1} + x_{14, 30, 2} \le 2$$
$$x_{15, 1, 1} + 2x_{15, 1, 2} + x_{15, 2, 1} + x_{15, 2, 2} \le 2$$
$$x_{15, 2, 1} + 2x_{15, 2, 2} + x_{15, 3, 1} + x_{15, 3, 2} \le 2$$
$$x_{15, 3, 1} + 2x_{15, 3, 2} + x_{15, 4, 1} + x_{15, 4, 2} \le 2$$
$$x_{15, 4, 1} + 2x_{15, 4, 2} + x_{15, 5, 1} + x_{15, 5, 2} \le 2$$
$$x_{15, 5, 1} + 2x_{15, 5, 2} + x_{15, 6, 1} + x_{15, 6, 2} \le 2$$
$$x_{15, 6, 1} + 2x_{15, 6, 2} + x_{15, 7, 1} + x_{15, 7, 2} \le 2$$
$$x_{15, 7, 1} + 2x_{15, 7, 2} + x_{15, 8, 1} + x_{15, 8, 2} \le 2$$
$$x_{15, 8, 1} + 2x_{15, 8, 2} + x_{15, 9, 1} + x_{15, 9, 2} \le 2$$
$$x_{15, 9, 1} + 2x_{15, 9, 2} + x_{15, 10, 1} + x_{15, 10, 2} \le 2$$
$$x_{15, 10, 1} + 2x_{15, 10, 2} + x_{15, 11, 1} + x_{15, 11, 2} \le 2$$
$$x_{15, 11, 1} + 2x_{15, 11, 2} + x_{15, 12, 1} + x_{15, 12, 2} \le 2$$
$$x_{15, 12, 1} + 2x_{15, 12, 2} + x_{15, 13, 1} + x_{15, 13, 2} \le 2$$
$$x_{15, 13, 1} + 2x_{15, 13, 2} + x_{15, 14, 1} + x_{15, 14, 2} \le 2$$
$$x_{15, 14, 1} + 2x_{15, 14, 2} + x_{15, 15, 1} + x_{15, 15, 2} \le 2$$
$$x_{15, 15, 1} + 2x_{15, 15, 2} + x_{15, 16, 1} + x_{15, 16, 2} \le 2$$
$$x_{15, 16, 1} + 2x_{15, 16, 2} + x_{15, 17, 1} + x_{15, 17, 2} \le 2$$
$$x_{15, 17, 1} + 2x_{15, 17, 2} + x_{15, 18, 1} + x_{15, 18, 2} \le 2$$
$$x_{15, 18, 1} + 2x_{15, 18, 2} + x_{15, 19, 1} + x_{15, 19, 2} \le 2$$
$$x_{15, 19, 1} + 2x_{15, 19, 2} + x_{15, 20, 1} + x_{15, 20, 2} \le 2$$
$$x_{15, 20, 1} + 2x_{15, 20, 2} + x_{15, 21, 1} + x_{15, 21, 2} \le 2$$
$$x_{15, 21, 1} + 2x_{15, 21, 2} + x_{15, 22, 1} + x_{15, 22, 2} \le 2$$
$$x_{15, 22, 1} + 2x_{15, 22, 2} + x_{15, 23, 1} + x_{15, 23, 2} \le 2$$
$$x_{15, 23, 1} + 2x_{15, 23, 2} + x_{15, 24, 1} + x_{15, 24, 2} \le 2$$
$$x_{15, 24, 1} + 2x_{15, 24, 2} + x_{15, 25, 1} + x_{15, 25, 2} \le 2$$
$$x_{15, 25, 1} + 2x_{15, 25, 2} + x_{15, 26, 1} + x_{15, 26, 2} \le 2$$
$$x_{15, 26, 1} + 2x_{15, 26, 2} + x_{15, 27, 1} + x_{15, 27, 2} \le 2$$
$$x_{15, 27, 1} + 2x_{15, 27, 2} + x_{15, 28, 1} + x_{15, 28, 2} \le 2$$
$$x_{15, 28, 1} + 2x_{15, 28, 2} + x_{15, 29, 1} + x_{15, 29, 2} \le 2$$
$$x_{15, 29, 1} + 2x_{15, 29, 2} + x_{15, 30, 1} + x_{15, 30, 2} \le 2$$
$$x_{16, 1, 1} + 2x_{16, 1, 2} + x_{16, 2, 1} + x_{16, 2, 2} \le 2$$
$$x_{16, 2, 1} + 2x_{16, 2, 2} + x_{16, 3, 1} + x_{16, 3, 2} \le 2$$
$$x_{16, 3, 1} + 2x_{16, 3, 2} + x_{16, 4, 1} + x_{16, 4, 2} \le 2$$
$$x_{16, 4, 1} + 2x_{16, 4, 2} + x_{16, 5, 1} + x_{16, 5, 2} \le 2$$
$$x_{16, 5, 1} + 2x_{16, 5, 2} + x_{16, 6, 1} + x_{16, 6, 2} \le 2$$
$$x_{16, 6, 1} + 2x_{16, 6, 2} + x_{16, 7, 1} + x_{16, 7, 2} \le 2$$
$$x_{16, 7, 1} + 2x_{16, 7, 2} + x_{16, 8, 1} + x_{16, 8, 2} \le 2$$
$$x_{16, 8, 1} + 2x_{16, 8, 2} + x_{16, 9, 1} + x_{16, 9, 2} \le 2$$
$$x_{16, 9, 1} + 2x_{16, 9, 2} + x_{16, 10, 1} + x_{16, 10, 2} \le 2$$

$x_{16, 10, 1} + 2x_{16, 10, 2} + x_{16, 11, 1} + x_{16, 11, 2} \leq 2$

$x_{16, 11, 1} + 2x_{16, 11, 2} + x_{16, 12, 1} + x_{16, 12, 2} \leq 2$

$x_{16, 12, 1} + 2x_{16, 12, 2} + x_{16, 13, 1} + x_{16, 13, 2} \leq 2$

$x_{16, 13, 1} + 2x_{16, 13, 2} + x_{16, 14, 1} + x_{16, 14, 2} \leq 2$

$x_{16, 14, 1} + 2x_{16, 14, 2} + x_{16, 15, 1} + x_{16, 15, 2} \leq 2$

$x_{16, 15, 1} + 2x_{16, 15, 2} + x_{16, 16, 1} + x_{16, 16, 2} \leq 2$

$x_{16, 16, 1} + 2x_{16, 16, 2} + x_{16, 17, 1} + x_{16, 17, 2} \leq 2$

$x_{16, 17, 1} + 2x_{16, 17, 2} + x_{16, 18, 1} + x_{16, 18, 2} \leq 2$

$x_{16, 18, 1} + 2x_{16, 18, 2} + x_{16, 19, 1} + x_{16, 19, 2} \leq 2$

$x_{16, 19, 1} + 2x_{16, 19, 2} + x_{16, 20, 1} + x_{16, 20, 2} \leq 2$

$x_{16, 20, 1} + 2x_{16, 20, 2} + x_{16, 21, 1} + x_{16, 21, 2} \leq 2$

$x_{16, 21, 1} + 2x_{16, 21, 2} + x_{16, 22, 1} + x_{16, 22, 2} \leq 2$

$x_{16, 22, 1} + 2x_{16, 22, 2} + x_{16, 23, 1} + x_{16, 23, 2} \leq 2$

$x_{16, 23, 1} + 2x_{16, 23, 2} + x_{16, 24, 1} + x_{16, 24, 2} \leq 2$

$x_{16, 24, 1} + 2x_{16, 24, 2} + x_{16, 25, 1} + x_{16, 25, 2} \leq 2$

$x_{16, 25, 1} + 2x_{16, 25, 2} + x_{16, 26, 1} + x_{16, 26, 2} \leq 2$

$x_{16, 26, 1} + 2x_{16, 26, 2} + x_{16, 27, 1} + x_{16, 27, 2} \leq 2$

$x_{16, 27, 1} + 2x_{16, 27, 2} + x_{16, 28, 1} + x_{16, 28, 2} \leq 2$

$x_{16, 28, 1} + 2x_{16, 28, 2} + x_{16, 29, 1} + x_{16, 29, 2} \leq 2$

$x_{16, 29, 1} + 2x_{16, 29, 2} + x_{16, 30, 1} + x_{16, 30, 2} \leq 2$

$x_{17, 1, 1} + 2x_{17, 1, 2} + x_{17, 2, 1} + x_{17, 2, 2} \leq 2$

$x_{17, 2, 1} + 2x_{17, 2, 2} + x_{17, 3, 1} + x_{17, 3, 2} \leq 2$

$x_{17, 3, 1} + 2x_{17, 3, 2} + x_{17, 4, 1} + x_{17, 4, 2} \leq 2$

$x_{17, 4, 1} + 2x_{17, 4, 2} + x_{17, 5, 1} + x_{17, 5, 2} \leq 2$

$x_{17, 5, 1} + 2x_{17, 5, 2} + x_{17, 6, 1} + x_{17, 6, 2} \leq 2$

$x_{17, 6, 1} + 2x_{17, 6, 2} + x_{17, 7, 1} + x_{17, 7, 2} \leq 2$

$x_{17, 7, 1} + 2x_{17, 7, 2} + x_{17, 8, 1} + x_{17, 8, 2} \leq 2$

$x_{17, 8, 1} + 2x_{17, 8, 2} + x_{17, 9, 1} + x_{17, 9, 2} \leq 2$

$x_{17, 9, 1} + 2x_{17, 9, 2} + x_{17, 10, 1} + x_{17, 10, 2} \leq 2$

$x_{17, 10, 1} + 2x_{17, 10, 2} + x_{17, 11, 1} + x_{17, 11, 2} \leq 2$

$x_{17, 11, 1} + 2x_{17, 11, 2} + x_{17, 12, 1} + x_{17, 12, 2} \leq 2$

$x_{17, 12, 1} + 2x_{17, 12, 2} + x_{17, 13, 1} + x_{17, 13, 2} \leq 2$

$x_{17, 13, 1} + 2x_{17, 13, 2} + x_{17, 14, 1} + x_{17, 14, 2} \leq 2$

$x_{17, 14, 1} + 2x_{17, 14, 2} + x_{17, 15, 1} + x_{17, 15, 2} \leq 2$

$x_{17, 15, 1} + 2x_{17, 15, 2} + x_{17, 16, 1} + x_{17, 16, 2} \leq 2$

$x_{17, 16, 1} + 2x_{17, 16, 2} + x_{17, 17, 1} + x_{17, 17, 2} \leq 2$

$x_{17, 17, 1} + 2x_{17, 17, 2} + x_{17, 18, 1} + x_{17, 18, 2} \leq 2$

$x_{17, 18, 1} + 2x_{17, 18, 2} + x_{17, 19, 1} + x_{17, 19, 2} \leq 2$

$x_{17, 19, 1} + 2x_{17, 19, 2} + x_{17, 20, 1} + x_{17, 20, 2} \leq 2$

$x_{17, 20, 1} + 2x_{17, 20, 2} + x_{17, 21, 1} + x_{17, 21, 2} \leq 2$

$x_{17, 21, 1} + 2x_{17, 21, 2} + x_{17, 22, 1} + x_{17, 22, 2} \leq 2$

$x_{17, 22, 1} + 2x_{17, 22, 2} + x_{17, 23, 1} + x_{17, 23, 2} \leq 2$

$x_{17, 23, 1} + 2x_{17, 23, 2} + x_{17, 24, 1} + x_{17, 24, 2} \leq 2$

$x_{17, 24, 1} + 2x_{17, 24, 2} + x_{17, 25, 1} + x_{17, 25, 2} \leq 2$

$x_{17, 25, 1} + 2x_{17, 25, 2} + x_{17, 26, 1} + x_{17, 26, 2} \leq 2$

$x_{17, 26, 1} + 2x_{17, 26, 2} + x_{17, 27, 1} + x_{17, 27, 2} \leq 2$

$x_{17, 27, 1} + 2x_{17, 27, 2} + x_{17, 28, 1} + x_{17, 28, 2} \leq 2$

$x_{17, 28, 1} + 2x_{17, 28, 2} + x_{17, 29, 1} + x_{17, 29, 2} \leq 2$

$x_{17, 29, 1} + 2x_{17, 29, 2} + x_{17, 30, 1} + x_{17, 30, 2} \leq 2$

$x_{18, 1, 1} + 2x_{18, 1, 2} + x_{18, 2, 1} + x_{18, 2, 2} \leq 2$

$x_{18, 2, 1} + 2x_{18, 2, 2} + x_{18, 3, 1} + x_{18, 3, 2} \leq 2$

$x_{18, 3, 1} + 2x_{18, 3, 2} + x_{18, 4, 1} + x_{18, 4, 2} \leq 2$

$x_{18, 4, 1} + 2x_{18, 4, 2} + x_{18, 5, 1} + x_{18, 5, 2} \leq 2$

$x_{18, 5, 1} + 2x_{18, 5, 2} + x_{18, 6, 1} + x_{18, 6, 2} \leq 2$

$x_{18, 6, 1} + 2x_{18, 6, 2} + x_{18, 7, 1} + x_{18, 7, 2} \leq 2$

$x_{18, 7, 1} + 2x_{18, 7, 2} + x_{18, 8, 1} + x_{18, 8, 2} \leq 2$

$x_{18, 8, 1} + 2x_{18, 8, 2} + x_{18, 9, 1} + x_{18, 9, 2} \leq 2$

$x_{18, 9, 1} + 2x_{18, 9, 2} + x_{18, 10, 1} + x_{18, 10, 2} \leq 2$

$x_{18, 10, 1} + 2x_{18, 10, 2} + x_{18, 11, 1} + x_{18, 11, 2} \leq 2$

$x_{18, 11, 1} + 2x_{18, 11, 2} + x_{18, 12, 1} + x_{18, 12, 2} \leq 2$

$x_{18, 12, 1} + 2x_{18, 12, 2} + x_{18, 13, 1} + x_{18, 13, 2} \leq 2$

$x_{18, 13, 1} + 2x_{18, 13, 2} + x_{18, 14, 1} + x_{18, 14, 2} \leq 2$

$x_{18, 14, 1} + 2x_{18, 14, 2} + x_{18, 15, 1} + x_{18, 15, 2} \leq 2$

$x_{18, 15, 1} + 2x_{18, 15, 2} + x_{18, 16, 1} + x_{18, 16, 2} \leq 2$

$x_{18, 16, 1} + 2x_{18, 16, 2} + x_{18, 17, 1} + x_{18, 17, 2} \leq 2$

$x_{18, 17, 1} + 2x_{18, 17, 2} + x_{18, 18, 1} + x_{18, 18, 2} \leq 2$

$x_{18, 18, 1} + 2x_{18, 18, 2} + x_{18, 19, 1} + x_{18, 19, 2} \leq 2$

$x_{18, 19, 1} + 2x_{18, 19, 2} + x_{18, 20, 1} + x_{18, 20, 2} \leq 2$

$x_{18, 20, 1} + 2x_{18, 20, 2} + x_{18, 21, 1} + x_{18, 21, 2} \leq 2$

$x_{18, 21, 1} + 2x_{18, 21, 2} + x_{18, 22, 1} + x_{18, 22, 2} \leq 2$

$x_{18, 22, 1} + 2x_{18, 22, 2} + x_{18, 23, 1} + x_{18, 23, 2} \leq 2$

$x_{18, 23, 1} + 2x_{18, 23, 2} + x_{18, 24, 1} + x_{18, 24, 2} \leq 2$

$x_{18, 24, 1} + 2x_{18, 24, 2} + x_{18, 25, 1} + x_{18, 25, 2} \leq 2$

$x_{18, 25, 1} + 2x_{18, 25, 2} + x_{18, 26, 1} + x_{18, 26, 2} \leq 2$

$x_{18, 26, 1} + 2x_{18, 26, 2} + x_{18, 27, 1} + x_{18, 27, 2} \leq 2$

$x_{18, 27, 1} + 2x_{18, 27, 2} + x_{18, 28, 1} + x_{18, 28, 2} \leq 2$

$x_{18, 28, 1} + 2x_{18, 28, 2} + x_{18, 29, 1} + x_{18, 29, 2} \leq 2$

$x_{18, 29, 1} + 2x_{18, 29, 2} + x_{18, 30, 1} + x_{18, 30, 2} \leq 2$

$x_{19, 1, 1} + 2x_{19, 1, 2} + x_{19, 2, 1} + x_{19, 2, 2} \leq 2$

$x_{19, 2, 1} + 2x_{19, 2, 2} + x_{19, 3, 1} + x_{19, 3, 2} \leq 2$

$x_{19, 3, 1} + 2x_{19, 3, 2} + x_{19, 4, 1} + x_{19, 4, 2} \leq 2$

$x_{19, 4, 1} + 2x_{19, 4, 2} + x_{19, 5, 1} + x_{19, 5, 2} \leq 2$

$x_{19, 5, 1} + 2x_{19, 5, 2} + x_{19, 6, 1} + x_{19, 6, 2} \leq 2$

$x_{19, 6, 1} + 2x_{19, 6, 2} + x_{19, 7, 1} + x_{19, 7, 2} \leq 2$

$x_{19, 7, 1} + 2x_{19, 7, 2} + x_{19, 8, 1} + x_{19, 8, 2} \leq 2$

$x_{19, 8, 1} + 2x_{19, 8, 2} + x_{19, 9, 1} + x_{19, 9, 2} \leq 2$

$x_{19, 9, 1} + 2x_{19, 9, 2} + x_{19, 10, 1} + x_{19, 10, 2} \leq 2$

$x_{19, 10, 1} + 2x_{19, 10, 2} + x_{19, 11, 1} + x_{19, 11, 2} \leq 2$

$x_{19, 11, 1} + 2x_{19, 11, 2} + x_{19, 12, 1} + x_{19, 12, 2} \leq 2$

$x_{19, 12, 1} + 2x_{19, 12, 2} + x_{19, 13, 1} + x_{19, 13, 2} \leq 2$

$x_{19, 13, 1} + 2x_{19, 13, 2} + x_{19, 14, 1} + x_{19, 14, 2} \leq 2$

$x_{19, 14, 1} + 2x_{19, 14, 2} + x_{19, 15, 1} + x_{19, 15, 2} \leq 2$

$x_{19, 15, 1} + 2x_{19, 15, 2} + x_{19, 16, 1} + x_{19, 16, 2} \leq 2$

$x_{19, 16, 1} + 2x_{19, 16, 2} + x_{19, 17, 1} + x_{19, 17, 2} \leq 2$

$x_{19, 17, 1} + 2x_{19, 17, 2} + x_{19, 18, 1} + x_{19, 18, 2} \leq 2$
$x_{19, 18, 1} + 2x_{19, 18, 2} + x_{19, 19, 1} + x_{19, 19, 2} \leq 2$
$x_{19, 19, 1} + 2x_{19, 19, 2} + x_{19, 20, 1} + x_{19, 20, 2} \leq 2$
$x_{19, 20, 1} + 2x_{19, 20, 2} + x_{19, 21, 1} + x_{19, 21, 2} \leq 2$
$x_{19, 21, 1} + 2x_{19, 21, 2} + x_{19, 22, 1} + x_{19, 22, 2} \leq 2$
$x_{19, 22, 1} + 2x_{19, 22, 2} + x_{19, 23, 1} + x_{19, 23, 2} \leq 2$
$x_{19, 23, 1} + 2x_{19, 23, 2} + x_{19, 24, 1} + x_{19, 24, 2} \leq 2$
$x_{19, 24, 1} + 2x_{19, 24, 2} + x_{19, 25, 1} + x_{19, 25, 2} \leq 2$
$x_{19, 25, 1} + 2x_{19, 25, 2} + x_{19, 26, 1} + x_{19, 26, 2} \leq 2$
$x_{19, 26, 1} + 2x_{19, 26, 2} + x_{19, 27, 1} + x_{19, 27, 2} \leq 2$
$x_{19, 27, 1} + 2x_{19, 27, 2} + x_{19, 28, 1} + x_{19, 28, 2} \leq 2$
$x_{19, 28, 1} + 2x_{19, 28, 2} + x_{19, 29, 1} + x_{19, 29, 2} \leq 2$
$x_{19, 29, 1} + 2x_{19, 29, 2} + x_{19, 30, 1} + x_{19, 30, 2} \leq 2$
$x_{20, 1, 1} + 2x_{20, 1, 2} + x_{20, 2, 1} + x_{20, 2, 2} \leq 2$
$x_{20, 2, 1} + 2x_{20, 2, 2} + x_{20, 3, 1} + x_{20, 3, 2} \leq 2$
$x_{20, 3, 1} + 2x_{20, 3, 2} + x_{20, 4, 1} + x_{20, 4, 2} \leq 2$
$x_{20, 4, 1} + 2x_{20, 4, 2} + x_{20, 5, 1} + x_{20, 5, 2} \leq 2$
$x_{20, 5, 1} + 2x_{20, 5, 2} + x_{20, 6, 1} + x_{20, 6, 2} \leq 2$
$x_{20, 6, 1} + 2x_{20, 6, 2} + x_{20, 7, 1} + x_{20, 7, 2} \leq 2$
$x_{20, 7, 1} + 2x_{20, 7, 2} + x_{20, 8, 1} + x_{20, 8, 2} \leq 2$
$x_{20, 8, 1} + 2x_{20, 8, 2} + x_{20, 9, 1} + x_{20, 9, 2} \leq 2$
$x_{20, 9, 1} + 2x_{20, 9, 2} + x_{20, 10, 1} + x_{20, 10, 2} \leq 2$
$x_{20, 10, 1} + 2x_{20, 10, 2} + x_{20, 11, 1} + x_{20, 11, 2} \leq 2$
$x_{20, 11, 1} + 2x_{20, 11, 2} + x_{20, 12, 1} + x_{20, 12, 2} \leq 2$
$x_{20, 12, 1} + 2x_{20, 12, 2} + x_{20, 13, 1} + x_{20, 13, 2} \leq 2$
$x_{20, 13, 1} + 2x_{20, 13, 2} + x_{20, 14, 1} + x_{20, 14, 2} \leq 2$
$x_{20, 14, 1} + 2x_{20, 14, 2} + x_{20, 15, 1} + x_{20, 15, 2} \leq 2$
$x_{20, 15, 1} + 2x_{20, 15, 2} + x_{20, 16, 1} + x_{20, 16, 2} \leq 2$
$x_{20, 16, 1} + 2x_{20, 16, 2} + x_{20, 17, 1} + x_{20, 17, 2} \leq 2$
$x_{20, 17, 1} + 2x_{20, 17, 2} + x_{20, 18, 1} + x_{20, 18, 2} \leq 2$
$x_{20, 18, 1} + 2x_{20, 18, 2} + x_{20, 19, 1} + x_{20, 19, 2} \leq 2$
$x_{20, 19, 1} + 2x_{20, 19, 2} + x_{20, 20, 1} + x_{20, 20, 2} \leq 2$
$x_{20, 20, 1} + 2x_{20, 20, 2} + x_{20, 21, 1} + x_{20, 21, 2} \leq 2$
$x_{20, 21, 1} + 2x_{20, 21, 2} + x_{20, 22, 1} + x_{20, 22, 2} \leq 2$
$x_{20, 22, 1} + 2x_{20, 22, 2} + x_{20, 23, 1} + x_{20, 23, 2} \leq 2$
$x_{20, 23, 1} + 2x_{20, 23, 2} + x_{20, 24, 1} + x_{20, 24, 2} \leq 2$
$x_{20, 24, 1} + 2x_{20, 24, 2} + x_{20, 25, 1} + x_{20, 25, 2} \leq 2$
$x_{20, 25, 1} + 2x_{20, 25, 2} + x_{20, 26, 1} + x_{20, 26, 2} \leq 2$
$x_{20, 26, 1} + 2x_{20, 26, 2} + x_{20, 27, 1} + x_{20, 27, 2} \leq 2$
$x_{20, 27, 1} + 2x_{20, 27, 2} + x_{20, 28, 1} + x_{20, 28, 2} \leq 2$
$x_{20, 28, 1} + 2x_{20, 28, 2} + x_{20, 29, 1} + x_{20, 29, 2} \leq 2$
$x_{20, 29, 1} + 2x_{20, 29, 2} + x_{20, 30, 1} + x_{20, 30, 2} \leq 2$

$$\sum_{j} \sum_{k} x_{i,j,k} \leq 14{,}28, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$\begin{aligned}
& x_{1, 1, 1} + x_{1, 2, 1} + x_{1, 8, 1} + x_{1, 9, 1} + x_{1, 15, 1} + x_{1, 16, 1} + x_{1, 22, 1} \\
& \quad + x_{1, 23, 1} + x_{1, 29, 1} + x_{1, 30, 1} + x_{1, 29, 2} + x_{1, 30, 2} + x_{1, 1, 2} \\
& \quad + x_{1, 2, 2} + x_{1, 8, 2} + x_{1, 9, 2} + x_{1, 15, 2} + x_{1, 16, 2} + x_{1, 22, 2} \\
& \quad + x_{1, 23, 2} + x_{1, 3, 2} + x_{1, 4, 2} + x_{1, 5, 2} + x_{1, 6, 2} + x_{1, 7, 2} + x_{1, 10, 2} \\
& \quad + x_{1, 11, 2} + x_{1, 12, 2} + x_{1, 13, 2} + x_{1, 14, 2} + x_{1, 17, 2} + x_{1, 18, 2} \\
& \quad + x_{1, 19, 2} + x_{1, 20, 2} + x_{1, 21, 2} + x_{1, 24, 2} + x_{1, 25, 2} + x_{1, 26, 2} \\
& \quad + x_{1, 27, 2} + x_{1, 28, 2} + x_{1, 3, 1} + x_{1, 4, 1} + x_{1, 5, 1} + x_{1, 6, 1} + x_{1, 7, 1} \\
& \quad + x_{1, 10, 1} + x_{1, 11, 1} + x_{1, 12, 1} + x_{1, 13, 1} + x_{1, 14, 1} + x_{1, 17, 1} \\
& \quad + x_{1, 18, 1} + x_{1, 19, 1} + x_{1, 20, 1} + x_{1, 21, 1} + x_{1, 24, 1} + x_{1, 25, 1} \\
& \quad + x_{1, 26, 1} + x_{1, 27, 1} + x_{1, 28, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{2, 1, 1} + x_{2, 2, 1} + x_{2, 8, 1} + x_{2, 9, 1} + x_{2, 15, 1} + x_{2, 16, 1} + x_{2, 22, 1} \\
& \quad + x_{2, 23, 1} + x_{2, 29, 1} + x_{2, 30, 1} + x_{2, 1, 2} + x_{2, 2, 2} + x_{2, 8, 2} \\
& \quad + x_{2, 9, 2} + x_{2, 15, 2} + x_{2, 16, 2} + x_{2, 22, 2} + x_{2, 23, 2} + x_{2, 29, 2} \\
& \quad + x_{2, 30, 2} + x_{2, 3, 2} + x_{2, 4, 2} + x_{2, 5, 2} + x_{2, 6, 2} + x_{2, 7, 2} + x_{2, 10, 2} \\
& \quad + x_{2, 11, 2} + x_{2, 12, 2} + x_{2, 13, 2} + x_{2, 14, 2} + x_{2, 17, 2} + x_{2, 18, 2} \\
& \quad + x_{2, 19, 2} + x_{2, 20, 2} + x_{2, 21, 2} + x_{2, 24, 2} + x_{2, 25, 2} + x_{2, 26, 2} \\
& \quad + x_{2, 27, 2} + x_{2, 28, 2} + x_{2, 3, 1} + x_{2, 4, 1} + x_{2, 5, 1} + x_{2, 6, 1} + x_{2, 7, 1} \\
& \quad + x_{2, 10, 1} + x_{2, 11, 1} + x_{2, 12, 1} + x_{2, 13, 1} + x_{2, 14, 1} + x_{2, 17, 1} \\
& \quad + x_{2, 18, 1} + x_{2, 19, 1} + x_{2, 20, 1} + x_{2, 21, 1} + x_{2, 24, 1} + x_{2, 25, 1} \\
& \quad + x_{2, 26, 1} + x_{2, 27, 1} + x_{2, 28, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{3, 1, 1} + x_{3, 2, 1} + x_{3, 8, 1} + x_{3, 9, 1} + x_{3, 15, 1} + x_{3, 16, 1} + x_{3, 22, 1} \\
& \quad + x_{3, 23, 1} + x_{3, 29, 1} + x_{3, 30, 1} + x_{3, 1, 2} + x_{3, 2, 2} + x_{3, 8, 2} \\
& \quad + x_{3, 9, 2} + x_{3, 15, 2} + x_{3, 16, 2} + x_{3, 22, 2} + x_{3, 23, 2} + x_{3, 29, 2} \\
& \quad + x_{3, 30, 2} + x_{3, 3, 2} + x_{3, 4, 2} + x_{3, 5, 2} + x_{3, 6, 2} + x_{3, 7, 2} + x_{3, 10, 2} \\
& \quad + x_{3, 11, 2} + x_{3, 12, 2} + x_{3, 13, 2} + x_{3, 14, 2} + x_{3, 17, 2} + x_{3, 18, 2} \\
& \quad + x_{3, 19, 2} + x_{3, 20, 2} + x_{3, 21, 2} + x_{3, 24, 2} + x_{3, 25, 2} + x_{3, 26, 2} \\
& \quad + x_{3, 27, 2} + x_{3, 28, 2} + x_{3, 28, 1} + x_{3, 3, 1} + x_{3, 4, 1} + x_{3, 5, 1} \\
& \quad + x_{3, 6, 1} + x_{3, 7, 1} + x_{3, 10, 1} + x_{3, 11, 1} + x_{3, 12, 1} + x_{3, 13, 1} \\
& \quad + x_{3, 14, 1} + x_{3, 17, 1} + x_{3, 18, 1} + x_{3, 19, 1} + x_{3, 20, 1} + x_{3, 21, 1} \\
& \quad + x_{3, 24, 1} + x_{3, 25, 1} + x_{3, 26, 1} + x_{3, 27, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{4, 1, 1} + x_{4, 2, 1} + x_{4, 8, 1} + x_{4, 9, 1} + x_{4, 15, 1} + x_{4, 16, 1} + x_{4, 22, 1} \\
& \quad + x_{4, 23, 1} + x_{4, 29, 1} + x_{4, 30, 1} + x_{4, 29, 2} + x_{4, 30, 2} + x_{4, 1, 2} \\
& \quad + x_{4, 2, 2} + x_{4, 8, 2} + x_{4, 9, 2} + x_{4, 15, 2} + x_{4, 16, 2} + x_{4, 22, 2} \\
& \quad + x_{4, 23, 2} + x_{4, 3, 2} + x_{4, 4, 2} + x_{4, 5, 2} + x_{4, 6, 2} + x_{4, 7, 2} + x_{4, 10, 2} \\
& \quad + x_{4, 11, 2} + x_{4, 12, 2} + x_{4, 13, 2} + x_{4, 14, 2} + x_{4, 17, 2} + x_{4, 18, 2} \\
& \quad + x_{4, 19, 2} + x_{4, 20, 2} + x_{4, 21, 2} + x_{4, 24, 2} + x_{4, 25, 2} + x_{4, 26, 2} \\
& \quad + x_{4, 27, 2} + x_{4, 28, 2} + x_{4, 28, 1} + x_{4, 3, 1} + x_{4, 4, 1} + x_{4, 5, 1} \\
& \quad + x_{4, 6, 1} + x_{4, 7, 1} + x_{4, 10, 1} + x_{4, 11, 1} + x_{4, 12, 1} + x_{4, 13, 1} \\
& \quad + x_{4, 14, 1} + x_{4, 17, 1} + x_{4, 18, 1} + x_{4, 19, 1} + x_{4, 20, 1} + x_{4, 21, 1} \\
& \quad + x_{4, 24, 1} + x_{4, 25, 1} + x_{4, 26, 1} + x_{4, 27, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{5, 1, 1} + x_{5, 2, 1} + x_{5, 8, 1} + x_{5, 9, 1} + x_{5, 15, 1} + x_{5, 16, 1} + x_{5, 22, 1} \\
&\quad + x_{5, 23, 1} + x_{5, 29, 1} + x_{5, 30, 1} + x_{5, 1, 2} + x_{5, 2, 2} + x_{5, 8, 2} \\
&\quad + x_{5, 9, 2} + x_{5, 15, 2} + x_{5, 16, 2} + x_{5, 22, 2} + x_{5, 23, 2} + x_{5, 29, 2} \\
&\quad + x_{5, 30, 2} + x_{5, 28, 2} + x_{5, 3, 2} + x_{5, 4, 2} + x_{5, 5, 2} + x_{5, 6, 2} + x_{5, 7, 2} \\
&\quad + x_{5, 10, 2} + x_{5, 11, 2} + x_{5, 12, 2} + x_{5, 13, 2} + x_{5, 14, 2} + x_{5, 17, 2} \\
&\quad + x_{5, 18, 2} + x_{5, 19, 2} + x_{5, 20, 2} + x_{5, 21, 2} + x_{5, 24, 2} + x_{5, 25, 2} \\
&\quad + x_{5, 26, 2} + x_{5, 27, 2} + x_{5, 27, 1} + x_{5, 28, 1} + x_{5, 3, 1} + x_{5, 4, 1} \\
&\quad + x_{5, 5, 1} + x_{5, 6, 1} + x_{5, 7, 1} + x_{5, 10, 1} + x_{5, 11, 1} + x_{5, 12, 1} \\
&\quad + x_{5, 13, 1} + x_{5, 14, 1} + x_{5, 17, 1} + x_{5, 18, 1} + x_{5, 19, 1} + x_{5, 20, 1} \\
&\quad + x_{5, 21, 1} + x_{5, 24, 1} + x_{5, 25, 1} + x_{5, 26, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{6, 1, 1} + x_{6, 2, 1} + x_{6, 8, 1} + x_{6, 9, 1} + x_{6, 15, 1} + x_{6, 16, 1} + x_{6, 22, 1} \\
&\quad + x_{6, 23, 1} + x_{6, 29, 1} + x_{6, 30, 1} + x_{6, 1, 2} + x_{6, 2, 2} + x_{6, 8, 2} \\
&\quad + x_{6, 9, 2} + x_{6, 15, 2} + x_{6, 16, 2} + x_{6, 22, 2} + x_{6, 23, 2} + x_{6, 29, 2} \\
&\quad + x_{6, 30, 2} + x_{6, 27, 2} + x_{6, 28, 2} + x_{6, 3, 2} + x_{6, 4, 2} + x_{6, 5, 2} \\
&\quad + x_{6, 6, 2} + x_{6, 7, 2} + x_{6, 10, 2} + x_{6, 11, 2} + x_{6, 12, 2} + x_{6, 13, 2} \\
&\quad + x_{6, 14, 2} + x_{6, 17, 2} + x_{6, 18, 2} + x_{6, 19, 2} + x_{6, 20, 2} + x_{6, 21, 2} \\
&\quad + x_{6, 24, 2} + x_{6, 25, 2} + x_{6, 26, 2} + x_{6, 26, 1} + x_{6, 27, 1} + x_{6, 28, 1} \\
&\quad + x_{6, 3, 1} + x_{6, 4, 1} + x_{6, 5, 1} + x_{6, 6, 1} + x_{6, 7, 1} + x_{6, 10, 1} + x_{6, 11, 1} \\
&\quad + x_{6, 12, 1} + x_{6, 13, 1} + x_{6, 14, 1} + x_{6, 17, 1} + x_{6, 18, 1} + x_{6, 19, 1} \\
&\quad + x_{6, 20, 1} + x_{6, 21, 1} + x_{6, 24, 1} + x_{6, 25, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{7, 1, 1} + x_{7, 2, 1} + x_{7, 8, 1} + x_{7, 9, 1} + x_{7, 15, 1} + x_{7, 16, 1} + x_{7, 22, 1} \\
&\quad + x_{7, 23, 1} + x_{7, 29, 1} + x_{7, 30, 1} + x_{7, 29, 2} + x_{7, 30, 2} + x_{7, 1, 2} \\
&\quad + x_{7, 2, 2} + x_{7, 8, 2} + x_{7, 9, 2} + x_{7, 15, 2} + x_{7, 16, 2} + x_{7, 22, 2} \\
&\quad + x_{7, 23, 2} + x_{7, 27, 2} + x_{7, 28, 2} + x_{7, 3, 2} + x_{7, 4, 2} + x_{7, 5, 2} \\
&\quad + x_{7, 6, 2} + x_{7, 7, 2} + x_{7, 10, 2} + x_{7, 11, 2} + x_{7, 12, 2} + x_{7, 13, 2} \\
&\quad + x_{7, 14, 2} + x_{7, 17, 2} + x_{7, 18, 2} + x_{7, 19, 2} + x_{7, 20, 2} + x_{7, 21, 2} \\
&\quad + x_{7, 24, 2} + x_{7, 25, 2} + x_{7, 26, 2} + x_{7, 26, 1} + x_{7, 27, 1} + x_{7, 28, 1} \\
&\quad + x_{7, 3, 1} + x_{7, 4, 1} + x_{7, 5, 1} + x_{7, 6, 1} + x_{7, 7, 1} + x_{7, 10, 1} + x_{7, 11, 1} \\
&\quad + x_{7, 12, 1} + x_{7, 13, 1} + x_{7, 14, 1} + x_{7, 17, 1} + x_{7, 18, 1} + x_{7, 19, 1} \\
&\quad + x_{7, 20, 1} + x_{7, 21, 1} + x_{7, 24, 1} + x_{7, 25, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{8, 1, 1} + x_{8, 2, 1} + x_{8, 8, 1} + x_{8, 9, 1} + x_{8, 15, 1} + x_{8, 16, 1} + x_{8, 22, 1} \\
&\quad + x_{8, 23, 1} + x_{8, 29, 1} + x_{8, 30, 1} + x_{8, 1, 2} + x_{8, 2, 2} + x_{8, 8, 2} \\
&\quad + x_{8, 9, 2} + x_{8, 15, 2} + x_{8, 16, 2} + x_{8, 22, 2} + x_{8, 23, 2} + x_{8, 29, 2} \\
&\quad + x_{8, 30, 2} + x_{8, 26, 2} + x_{8, 27, 2} + x_{8, 28, 2} + x_{8, 3, 2} + x_{8, 4, 2} \\
&\quad + x_{8, 5, 2} + x_{8, 6, 2} + x_{8, 7, 2} + x_{8, 10, 2} + x_{8, 11, 2} + x_{8, 12, 2} \\
&\quad + x_{8, 13, 2} + x_{8, 14, 2} + x_{8, 17, 2} + x_{8, 18, 2} + x_{8, 19, 2} + x_{8, 20, 2} \\
&\quad + x_{8, 21, 2} + x_{8, 24, 2} + x_{8, 25, 2} + x_{8, 25, 1} + x_{8, 26, 1} + x_{8, 27, 1} \\
&\quad + x_{8, 28, 1} + x_{8, 3, 1} + x_{8, 4, 1} + x_{8, 5, 1} + x_{8, 6, 1} + x_{8, 7, 1} + x_{8, 10, 1} \\
&\quad + x_{8, 11, 1} + x_{8, 12, 1} + x_{8, 13, 1} + x_{8, 14, 1} + x_{8, 17, 1} + x_{8, 18, 1} \\
&\quad + x_{8, 19, 1} + x_{8, 20, 1} + x_{8, 21, 1} + x_{8, 24, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{9, 1, 1} + x_{9, 2, 1} + x_{9, 8, 1} + x_{9, 9, 1} + x_{9, 15, 1} + x_{9, 16, 1} + x_{9, 22, 1} \\
&\quad + x_{9, 23, 1} + x_{9, 29, 1} + x_{9, 30, 1} + x_{9, 1, 2} + x_{9, 2, 2} + x_{9, 8, 2} \\
&\quad + x_{9, 9, 2} + x_{9, 15, 2} + x_{9, 16, 2} + x_{9, 22, 2} + x_{9, 23, 2} + x_{9, 29, 2} \\
&\quad + x_{9, 30, 2} + x_{9, 25, 2} + x_{9, 26, 2} + x_{9, 27, 2} + x_{9, 28, 2} + x_{9, 3, 2} \\
&\quad + x_{9, 4, 2} + x_{9, 5, 2} + x_{9, 6, 2} + x_{9, 7, 2} + x_{9, 10, 2} + x_{9, 11, 2} \\
&\quad + x_{9, 12, 2} + x_{9, 13, 2} + x_{9, 14, 2} + x_{9, 17, 2} + x_{9, 18, 2} + x_{9, 19, 2} \\
&\quad + x_{9, 20, 2} + x_{9, 21, 2} + x_{9, 24, 2} + x_{9, 24, 1} + x_{9, 25, 1} + x_{9, 26, 1} \\
&\quad + x_{9, 27, 1} + x_{9, 28, 1} + x_{9, 3, 1} + x_{9, 4, 1} + x_{9, 5, 1} + x_{9, 6, 1} + x_{9, 7, 1} \\
&\quad + x_{9, 10, 1} + x_{9, 11, 1} + x_{9, 12, 1} + x_{9, 13, 1} + x_{9, 14, 1} + x_{9, 17, 1} \\
&\quad + x_{9, 18, 1} + x_{9, 19, 1} + x_{9, 20, 1} + x_{9, 21, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{10, 1, 1} + x_{10, 2, 1} + x_{10, 8, 1} + x_{10, 9, 1} + x_{10, 15, 1} + x_{10, 16, 1} + x_{10, 22,} \\
&\quad + x_{10, 23, 1} + x_{10, 29, 1} + x_{10, 30, 1} + x_{10, 23, 2} + x_{10, 29, 2} \\
&\quad + x_{10, 30, 2} + x_{10, 1, 2} + x_{10, 2, 2} + x_{10, 8, 2} + x_{10, 9, 2} + x_{10, 15, 2} \\
&\quad + x_{10, 16, 2} + x_{10, 22, 2} + x_{10, 25, 2} + x_{10, 26, 2} + x_{10, 27, 2} \\
&\quad + x_{10, 28, 2} + x_{10, 3, 2} + x_{10, 4, 2} + x_{10, 5, 2} + x_{10, 6, 2} + x_{10, 7, 2} \\
&\quad + x_{10, 10, 2} + x_{10, 11, 2} + x_{10, 12, 2} + x_{10, 13, 2} + x_{10, 14, 2} \\
&\quad + x_{10, 17, 2} + x_{10, 18, 2} + x_{10, 19, 2} + x_{10, 20, 2} + x_{10, 21, 2} \\
&\quad + x_{10, 24, 2} + x_{10, 24, 1} + x_{10, 25, 1} + x_{10, 26, 1} + x_{10, 27, 1} \\
&\quad + x_{10, 28, 1} + x_{10, 3, 1} + x_{10, 4, 1} + x_{10, 5, 1} + x_{10, 6, 1} + x_{10, 7, 1} \\
&\quad + x_{10, 10, 1} + x_{10, 11, 1} + x_{10, 12, 1} + x_{10, 13, 1} + x_{10, 14, 1} \\
&\quad + x_{10, 17, 1} + x_{10, 18, 1} + x_{10, 19, 1} + x_{10, 20, 1} + x_{10, 21, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{11, 1, 1} + x_{11, 2, 1} + x_{11, 8, 1} + x_{11, 9, 1} + x_{11, 15, 1} + x_{11, 16, 1} + x_{11, 22,} \\
&\quad + x_{11, 23, 1} + x_{11, 29, 1} + x_{11, 30, 1} + x_{11, 1, 2} + x_{11, 2, 2} + x_{11, 8, 2} \\
&\quad + x_{11, 9, 2} + x_{11, 15, 2} + x_{11, 16, 2} + x_{11, 22, 2} + x_{11, 23, 2} + x_{11, 29, 2} \\
&\quad + x_{11, 30, 2} + x_{11, 24, 2} + x_{11, 25, 2} + x_{11, 26, 2} + x_{11, 27, 2} \\
&\quad + x_{11, 28, 2} + x_{11, 3, 2} + x_{11, 4, 2} + x_{11, 5, 2} + x_{11, 6, 2} + x_{11, 7, 2} \\
&\quad + x_{11, 10, 2} + x_{11, 11, 2} + x_{11, 12, 2} + x_{11, 13, 2} + x_{11, 14, 2} \\
&\quad + x_{11, 17, 2} + x_{11, 18, 2} + x_{11, 19, 2} + x_{11, 20, 2} + x_{11, 21, 2} \\
&\quad + x_{11, 21, 1} + x_{11, 24, 1} + x_{11, 25, 1} + x_{11, 26, 1} + x_{11, 27, 1} \\
&\quad + x_{11, 28, 1} + x_{11, 3, 1} + x_{11, 4, 1} + x_{11, 5, 1} + x_{11, 6, 1} + x_{11, 7, 1} \\
&\quad + x_{11, 10, 1} + x_{11, 11, 1} + x_{11, 12, 1} + x_{11, 13, 1} + x_{11, 14, 1} \\
&\quad + x_{11, 17, 1} + x_{11, 18, 1} + x_{11, 19, 1} + x_{11, 20, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{12, 1, 1} + x_{12, 2, 1} + x_{12, 8, 1} + x_{12, 9, 1} + x_{12, 15, 1} + x_{12, 16, 1} + x_{12, 22,} \\
&\quad + x_{12, 23, 1} + x_{12, 29, 1} + x_{12, 30, 1} + x_{12, 1, 2} + x_{12, 2, 2} + x_{12, 8, 2} \\
&\quad + x_{12, 9, 2} + x_{12, 15, 2} + x_{12, 16, 2} + x_{12, 22, 2} + x_{12, 23, 2} + x_{12, 29, 2} \\
&\quad + x_{12, 30, 2} + x_{12, 21, 2} + x_{12, 24, 2} + x_{12, 25, 2} + x_{12, 26, 2} \\
&\quad + x_{12, 27, 2} + x_{12, 28, 2} + x_{12, 3, 2} + x_{12, 4, 2} + x_{12, 5, 2} + x_{12, 6, 2} \\
&\quad + x_{12, 7, 2} + x_{12, 10, 2} + x_{12, 11, 2} + x_{12, 12, 2} + x_{12, 13, 2} + x_{12, 14, 2} \\
&\quad + x_{12, 17, 2} + x_{12, 18, 2} + x_{12, 19, 2} + x_{12, 20, 2} + x_{12, 20, 1} \\
&\quad + x_{12, 21, 1} + x_{12, 24, 1} + x_{12, 25, 1} + x_{12, 26, 1} + x_{12, 27, 1} \\
&\quad + x_{12, 28, 1} + x_{12, 3, 1} + x_{12, 4, 1} + x_{12, 5, 1} + x_{12, 6, 1} + x_{12, 7, 1} \\
&\quad + x_{12, 10, 1} + x_{12, 11, 1} + x_{12, 12, 1} + x_{12, 13, 1} + x_{12, 14, 1} \\
&\quad + x_{12, 17, 1} + x_{12, 18, 1} + x_{12, 19, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&x_{13, 1, 1} + x_{13, 2, 1} + x_{13, 8, 1} + x_{13, 9, 1} + x_{13, 15, 1} + x_{13, 16, 1} + x_{13, 22,}\\
&\quad + x_{13, 23, 1} + x_{13, 29, 1} + x_{13, 30, 1} + x_{13, 23, 2} + x_{13, 29, 2}\\
&\quad + x_{13, 30, 2} + x_{13, 1, 2} + x_{13, 2, 2} + x_{13, 8, 2} + x_{13, 9, 2} + x_{13, 15, 2}\\
&\quad + x_{13, 16, 2} + x_{13, 22, 2} + x_{13, 21, 2} + x_{13, 24, 2} + x_{13, 25, 2}\\
&\quad + x_{13, 26, 2} + x_{13, 27, 2} + x_{13, 28, 2} + x_{13, 3, 2} + x_{13, 4, 2} + x_{13, 5, 2}\\
&\quad + x_{13, 6, 2} + x_{13, 7, 2} + x_{13, 10, 2} + x_{13, 11, 2} + x_{13, 12, 2} + x_{13, 13, 2}\\
&\quad + x_{13, 14, 2} + x_{13, 17, 2} + x_{13, 18, 2} + x_{13, 19, 2} + x_{13, 20, 2}\\
&\quad + x_{13, 20, 1} + x_{13, 21, 1} + x_{13, 24, 1} + x_{13, 25, 1} + x_{13, 26, 1}\\
&\quad + x_{13, 27, 1} + x_{13, 28, 1} + x_{13, 3, 1} + x_{13, 4, 1} + x_{13, 5, 1} + x_{13, 6, 1}\\
&\quad + x_{13, 7, 1} + x_{13, 10, 1} + x_{13, 11, 1} + x_{13, 12, 1} + x_{13, 13, 1} + x_{13, 14, 1}\\
&\quad + x_{13, 17, 1} + x_{13, 18, 1} + x_{13, 19, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{14, 1, 1} + x_{14, 2, 1} + x_{14, 8, 1} + x_{14, 9, 1} + x_{14, 15, 1} + x_{14, 16, 1} + x_{14, 22,}\\
&\quad + x_{14, 23, 1} + x_{14, 29, 1} + x_{14, 30, 1} + x_{14, 1, 2} + x_{14, 2, 2} + x_{14, 8, 2}\\
&\quad + x_{14, 9, 2} + x_{14, 15, 2} + x_{14, 16, 2} + x_{14, 22, 2} + x_{14, 23, 2} + x_{14, 29, 2}\\
&\quad + x_{14, 30, 2} + x_{14, 20, 2} + x_{14, 21, 2} + x_{14, 24, 2} + x_{14, 25, 2}\\
&\quad + x_{14, 26, 2} + x_{14, 27, 2} + x_{14, 28, 2} + x_{14, 3, 2} + x_{14, 4, 2} + x_{14, 5, 2}\\
&\quad + x_{14, 6, 2} + x_{14, 7, 2} + x_{14, 10, 2} + x_{14, 11, 2} + x_{14, 12, 2} + x_{14, 13, 2}\\
&\quad + x_{14, 14, 2} + x_{14, 17, 2} + x_{14, 18, 2} + x_{14, 19, 2} + x_{14, 19, 1}\\
&\quad + x_{14, 20, 1} + x_{14, 21, 1} + x_{14, 24, 1} + x_{14, 25, 1} + x_{14, 26, 1}\\
&\quad + x_{14, 27, 1} + x_{14, 28, 1} + x_{14, 3, 1} + x_{14, 4, 1} + x_{14, 5, 1} + x_{14, 6, 1}\\
&\quad + x_{14, 7, 1} + x_{14, 10, 1} + x_{14, 11, 1} + x_{14, 12, 1} + x_{14, 13, 1} + x_{14, 14, 1}\\
&\quad + x_{14, 17, 1} + x_{14, 18, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{15, 1, 1} + x_{15, 2, 1} + x_{15, 8, 1} + x_{15, 9, 1} + x_{15, 15, 1} + x_{15, 16, 1} + x_{15, 22,}\\
&\quad + x_{15, 23, 1} + x_{15, 29, 1} + x_{15, 30, 1} + x_{15, 1, 2} + x_{15, 2, 2} + x_{15, 8, 2}\\
&\quad + x_{15, 9, 2} + x_{15, 15, 2} + x_{15, 16, 2} + x_{15, 22, 2} + x_{15, 23, 2} + x_{15, 29, 2}\\
&\quad + x_{15, 30, 2} + x_{15, 19, 2} + x_{15, 20, 2} + x_{15, 21, 2} + x_{15, 24, 2}\\
&\quad + x_{15, 25, 2} + x_{15, 26, 2} + x_{15, 27, 2} + x_{15, 28, 2} + x_{15, 3, 2} + x_{15, 4, 2}\\
&\quad + x_{15, 5, 2} + x_{15, 6, 2} + x_{15, 7, 2} + x_{15, 10, 2} + x_{15, 11, 2} + x_{15, 12, 2}\\
&\quad + x_{15, 13, 2} + x_{15, 14, 2} + x_{15, 17, 2} + x_{15, 18, 2} + x_{15, 18, 1}\\
&\quad + x_{15, 19, 1} + x_{15, 20, 1} + x_{15, 21, 1} + x_{15, 24, 1} + x_{15, 25, 1}\\
&\quad + x_{15, 26, 1} + x_{15, 27, 1} + x_{15, 28, 1} + x_{15, 3, 1} + x_{15, 4, 1} + x_{15, 5, 1}\\
&\quad + x_{15, 6, 1} + x_{15, 7, 1} + x_{15, 10, 1} + x_{15, 11, 1} + x_{15, 12, 1} + x_{15, 13, 1}\\
&\quad + x_{15, 14, 1} + x_{15, 17, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{16, 1, 1} + x_{16, 2, 1} + x_{16, 8, 1} + x_{16, 9, 1} + x_{16, 15, 1} + x_{16, 16, 1} + x_{16, 22,}\\
&\quad + x_{16, 23, 1} + x_{16, 29, 1} + x_{16, 30, 1} + x_{16, 23, 2} + x_{16, 29, 2}\\
&\quad + x_{16, 30, 2} + x_{16, 1, 2} + x_{16, 2, 2} + x_{16, 8, 2} + x_{16, 9, 2} + x_{16, 15, 2}\\
&\quad + x_{16, 16, 2} + x_{16, 22, 2} + x_{16, 19, 2} + x_{16, 20, 2} + x_{16, 21, 2}\\
&\quad + x_{16, 24, 2} + x_{16, 25, 2} + x_{16, 26, 2} + x_{16, 27, 2} + x_{16, 28, 2} + x_{16, 3, 2}\\
&\quad + x_{16, 4, 2} + x_{16, 5, 2} + x_{16, 6, 2} + x_{16, 7, 2} + x_{16, 10, 2} + x_{16, 11, 2}\\
&\quad + x_{16, 12, 2} + x_{16, 13, 2} + x_{16, 14, 2} + x_{16, 17, 2} + x_{16, 18, 2}\\
&\quad + x_{16, 18, 1} + x_{16, 19, 1} + x_{16, 20, 1} + x_{16, 21, 1} + x_{16, 24, 1}\\
&\quad + x_{16, 25, 1} + x_{16, 26, 1} + x_{16, 27, 1} + x_{16, 28, 1} + x_{16, 3, 1} + x_{16, 4, 1}\\
&\quad + x_{16, 5, 1} + x_{16, 6, 1} + x_{16, 7, 1} + x_{16, 10, 1} + x_{16, 11, 1} + x_{16, 12, 1}\\
&\quad + x_{16, 13, 1} + x_{16, 14, 1} + x_{16, 17, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{17, 1, 1} + x_{17, 2, 1} + x_{17, 8, 1} + x_{17, 9, 1} + x_{17, 15, 1} + x_{17, 16, 1} + x_{17, 22,}\\
&\quad + x_{17, 23, 1} + x_{17, 29, 1} + x_{17, 30, 1} + x_{17, 1, 2} + x_{17, 2, 2} + x_{17, 8, 2}\\
&\quad + x_{17, 9, 2} + x_{17, 15, 2} + x_{17, 16, 2} + x_{17, 22, 2} + x_{17, 23, 2} + x_{17, 29, 2}\\
&\quad + x_{17, 30, 2} + x_{17, 18, 2} + x_{17, 19, 2} + x_{17, 20, 2} + x_{17, 21, 2}\\
&\quad + x_{17, 24, 2} + x_{17, 25, 2} + x_{17, 26, 2} + x_{17, 27, 2} + x_{17, 28, 2} + x_{17, 3, 2}\\
&\quad + x_{17, 4, 2} + x_{17, 5, 2} + x_{17, 6, 2} + x_{17, 7, 2} + x_{17, 10, 2} + x_{17, 11, 2}\\
&\quad + x_{17, 12, 2} + x_{17, 13, 2} + x_{17, 14, 2} + x_{17, 17, 2} + x_{17, 17, 1}\\
&\quad + x_{17, 18, 1} + x_{17, 19, 1} + x_{17, 20, 1} + x_{17, 21, 1} + x_{17, 24, 1}\\
&\quad + x_{17, 25, 1} + x_{17, 26, 1} + x_{17, 27, 1} + x_{17, 28, 1} + x_{17, 3, 1} + x_{17, 4, 1}\\
&\quad + x_{17, 5, 1} + x_{17, 6, 1} + x_{17, 7, 1} + x_{17, 10, 1} + x_{17, 11, 1} + x_{17, 12, 1}\\
&\quad + x_{17, 13, 1} + x_{17, 14, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{18, 1, 1} + x_{18, 2, 1} + x_{18, 8, 1} + x_{18, 9, 1} + x_{18, 15, 1} + x_{18, 16, 1} + x_{18, 22,}\\
&\quad + x_{18, 23, 1} + x_{18, 29, 1} + x_{18, 30, 1} + x_{18, 1, 2} + x_{18, 2, 2} + x_{18, 8, 2}\\
&\quad + x_{18, 9, 2} + x_{18, 15, 2} + x_{18, 16, 2} + x_{18, 22, 2} + x_{18, 23, 2} + x_{18, 29, 2}\\
&\quad + x_{18, 30, 2} + x_{18, 17, 2} + x_{18, 18, 2} + x_{18, 19, 2} + x_{18, 20, 2}\\
&\quad + x_{18, 21, 2} + x_{18, 24, 2} + x_{18, 25, 2} + x_{18, 26, 2} + x_{18, 27, 2}\\
&\quad + x_{18, 28, 2} + x_{18, 3, 2} + x_{18, 4, 2} + x_{18, 5, 2} + x_{18, 6, 2} + x_{18, 7, 2}\\
&\quad + x_{18, 10, 2} + x_{18, 11, 2} + x_{18, 12, 2} + x_{18, 13, 2} + x_{18, 14, 2}\\
&\quad + x_{18, 14, 1} + x_{18, 17, 1} + x_{18, 18, 1} + x_{18, 19, 1} + x_{18, 20, 1}\\
&\quad + x_{18, 21, 1} + x_{18, 24, 1} + x_{18, 25, 1} + x_{18, 26, 1} + x_{18, 27, 1}\\
&\quad + x_{18, 28, 1} + x_{18, 3, 1} + x_{18, 4, 1} + x_{18, 5, 1} + x_{18, 6, 1} + x_{18, 7, 1}\\
&\quad + x_{18, 10, 1} + x_{18, 11, 1} + x_{18, 12, 1} + x_{18, 13, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{19, 1, 1} + x_{19, 2, 1} + x_{19, 8, 1} + x_{19, 9, 1} + x_{19, 15, 1} + x_{19, 16, 1} + x_{19, 22,}\\
&\quad + x_{19, 23, 1} + x_{19, 29, 1} + x_{19, 30, 1} + x_{19, 22, 2} + x_{19, 23, 2}\\
&\quad + x_{19, 29, 2} + x_{19, 30, 2} + x_{19, 1, 2} + x_{19, 2, 2} + x_{19, 8, 2} + x_{19, 9, 2}\\
&\quad + x_{19, 15, 2} + x_{19, 16, 2} + x_{19, 17, 2} + x_{19, 18, 2} + x_{19, 19, 2}\\
&\quad + x_{19, 20, 2} + x_{19, 21, 2} + x_{19, 24, 2} + x_{19, 25, 2} + x_{19, 26, 2}\\
&\quad + x_{19, 27, 2} + x_{19, 28, 2} + x_{19, 3, 2} + x_{19, 4, 2} + x_{19, 5, 2} + x_{19, 6, 2}\\
&\quad + x_{19, 7, 2} + x_{19, 10, 2} + x_{19, 11, 2} + x_{19, 12, 2} + x_{19, 13, 2} + x_{19, 14, 2}\\
&\quad + x_{19, 14, 1} + x_{19, 17, 1} + x_{19, 18, 1} + x_{19, 19, 1} + x_{19, 20, 1}\\
&\quad + x_{19, 21, 1} + x_{19, 24, 1} + x_{19, 25, 1} + x_{19, 26, 1} + x_{19, 27, 1}\\
&\quad + x_{19, 28, 1} + x_{19, 3, 1} + x_{19, 4, 1} + x_{19, 5, 1} + x_{19, 6, 1} + x_{19, 7, 1}\\
&\quad + x_{19, 10, 1} + x_{19, 11, 1} + x_{19, 12, 1} + x_{19, 13, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&x_{20, 1, 1} + x_{20, 2, 1} + x_{20, 8, 1} + x_{20, 9, 1} + x_{20, 15, 1} + x_{20, 16, 1} + x_{20, 22,}\\
&\quad + x_{20, 23, 1} + x_{20, 29, 1} + x_{20, 30, 1} + x_{20, 1, 2} + x_{20, 2, 2} + x_{20, 8, 2}\\
&\quad + x_{20, 9, 2} + x_{20, 15, 2} + x_{20, 16, 2} + x_{20, 22, 2} + x_{20, 23, 2} + x_{20, 29, 2}\\
&\quad + x_{20, 30, 2} + x_{20, 14, 2} + x_{20, 17, 2} + x_{20, 18, 2} + x_{20, 19, 2}\\
&\quad + x_{20, 20, 2} + x_{20, 21, 2} + x_{20, 24, 2} + x_{20, 25, 2} + x_{20, 26, 2}\\
&\quad + x_{20, 27, 2} + x_{20, 28, 2} + x_{20, 3, 2} + x_{20, 4, 2} + x_{20, 5, 2} + x_{20, 6, 2}\\
&\quad + x_{20, 7, 2} + x_{20, 10, 2} + x_{20, 11, 2} + x_{20, 12, 2} + x_{20, 13, 2} + x_{20, 13, 1}\\
&\quad + x_{20, 14, 1} + x_{20, 17, 1} + x_{20, 18, 1} + x_{20, 19, 1} + x_{20, 20, 1}\\
&\quad + x_{20, 21, 1} + x_{20, 24, 1} + x_{20, 25, 1} + x_{20, 26, 1} + x_{20, 27, 1}\\
&\quad + x_{20, 28, 1} + x_{20, 3, 1} + x_{20, 4, 1} + x_{20, 5, 1} + x_{20, 6, 1} + x_{20, 7, 1}\\
&\quad + x_{20, 10, 1} + x_{20, 11, 1} + x_{20, 12, 1} \leq 14, 28
\end{aligned}
$$

$$\sum_{j}\sum_{k} x_{i,j,k} - p_i^{+} + p_i^{-} = 12, \qquad \forall i \in I,$$

$$\forall j \in J, \qquad \forall k \in K$$

$$\begin{aligned} x_{1,1,1} &+ x_{1,2,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,22,1} \\ &+ x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} + x_{1,29,2} + x_{1,30,2} + x_{1,1,2} \\ &+ x_{1,2,2} + x_{1,8,2} + x_{1,9,2} + x_{1,15,2} + x_{1,16,2} + x_{1,22,2} \\ &+ x_{1,23,2} + x_{1,3,2} + x_{1,4,2} + x_{1,5,2} + x_{1,6,2} + x_{1,7,2} + x_{1,10,2} \\ &+ x_{1,11,2} + x_{1,12,2} + x_{1,13,2} + x_{1,14,2} + x_{1,17,2} + x_{1,18,2} \\ &+ x_{1,19,2} + x_{1,20,2} + x_{1,21,2} + x_{1,24,2} + x_{1,25,2} + x_{1,26,2} \\ &+ x_{1,27,2} + x_{1,28,2} + x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} \\ &+ x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,17,1} \\ &+ x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} \\ &+ x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1} + \left[-p_1^{+} + p_1^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{2,1,1} &+ x_{2,2,1} + x_{2,8,1} + x_{2,9,1} + x_{2,15,1} + x_{2,16,1} + x_{2,22,1} \\ &+ x_{2,23,1} + x_{2,29,1} + x_{2,30,1} + x_{2,1,2} + x_{2,2,2} + x_{2,8,2} \\ &+ x_{2,9,2} + x_{2,15,2} + x_{2,16,2} + x_{2,22,2} + x_{2,23,2} + x_{2,29,2} \\ &+ x_{2,30,2} + x_{2,3,2} + x_{2,4,2} + x_{2,5,2} + x_{2,6,2} + x_{2,7,2} + x_{2,10,2} \\ &+ x_{2,11,2} + x_{2,12,2} + x_{2,13,2} + x_{2,14,2} + x_{2,17,2} + x_{2,18,2} \\ &+ x_{2,19,2} + x_{2,20,2} + x_{2,21,2} + x_{2,24,2} + x_{2,25,2} + x_{2,26,2} \\ &+ x_{2,27,2} + x_{2,28,2} + x_{2,3,1} + x_{2,4,1} + x_{2,5,1} + x_{2,6,1} + x_{2,7,1} \\ &+ x_{2,10,1} + x_{2,11,1} + x_{2,12,1} + x_{2,13,1} + x_{2,14,1} + x_{2,17,1} \\ &+ x_{2,18,1} + x_{2,19,1} + x_{2,20,1} + x_{2,21,1} + x_{2,24,1} + x_{2,25,1} \\ &+ x_{2,26,1} + x_{2,27,1} + x_{2,28,1} + \left[-p_2^{+} + p_2^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{3,1,1} &+ x_{3,2,1} + x_{3,8,1} + x_{3,9,1} + x_{3,15,1} + x_{3,16,1} + x_{3,22,1} \\ &+ x_{3,23,1} + x_{3,29,1} + x_{3,30,1} + x_{3,1,2} + x_{3,2,2} + x_{3,8,2} \\ &+ x_{3,9,2} + x_{3,15,2} + x_{3,16,2} + x_{3,22,2} + x_{3,23,2} + x_{3,29,2} \\ &+ x_{3,30,2} + x_{3,3,2} + x_{3,4,2} + x_{3,5,2} + x_{3,6,2} + x_{3,7,2} + x_{3,10,2} \\ &+ x_{3,11,2} + x_{3,12,2} + x_{3,13,2} + x_{3,14,2} + x_{3,17,2} + x_{3,18,2} \\ &+ x_{3,19,2} + x_{3,20,2} + x_{3,21,2} + x_{3,24,2} + x_{3,25,2} + x_{3,26,2} \\ &+ x_{3,27,2} + x_{3,28,2} + x_{3,28,1} + x_{3,3,1} + x_{3,4,1} + x_{3,5,1} \\ &+ x_{3,6,1} + x_{3,7,1} + x_{3,10,1} + x_{3,11,1} + x_{3,12,1} + x_{3,13,1} \\ &+ x_{3,14,1} + x_{3,17,1} + x_{3,18,1} + x_{3,19,1} + x_{3,20,1} + x_{3,21,1} \\ &+ x_{3,24,1} + x_{3,25,1} + x_{3,26,1} + x_{3,27,1} + \left[-p_3^{+} + p_3^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{4,1,1} &+ x_{4,2,1} + x_{4,8,1} + x_{4,9,1} + x_{4,15,1} + x_{4,16,1} + x_{4,22,1} \\ &+ x_{4,23,1} + x_{4,29,1} + x_{4,30,1} + x_{4,29,2} + x_{4,30,2} + x_{4,1,2} \\ &+ x_{4,2,2} + x_{4,8,2} + x_{4,9,2} + x_{4,15,2} + x_{4,16,2} + x_{4,22,2} \\ &+ x_{4,23,2} + x_{4,3,2} + x_{4,4,2} + x_{4,5,2} + x_{4,6,2} + x_{4,7,2} + x_{4,10,2} \\ &+ x_{4,11,2} + x_{4,12,2} + x_{4,13,2} + x_{4,14,2} + x_{4,17,2} + x_{4,18,2} \\ &+ x_{4,19,2} + x_{4,20,2} + x_{4,21,2} + x_{4,24,2} + x_{4,25,2} + x_{4,26,2} \\ &+ x_{4,27,2} + x_{4,28,2} + x_{4,28,1} + x_{4,3,1} + x_{4,4,1} + x_{4,5,1} \\ &+ x_{4,6,1} + x_{4,7,1} + x_{4,10,1} + x_{4,11,1} + x_{4,12,1} + x_{4,13,1} \\ &+ x_{4,14,1} + x_{4,17,1} + x_{4,18,1} + x_{4,19,1} + x_{4,20,1} + x_{4,21,1} \\ &+ x_{4,24,1} + x_{4,25,1} + x_{4,26,1} + x_{4,27,1} + \left[-p_4^{+} + p_4^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{5,1,1} &+ x_{5,2,1} + x_{5,8,1} + x_{5,9,1} + x_{5,15,1} + x_{5,16,1} + x_{5,22,1} \\ &+ x_{5,23,1} + x_{5,29,1} + x_{5,30,1} + x_{5,1,2} + x_{5,2,2} + x_{5,8,2} \\ &+ x_{5,9,2} + x_{5,15,2} + x_{5,16,2} + x_{5,22,2} + x_{5,23,2} + x_{5,29,2} \\ &+ x_{5,30,2} + x_{5,28,2} + x_{5,3,2} + x_{5,4,2} + x_{5,5,2} + x_{5,6,2} + x_{5,7,2} \\ &+ x_{5,10,2} + x_{5,11,2} + x_{5,12,2} + x_{5,13,2} + x_{5,14,2} + x_{5,17,2} \\ &+ x_{5,18,2} + x_{5,19,2} + x_{5,20,2} + x_{5,21,2} + x_{5,24,2} + x_{5,25,2} \\ &+ x_{5,26,2} + x_{5,27,2} + x_{5,27,1} + x_{5,28,1} + x_{5,3,1} + x_{5,4,1} \\ &+ x_{5,5,1} + x_{5,6,1} + x_{5,7,1} + x_{5,10,1} + x_{5,11,1} + x_{5,12,1} \\ &+ x_{5,13,1} + x_{5,14,1} + x_{5,17,1} + x_{5,18,1} + x_{5,19,1} + x_{5,20,1} \\ &+ x_{5,21,1} + x_{5,24,1} + x_{5,25,1} + x_{5,26,1} + \left[-p_5^{+} + p_5^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{6,1,1} &+ x_{6,2,1} + x_{6,8,1} + x_{6,9,1} + x_{6,15,1} + x_{6,16,1} + x_{6,22,1} \\ &+ x_{6,23,1} + x_{6,29,1} + x_{6,30,1} + x_{6,1,2} + x_{6,2,2} + x_{6,8,2} \\ &+ x_{6,9,2} + x_{6,15,2} + x_{6,16,2} + x_{6,22,2} + x_{6,23,2} + x_{6,29,2} \\ &+ x_{6,30,2} + x_{6,27,2} + x_{6,28,2} + x_{6,3,2} + x_{6,4,2} + x_{6,5,2} \\ &+ x_{6,6,2} + x_{6,7,2} + x_{6,10,2} + x_{6,11,2} + x_{6,12,2} + x_{6,13,2} \\ &+ x_{6,14,2} + x_{6,17,2} + x_{6,18,2} + x_{6,19,2} + x_{6,20,2} + x_{6,21,2} \\ &+ x_{6,24,2} + x_{6,25,2} + x_{6,26,2} + x_{6,26,1} + x_{6,27,1} + x_{6,28,1} \\ &+ x_{6,3,1} + x_{6,4,1} + x_{6,5,1} + x_{6,6,1} + x_{6,7,1} + x_{6,10,1} + x_{6,11,1} \\ &+ x_{6,12,1} + x_{6,13,1} + x_{6,14,1} + x_{6,17,1} + x_{6,18,1} + x_{6,19,1} \\ &+ x_{6,20,1} + x_{6,21,1} + x_{6,24,1} + x_{6,25,1} + \left[-p_6^{+} + p_6^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{7,1,1} &+ x_{7,2,1} + x_{7,8,1} + x_{7,9,1} + x_{7,15,1} + x_{7,16,1} + x_{7,22,1} \\ &+ x_{7,23,1} + x_{7,29,1} + x_{7,30,1} + x_{7,29,2} + x_{7,30,2} + x_{7,1,2} \\ &+ x_{7,2,2} + x_{7,8,2} + x_{7,9,2} + x_{7,15,2} + x_{7,16,2} + x_{7,22,2} \\ &+ x_{7,23,2} + x_{7,27,2} + x_{7,28,2} + x_{7,3,2} + x_{7,4,2} + x_{7,5,2} \\ &+ x_{7,6,2} + x_{7,7,2} + x_{7,10,2} + x_{7,11,2} + x_{7,12,2} + x_{7,13,2} \\ &+ x_{7,14,2} + x_{7,17,2} + x_{7,18,2} + x_{7,19,2} + x_{7,20,2} + x_{7,21,2} \\ &+ x_{7,24,2} + x_{7,25,2} + x_{7,26,2} + x_{7,26,1} + x_{7,27,1} + x_{7,28,1} \\ &+ x_{7,3,1} + x_{7,4,1} + x_{7,5,1} + x_{7,6,1} + x_{7,7,1} + x_{7,10,1} + x_{7,11,1} \\ &+ x_{7,12,1} + x_{7,13,1} + x_{7,14,1} + x_{7,17,1} + x_{7,18,1} + x_{7,19,1} \\ &+ x_{7,20,1} + x_{7,21,1} + x_{7,24,1} + x_{7,25,1} + \left[-p_7^{+} + p_7^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{8,1,1} &+ x_{8,2,1} + x_{8,8,1} + x_{8,9,1} + x_{8,15,1} + x_{8,16,1} + x_{8,22,1} \\ &+ x_{8,23,1} + x_{8,29,1} + x_{8,30,1} + x_{8,1,2} + x_{8,2,2} + x_{8,8,2} \\ &+ x_{8,9,2} + x_{8,15,2} + x_{8,16,2} + x_{8,22,2} + x_{8,23,2} + x_{8,29,2} \\ &+ x_{8,30,2} + x_{8,26,2} + x_{8,27,2} + x_{8,28,2} + x_{8,3,2} + x_{8,4,2} \\ &+ x_{8,5,2} + x_{8,6,2} + x_{8,7,2} + x_{8,10,2} + x_{8,11,2} + x_{8,12,2} \\ &+ x_{8,13,2} + x_{8,14,2} + x_{8,17,2} + x_{8,18,2} + x_{8,19,2} + x_{8,20,2} \\ &+ x_{8,21,2} + x_{8,24,2} + x_{8,25,2} + x_{8,25,1} + x_{8,26,1} + x_{8,27,1} \\ &+ x_{8,28,1} + x_{8,3,1} + x_{8,4,1} + x_{8,5,1} + x_{8,6,1} + x_{8,7,1} + x_{8,10,1} \\ &+ x_{8,11,1} + x_{8,12,1} + x_{8,13,1} + x_{8,14,1} + x_{8,17,1} + x_{8,18,1} \\ &+ x_{8,19,1} + x_{8,20,1} + x_{8,21,1} + x_{8,24,1} + \left[-p_8^{+} + p_8^{-} \right] = 12 \end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
x_{9,1,1} &+ x_{9,2,1} + x_{9,8,1} + x_{9,9,1} + x_{9,15,1} + x_{9,16,1} + x_{9,22,1} \\
&+ x_{9,23,1} + x_{9,29,1} + x_{9,30,1} + x_{9,1,2} + x_{9,2,2} + x_{9,8,2} \\
&+ x_{9,9,2} + x_{9,15,2} + x_{9,16,2} + x_{9,22,2} + x_{9,23,2} + x_{9,29,2} \\
&+ x_{9,30,2} + x_{9,25,2} + x_{9,26,2} + x_{9,27,2} + x_{9,28,2} + x_{9,3,2} \\
&+ x_{9,4,2} + x_{9,5,2} + x_{9,6,2} + x_{9,7,2} + x_{9,10,2} + x_{9,11,2} \\
&+ x_{9,12,2} + x_{9,13,2} + x_{9,14,2} + x_{9,17,2} + x_{9,18,2} + x_{9,19,2} \\
&+ x_{9,20,2} + x_{9,21,2} + x_{9,24,2} + x_{9,24,1} + x_{9,25,1} + x_{9,26,1} \\
&+ x_{9,27,1} + x_{9,28,1} + x_{9,3,1} + x_{9,4,1} + x_{9,5,1} + x_{9,6,1} + x_{9,7,1} \\
&+ x_{9,10,1} + x_{9,11,1} + x_{9,12,1} + x_{9,13,1} + x_{9,14,1} + x_{9,17,1} \\
&+ x_{9,18,1} + x_{9,19,1} + x_{9,20,1} + x_{9,21,1} + \left[-p^{+}_{9} + p^{-}_{9} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{10,1,1} &+ x_{10,2,1} + x_{10,8,1} + x_{10,9,1} + x_{10,15,1} + x_{10,16,1} + x_{10,22,1} \\
&+ x_{10,23,1} + x_{10,29,1} + x_{10,30,1} + x_{10,23,2} + x_{10,29,2} \\
&+ x_{10,30,2} + x_{10,1,2} + x_{10,2,2} + x_{10,8,2} + x_{10,9,2} + x_{10,15,2} \\
&+ x_{10,16,2} + x_{10,22,2} + x_{10,25,2} + x_{10,26,2} + x_{10,27,2} \\
&+ x_{10,28,2} + x_{10,3,2} + x_{10,4,2} + x_{10,5,2} + x_{10,6,2} + x_{10,7,2} \\
&+ x_{10,10,2} + x_{10,11,2} + x_{10,12,2} + x_{10,13,2} + x_{10,14,2} \\
&+ x_{10,17,2} + x_{10,18,2} + x_{10,19,2} + x_{10,20,2} + x_{10,21,2} \\
&+ x_{10,24,2} + x_{10,24,1} + x_{10,25,1} + x_{10,26,1} + x_{10,27,1} \\
&+ x_{10,28,1} + x_{10,3,1} + x_{10,4,1} + x_{10,5,1} + x_{10,6,1} + x_{10,7,1} \\
&+ x_{10,10,1} + x_{10,11,1} + x_{10,12,1} + x_{10,13,1} + x_{10,14,1} \\
&+ x_{10,17,1} + x_{10,18,1} + x_{10,19,1} + x_{10,20,1} + x_{10,21,1} + \left[-p^{-}_{10} \right. \\
&\left. + p^{-}_{10} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{11,1,1} &+ x_{11,2,1} + x_{11,8,1} + x_{11,9,1} + x_{11,15,1} + x_{11,16,1} + x_{11,22,1} \\
&+ x_{11,23,1} + x_{11,29,1} + x_{11,30,1} + x_{11,1,2} + x_{11,2,2} + x_{11,8,2} \\
&+ x_{11,9,2} + x_{11,15,2} + x_{11,16,2} + x_{11,22,2} + x_{11,23,2} + x_{11,29,2} \\
&+ x_{11,30,2} + x_{11,24,2} + x_{11,25,2} + x_{11,26,2} + x_{11,27,2} \\
&+ x_{11,28,2} + x_{11,3,2} + x_{11,4,2} + x_{11,5,2} + x_{11,6,2} + x_{11,7,2} \\
&+ x_{11,10,2} + x_{11,11,2} + x_{11,12,2} + x_{11,13,2} + x_{11,14,2} \\
&+ x_{11,17,2} + x_{11,18,2} + x_{11,19,2} + x_{11,20,2} + x_{11,21,2} \\
&+ x_{11,21,1} + x_{11,24,1} + x_{11,25,1} + x_{11,26,1} + x_{11,27,1} \\
&+ x_{11,28,1} + x_{11,3,1} + x_{11,4,1} + x_{11,5,1} + x_{11,6,1} + x_{11,7,1} \\
&+ x_{11,10,1} + x_{11,11,1} + x_{11,12,1} + x_{11,13,1} + x_{11,14,1} \\
&+ x_{11,17,1} + x_{11,18,1} + x_{11,19,1} + x_{11,20,1} + \left[-p^{+}_{11} + p^{-}_{11} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{12,1,1} &+ x_{12,2,1} + x_{12,8,1} + x_{12,9,1} + x_{12,15,1} + x_{12,16,1} + x_{12,22,1} \\
&+ x_{12,23,1} + x_{12,29,1} + x_{12,30,1} + x_{12,1,2} + x_{12,2,2} + x_{12,8,2} \\
&+ x_{12,9,2} + x_{12,15,2} + x_{12,16,2} + x_{12,22,2} + x_{12,23,2} + x_{12,29,2} \\
&+ x_{12,30,2} + x_{12,21,2} + x_{12,24,2} + x_{12,25,2} + x_{12,26,2} \\
&+ x_{12,27,2} + x_{12,28,2} + x_{12,3,2} + x_{12,4,2} + x_{12,5,2} + x_{12,6,2} \\
&+ x_{12,7,2} + x_{12,10,2} + x_{12,11,2} + x_{12,12,2} + x_{12,13,2} + x_{12,14,2} \\
&+ x_{12,17,2} + x_{12,18,2} + x_{12,19,2} + x_{12,20,2} + x_{12,20,1} \\
&+ x_{12,21,1} + x_{12,24,1} + x_{12,25,1} + x_{12,26,1} + x_{12,27,1} \\
&+ x_{12,28,1} + x_{12,3,1} + x_{12,4,1} + x_{12,5,1} + x_{12,6,1} + x_{12,7,1} \\
&+ x_{12,10,1} + x_{12,11,1} + x_{12,12,1} + x_{12,13,1} + x_{12,14,1} \\
&+ x_{12,17,1} + x_{12,18,1} + x_{12,19,1} + \left[-p^{+}_{12} + p^{-}_{12} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{13,1,1} &+ x_{13,2,1} + x_{13,8,1} + x_{13,9,1} + x_{13,15,1} + x_{13,16,1} + x_{13,22,1} \\
&+ x_{13,23,1} + x_{13,29,1} + x_{13,30,1} + x_{13,23,2} + x_{13,29,2} \\
&+ x_{13,30,2} + x_{13,1,2} + x_{13,2,2} + x_{13,8,2} + x_{13,9,2} + x_{13,15,2} \\
&+ x_{13,16,2} + x_{13,22,2} + x_{13,21,2} + x_{13,24,2} + x_{13,25,2} \\
&+ x_{13,26,2} + x_{13,27,2} + x_{13,28,2} + x_{13,3,2} + x_{13,4,2} + x_{13,5,2} \\
&+ x_{13,6,2} + x_{13,7,2} + x_{13,10,2} + x_{13,11,2} + x_{13,12,2} + x_{13,13,2} \\
&+ x_{13,14,2} + x_{13,17,2} + x_{13,18,2} + x_{13,19,2} + x_{13,20,2} \\
&+ x_{13,20,1} + x_{13,21,1} + x_{13,24,1} + x_{13,25,1} + x_{13,26,1} \\
&+ x_{13,27,1} + x_{13,28,1} + x_{13,3,1} + x_{13,4,1} + x_{13,5,1} + x_{13,6,1} \\
&+ x_{13,7,1} + x_{13,10,1} + x_{13,11,1} + x_{13,12,1} + x_{13,13,1} + x_{13,14,1} \\
&+ x_{13,17,1} + x_{13,18,1} + x_{13,19,1} + \left[-p^{+}_{13} + p^{-}_{13} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{14,1,1} &+ x_{14,2,1} + x_{14,8,1} + x_{14,9,1} + x_{14,15,1} + x_{14,16,1} + x_{14,22,1} \\
&+ x_{14,23,1} + x_{14,29,1} + x_{14,30,1} + x_{14,1,2} + x_{14,2,2} + x_{14,8,2} \\
&+ x_{14,9,2} + x_{14,15,2} + x_{14,16,2} + x_{14,22,2} + x_{14,23,2} + x_{14,29,2} \\
&+ x_{14,30,2} + x_{14,20,2} + x_{14,21,2} + x_{14,24,2} + x_{14,25,2} \\
&+ x_{14,26,2} + x_{14,27,2} + x_{14,28,2} + x_{14,3,2} + x_{14,4,2} + x_{14,5,2} \\
&+ x_{14,6,2} + x_{14,7,2} + x_{14,10,2} + x_{14,11,2} + x_{14,12,2} + x_{14,13,2} \\
&+ x_{14,14,2} + x_{14,17,2} + x_{14,18,2} + x_{14,19,2} + x_{14,19,1} \\
&+ x_{14,20,1} + x_{14,21,1} + x_{14,24,1} + x_{14,25,1} + x_{14,26,1} \\
&+ x_{14,27,1} + x_{14,28,1} + x_{14,3,1} + x_{14,4,1} + x_{14,5,1} + x_{14,6,1} \\
&+ x_{14,7,1} + x_{14,10,1} + x_{14,11,1} + x_{14,12,1} + x_{14,13,1} + x_{14,14,1} \\
&+ x_{14,17,1} + x_{14,18,1} + \left[-p^{+}_{14} + p^{-}_{14} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{15,1,1} &+ x_{15,2,1} + x_{15,8,1} + x_{15,9,1} + x_{15,15,1} + x_{15,16,1} + x_{15,22,1} \\
&+ x_{15,23,1} + x_{15,29,1} + x_{15,30,1} + x_{15,1,2} + x_{15,2,2} + x_{15,8,2} \\
&+ x_{15,9,2} + x_{15,15,2} + x_{15,16,2} + x_{15,22,2} + x_{15,23,2} + x_{15,29,2} \\
&+ x_{15,30,2} + x_{15,19,2} + x_{15,20,2} + x_{15,21,2} + x_{15,24,2} \\
&+ x_{15,25,2} + x_{15,26,2} + x_{15,27,2} + x_{15,28,2} + x_{15,3,2} + x_{15,4,2} \\
&+ x_{15,5,2} + x_{15,6,2} + x_{15,7,2} + x_{15,10,2} + x_{15,11,2} + x_{15,12,2} \\
&+ x_{15,13,2} + x_{15,14,2} + x_{15,17,2} + x_{15,18,2} + x_{15,18,1} \\
&+ x_{15,19,1} + x_{15,20,1} + x_{15,21,1} + x_{15,24,1} + x_{15,25,1} \\
&+ x_{15,26,1} + x_{15,27,1} + x_{15,28,1} + x_{15,3,1} + x_{15,4,1} + x_{15,5,1} \\
&+ x_{15,6,1} + x_{15,7,1} + x_{15,10,1} + x_{15,11,1} + x_{15,12,1} + x_{15,13,1} \\
&+ x_{15,14,1} + x_{15,17,1} + \left[-p^{+}_{15} + p^{-}_{15} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{16,1,1} &+ x_{16,2,1} + x_{16,8,1} + x_{16,9,1} + x_{16,15,1} + x_{16,16,1} + x_{16,22,1} \\
&+ x_{16,23,1} + x_{16,29,1} + x_{16,30,1} + x_{16,23,2} + x_{16,29,2} \\
&+ x_{16,30,2} + x_{16,1,2} + x_{16,2,2} + x_{16,8,2} + x_{16,9,2} + x_{16,15,2} \\
&+ x_{16,16,2} + x_{16,22,2} + x_{16,19,2} + x_{16,20,2} + x_{16,21,2} \\
&+ x_{16,24,2} + x_{16,25,2} + x_{16,26,2} + x_{16,27,2} + x_{16,28,2} + x_{16,3,2} \\
&+ x_{16,4,2} + x_{16,5,2} + x_{16,6,2} + x_{16,7,2} + x_{16,10,2} + x_{16,11,2} \\
&+ x_{16,12,2} + x_{16,13,2} + x_{16,14,2} + x_{16,17,2} + x_{16,18,2} \\
&+ x_{16,18,1} + x_{16,19,1} + x_{16,20,1} + x_{16,21,1} + x_{16,24,1} \\
&+ x_{16,25,1} + x_{16,26,1} + x_{16,27,1} + x_{16,28,1} + x_{16,3,1} + x_{16,4,1} \\
&+ x_{16,5,1} + x_{16,6,1} + x_{16,7,1} + x_{16,10,1} + x_{16,11,1} + x_{16,12,1} \\
&+ x_{16,13,1} + x_{16,14,1} + x_{16,17,1} + \left[-p^{+}_{16} + p^{-}_{16} \right] = 12
\end{aligned}
$$

$$\begin{aligned}
&x_{17,1,1}+x_{17,2,1}+x_{17,8,1}+x_{17,9,1}+x_{17,15,1}+x_{17,16,1}+x_{17,22,1}\\
&\quad+x_{17,23,1}+x_{17,29,1}+x_{17,30,1}+x_{17,1,2}+x_{17,2,2}+x_{17,8,2}\\
&\quad+x_{17,9,2}+x_{17,15,2}+x_{17,16,2}+x_{17,22,2}+x_{17,23,2}+x_{17,29,2}\\
&\quad+x_{17,30,2}+x_{17,18,2}+x_{17,19,2}+x_{17,20,2}+x_{17,21,2}\\
&\quad+x_{17,24,2}+x_{17,25,2}+x_{17,26,2}+x_{17,27,2}+x_{17,28,2}+x_{17,3,2}\\
&\quad+x_{17,4,2}+x_{17,5,2}+x_{17,6,2}+x_{17,7,2}+x_{17,10,2}+x_{17,11,2}\\
&\quad+x_{17,12,2}+x_{17,13,2}+x_{17,14,2}+x_{17,17,2}+x_{17,17,1}\\
&\quad+x_{17,18,1}+x_{17,19,1}+x_{17,20,1}+x_{17,21,1}+x_{17,24,1}\\
&\quad+x_{17,25,1}+x_{17,26,1}+x_{17,27,1}+x_{17,28,1}+x_{17,3,1}+x_{17,4,1}\\
&\quad+x_{17,5,1}+x_{17,6,1}+x_{17,7,1}+x_{17,10,1}+x_{17,11,1}+x_{17,12,1}\\
&\quad+x_{17,13,1}+x_{17,14,1}+\left[-p^{+}_{17}+p^{-}_{17}\right]=12
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{18,1,1}+x_{18,2,1}+x_{18,8,1}+x_{18,9,1}+x_{18,15,1}+x_{18,16,1}+x_{18,22,1}\\
&\quad+x_{18,23,1}+x_{18,29,1}+x_{18,30,1}+x_{18,1,2}+x_{18,2,2}+x_{18,8,2}\\
&\quad+x_{18,9,2}+x_{18,15,2}+x_{18,16,2}+x_{18,22,2}+x_{18,23,2}+x_{18,29,2}\\
&\quad+x_{18,30,2}+x_{18,17,2}+x_{18,18,2}+x_{18,19,2}+x_{18,20,2}\\
&\quad+x_{18,21,2}+x_{18,24,2}+x_{18,25,2}+x_{18,26,2}+x_{18,27,2}\\
&\quad+x_{18,28,2}+x_{18,3,2}+x_{18,4,2}+x_{18,5,2}+x_{18,6,2}+x_{18,7,2}\\
&\quad+x_{18,10,2}+x_{18,11,2}+x_{18,12,2}+x_{18,13,2}+x_{18,14,2}\\
&\quad+x_{18,14,1}+x_{18,17,1}+x_{18,18,1}+x_{18,19,1}+x_{18,20,1}\\
&\quad+x_{18,21,1}+x_{18,24,1}+x_{18,25,1}+x_{18,26,1}+x_{18,27,1}\\
&\quad+x_{18,28,1}+x_{18,3,1}+x_{18,4,1}+x_{18,5,1}+x_{18,6,1}+x_{18,7,1}\\
&\quad+x_{18,10,1}+x_{18,11,1}+x_{18,12,1}+x_{18,13,1}+\left[-p^{+}_{18}+p^{-}_{18}\right]=12
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{19,1,1}+x_{19,2,1}+x_{19,8,1}+x_{19,9,1}+x_{19,15,1}+x_{19,16,1}+x_{19,22,1}\\
&\quad+x_{19,23,1}+x_{19,29,1}+x_{19,30,1}+x_{19,22,2}+x_{19,23,2}\\
&\quad+x_{19,29,2}+x_{19,30,2}+x_{19,1,2}+x_{19,2,2}+x_{19,8,2}+x_{19,9,2}\\
&\quad+x_{19,15,2}+x_{19,16,2}+x_{19,17,2}+x_{19,18,2}+x_{19,19,2}\\
&\quad+x_{19,20,2}+x_{19,21,2}+x_{19,24,2}+x_{19,25,2}+x_{19,26,2}\\
&\quad+x_{19,27,2}+x_{19,28,2}+x_{19,3,2}+x_{19,4,2}+x_{19,5,2}+x_{19,6,2}\\
&\quad+x_{19,7,2}+x_{19,10,2}+x_{19,11,2}+x_{19,12,2}+x_{19,13,2}+x_{19,14,2}\\
&\quad+x_{19,14,1}+x_{19,17,1}+x_{19,18,1}+x_{19,19,1}+x_{19,20,1}\\
&\quad+x_{19,21,1}+x_{19,24,1}+x_{19,25,1}+x_{19,26,1}+x_{19,27,1}\\
&\quad+x_{19,28,1}+x_{19,3,1}+x_{19,4,1}+x_{19,5,1}+x_{19,6,1}+x_{19,7,1}\\
&\quad+x_{19,10,1}+x_{19,11,1}+x_{19,12,1}+x_{19,13,1}+\left[-p^{+}_{19}+p^{-}_{19}\right]=12
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{20,1,1}+x_{20,2,1}+x_{20,8,1}+x_{20,9,1}+x_{20,15,1}+x_{20,16,1}+x_{20,22,1}\\
&\quad+x_{20,23,1}+x_{20,29,1}+x_{20,30,1}+x_{20,1,2}+x_{20,2,2}+x_{20,8,2}\\
&\quad+x_{20,9,2}+x_{20,15,2}+x_{20,16,2}+x_{20,22,2}+x_{20,23,2}+x_{20,29,2}\\
&\quad+x_{20,30,2}+x_{20,14,2}+x_{20,17,2}+x_{20,18,2}+x_{20,19,2}\\
&\quad+x_{20,20,2}+x_{20,21,2}+x_{20,24,2}+x_{20,25,2}+x_{20,26,2}\\
&\quad+x_{20,27,2}+x_{20,28,2}+x_{20,3,2}+x_{20,4,2}+x_{20,5,2}+x_{20,6,2}\\
&\quad+x_{20,7,2}+x_{20,10,2}+x_{20,11,2}+x_{20,12,2}+x_{20,13,2}+x_{20,13,1}\\
&\quad+x_{20,14,1}+x_{20,17,1}+x_{20,18,1}+x_{20,19,1}+x_{20,20,1}\\
&\quad+x_{20,21,1}+x_{20,24,1}+x_{20,25,1}+x_{20,26,1}+x_{20,27,1}\\
&\quad+x_{20,28,1}+x_{20,3,1}+x_{20,4,1}+x_{20,5,1}+x_{20,6,1}+x_{20,7,1}\\
&\quad+x_{20,10,1}+x_{20,11,1}+x_{20,12,1}+\left[-p^{+}_{20}+p^{-}_{20}\right]=12
\end{aligned}$$

$$\sum_{j}\sum_{k} x_{i,j,k} - h_i^{+} + h_i^{-} = 4\,, \qquad \forall i \in I, \qquad \forall j \in J_{hs}, \qquad \forall k \in K$$

$$\begin{aligned}
&x_{1,1,1}+x_{1,2,1}+x_{1,8,1}+x_{1,9,1}+x_{1,15,1}+x_{1,16,1}+x_{1,22,1}\\
&\quad+x_{1,23,1}+x_{1,29,1}+x_{1,30,1}+x_{1,1,2}+x_{1,2,2}+x_{1,8,2}\\
&\quad+x_{1,9,2}+x_{1,15,2}+x_{1,16,2}+x_{1,22,2}+x_{1,23,2}+x_{1,29,2}\\
&\quad+x_{1,30,2}+\left[h^{-}_{1}-h^{+}_{1}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{2,1,1}+x_{2,2,1}+x_{2,8,1}+x_{2,9,1}+x_{2,15,1}+x_{2,16,1}+x_{2,22,1}\\
&\quad+x_{2,23,1}+x_{2,29,1}+x_{2,30,1}+x_{2,1,2}+x_{2,2,2}+x_{2,8,2}\\
&\quad+x_{2,9,2}+x_{2,15,2}+x_{2,16,2}+x_{2,22,2}+x_{2,23,2}+x_{2,29,2}\\
&\quad+x_{2,30,2}+\left[h^{-}_{2}-h^{+}_{2}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{3,1,1}+x_{3,2,1}+x_{3,8,1}+x_{3,9,1}+x_{3,15,1}+x_{3,16,1}+x_{3,22,1}\\
&\quad+x_{3,23,1}+x_{3,29,1}+x_{3,30,1}+x_{3,1,2}+x_{3,2,2}+x_{3,8,2}\\
&\quad+x_{3,9,2}+x_{3,15,2}+x_{3,16,2}+x_{3,22,2}+x_{3,23,2}+x_{3,29,2}\\
&\quad+x_{3,30,2}+\left[h^{-}_{3}-h^{+}_{3}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{4,1,1}+x_{4,2,1}+x_{4,8,1}+x_{4,9,1}+x_{4,15,1}+x_{4,16,1}+x_{4,22,1}\\
&\quad+x_{4,23,1}+x_{4,29,1}+x_{4,30,1}+x_{4,1,2}+x_{4,2,2}+x_{4,8,2}\\
&\quad+x_{4,9,2}+x_{4,15,2}+x_{4,16,2}+x_{4,22,2}+x_{4,23,2}+x_{4,29,2}\\
&\quad+x_{4,30,2}+\left[h^{-}_{4}-h^{+}_{4}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{5,1,1}+x_{5,2,1}+x_{5,8,1}+x_{5,9,1}+x_{5,15,1}+x_{5,16,1}+x_{5,22,1}\\
&\quad+x_{5,23,1}+x_{5,29,1}+x_{5,30,1}+x_{5,1,2}+x_{5,2,2}+x_{5,8,2}\\
&\quad+x_{5,9,2}+x_{5,15,2}+x_{5,16,2}+x_{5,22,2}+x_{5,23,2}+x_{5,29,2}\\
&\quad+x_{5,30,2}+\left[h^{-}_{5}-h^{+}_{5}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{6,1,1}+x_{6,2,1}+x_{6,8,1}+x_{6,9,1}+x_{6,15,1}+x_{6,16,1}+x_{6,22,1}\\
&\quad+x_{6,23,1}+x_{6,29,1}+x_{6,30,1}+x_{6,1,2}+x_{6,2,2}+x_{6,8,2}\\
&\quad+x_{6,9,2}+x_{6,15,2}+x_{6,16,2}+x_{6,22,2}+x_{6,23,2}+x_{6,29,2}\\
&\quad+x_{6,30,2}+\left[h^{-}_{6}-h^{+}_{6}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{7,1,1}+x_{7,2,1}+x_{7,8,1}+x_{7,9,1}+x_{7,15,1}+x_{7,16,1}+x_{7,22,1}\\
&\quad+x_{7,23,1}+x_{7,29,1}+x_{7,30,1}+x_{7,1,2}+x_{7,2,2}+x_{7,8,2}\\
&\quad+x_{7,9,2}+x_{7,15,2}+x_{7,16,2}+x_{7,22,2}+x_{7,23,2}+x_{7,29,2}\\
&\quad+x_{7,30,2}+\left[h^{-}_{7}-h^{+}_{7}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{8,1,1}+x_{8,2,1}+x_{8,8,1}+x_{8,9,1}+x_{8,15,1}+x_{8,16,1}+x_{8,22,1}\\
&\quad+x_{8,23,1}+x_{8,29,1}+x_{8,30,1}+x_{8,1,2}+x_{8,2,2}+x_{8,8,2}\\
&\quad+x_{8,9,2}+x_{8,15,2}+x_{8,16,2}+x_{8,22,2}+x_{8,23,2}+x_{8,29,2}\\
&\quad+x_{8,30,2}+\left[h^{-}_{8}-h^{+}_{8}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{9,1,1}+x_{9,2,1}+x_{9,8,1}+x_{9,9,1}+x_{9,15,1}+x_{9,16,1}+x_{9,22,1}\\
&\quad+x_{9,23,1}+x_{9,29,1}+x_{9,30,1}+x_{9,1,2}+x_{9,2,2}+x_{9,8,2}\\
&\quad+x_{9,9,2}+x_{9,15,2}+x_{9,16,2}+x_{9,22,2}+x_{9,23,2}+x_{9,29,2}\\
&\quad+x_{9,30,2}+\left[h^{-}_{9}-h^{+}_{9}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{10,1,1}+x_{10,2,1}+x_{10,8,1}+x_{10,9,1}+x_{10,15,1}+x_{10,16,1}+x_{10,22,1}\\
&\quad+x_{10,23,1}+x_{10,29,1}+x_{10,30,1}+x_{10,1,2}+x_{10,2,2}+x_{10,8,2}\\
&\quad+x_{10,9,2}+x_{10,15,2}+x_{10,16,2}+x_{10,22,2}+x_{10,23,2}+x_{10,29,2}\\
&\quad+x_{10,30,2}+\left[h^{-}_{10}-h^{+}_{10}\right]=4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&x_{11,1,1}+x_{11,2,1}+x_{11,8,1}+x_{11,9,1}+x_{11,15,1}+x_{11,16,1}+x_{11,22,1}\\
&\quad+x_{11,23,1}+x_{11,29,1}+x_{11,30,1}+x_{11,1,2}+x_{11,2,2}+x_{11,8,2}\\
&\quad+x_{11,9,2}+x_{11,15,2}+x_{11,16,2}+x_{11,22,2}+x_{11,23,2}+x_{11,29,2}\\
&\quad+x_{11,30,2}+\left[h^{-}_{11}-h^{+}_{11}\right]=4
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
x_{12,1,1} &+ x_{12,2,1} + x_{12,8,1} + x_{12,9,1} + x_{12,15,1} + x_{12,16,1} + x_{12,22,1} \\
&+ x_{12,23,1} + x_{12,29,1} + x_{12,30,1} + x_{12,1,2} + x_{12,2,2} + x_{12,8,2} \\
&+ x_{12,9,2} + x_{12,15,2} + x_{12,16,2} + x_{12,22,2} + x_{12,23,2} + x_{12,29,2} \\
&+ x_{12,30,2} + \left[h^{-}_{12} - h^{-}_{12}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{13,1,1} &+ x_{13,2,1} + x_{13,8,1} + x_{13,9,1} + x_{13,15,1} + x_{13,16,1} + x_{13,22,1} \\
&+ x_{13,23,1} + x_{13,29,1} + x_{13,30,1} + x_{13,1,2} + x_{13,2,2} + x_{13,8,2} \\
&+ x_{13,9,2} + x_{13,15,2} + x_{13,16,2} + x_{13,22,2} + x_{13,23,2} + x_{13,29,2} \\
&+ x_{13,30,2} + \left[h^{-}_{13} - h^{-}_{13}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{14,1,1} &+ x_{14,2,1} + x_{14,8,1} + x_{14,9,1} + x_{14,15,1} + x_{14,16,1} + x_{14,22,1} \\
&+ x_{14,23,1} + x_{14,29,1} + x_{14,30,1} + x_{14,1,2} + x_{14,2,2} + x_{14,8,2} \\
&+ x_{14,9,2} + x_{14,15,2} + x_{14,16,2} + x_{14,22,2} + x_{14,23,2} + x_{14,29,2} \\
&+ x_{14,30,2} + \left[h^{-}_{14} - h^{-}_{14}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{15,1,1} &+ x_{15,2,1} + x_{15,8,1} + x_{15,9,1} + x_{15,15,1} + x_{15,16,1} + x_{15,22,1} \\
&+ x_{15,23,1} + x_{15,29,1} + x_{15,30,1} + x_{15,1,2} + x_{15,2,2} + x_{15,8,2} \\
&+ x_{15,9,2} + x_{15,15,2} + x_{15,16,2} + x_{15,22,2} + x_{15,23,2} + x_{15,29,2} \\
&+ x_{15,30,2} + \left[h^{-}_{15} - h^{-}_{15}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{16,1,1} &+ x_{16,2,1} + x_{16,8,1} + x_{16,9,1} + x_{16,15,1} + x_{16,16,1} + x_{16,22,1} \\
&+ x_{16,23,1} + x_{16,29,1} + x_{16,30,1} + x_{16,1,2} + x_{16,2,2} + x_{16,8,2} \\
&+ x_{16,9,2} + x_{16,15,2} + x_{16,16,2} + x_{16,22,2} + x_{16,23,2} + x_{16,29,2} \\
&+ x_{16,30,2} + \left[h^{-}_{16} - h^{-}_{16}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{17,1,1} &+ x_{17,2,1} + x_{17,8,1} + x_{17,9,1} + x_{17,15,1} + x_{17,16,1} + x_{17,22,1} \\
&+ x_{17,23,1} + x_{17,29,1} + x_{17,30,1} + x_{17,1,2} + x_{17,2,2} + x_{17,8,2} \\
&+ x_{17,9,2} + x_{17,15,2} + x_{17,16,2} + x_{17,22,2} + x_{17,23,2} + x_{17,29,2} \\
&+ x_{17,30,2} + \left[h^{-}_{17} - h^{-}_{17}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{18,1,1} &+ x_{18,2,1} + x_{18,8,1} + x_{18,9,1} + x_{18,15,1} + x_{18,16,1} + x_{18,22,1} \\
&+ x_{18,23,1} + x_{18,29,1} + x_{18,30,1} + x_{18,1,2} + x_{18,2,2} + x_{18,8,2} \\
&+ x_{18,9,2} + x_{18,15,2} + x_{18,16,2} + x_{18,22,2} + x_{18,23,2} + x_{18,29,2} \\
&+ x_{18,30,2} + \left[h^{-}_{18} - h^{-}_{18}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{19,1,1} &+ x_{19,2,1} + x_{19,8,1} + x_{19,9,1} + x_{19,15,1} + x_{19,16,1} + x_{19,22,1} \\
&+ x_{19,23,1} + x_{19,29,1} + x_{19,30,1} + x_{19,1,2} + x_{19,2,2} + x_{19,8,2} \\
&+ x_{19,9,2} + x_{19,15,2} + x_{19,16,2} + x_{19,22,2} + x_{19,23,2} + x_{19,29,2} \\
&+ x_{19,30,2} + \left[h^{-}_{19} - h^{-}_{19}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{20,1,1} &+ x_{20,2,1} + x_{20,8,1} + x_{20,9,1} + x_{20,15,1} + x_{20,16,1} + x_{20,22,1} \\
&+ x_{20,23,1} + x_{20,29,1} + x_{20,30,1} + x_{20,1,2} + x_{20,2,2} + x_{20,8,2} \\
&+ x_{20,9,2} + x_{20,15,2} + x_{20,16,2} + x_{20,22,2} + x_{20,23,2} + x_{20,29,2} \\
&+ x_{20,30,2} + \left[h^{-}_{20} - h^{-}_{20}\right] = 4
\end{aligned}
$$

$$\sum_j x_{i,j,1} - \sum_j x_{i,j,2} - dn_i^{+} + dn_i^{-} = 0, \qquad \forall i \in I, \quad \forall j \in J$$

$$
\begin{aligned}
x_{1,1,1} &+ x_{1,2,1} + x_{1,8,1} + x_{1,9,1} + x_{1,15,1} + x_{1,16,1} + x_{1,22,1} \\
&+ x_{1,23,1} + x_{1,29,1} + x_{1,30,1} - x_{1,29,2} - x_{1,30,2} - x_{1,1,2} \\
&- x_{1,2,2} - x_{1,8,2} - x_{1,9,2} - x_{1,15,2} - x_{1,16,2} - x_{1,22,2} \\
&- x_{1,23,2} - x_{1,3,2} - x_{1,4,2} - x_{1,5,2} - x_{1,6,2} - x_{1,7,2} - x_{1,10,2} \\
&- x_{1,11,2} - x_{1,12,2} - x_{1,13,2} - x_{1,14,2} - x_{1,17,2} - x_{1,18,2} \\
&- x_{1,19,2} - x_{1,20,2} - x_{1,21,2} - x_{1,24,2} - x_{1,25,2} - x_{1,26,2} \\
&- x_{1,27,2} - x_{1,28,2} + x_{1,3,1} + x_{1,4,1} + x_{1,5,1} + x_{1,6,1} + x_{1,7,1} \\
&+ x_{1,10,1} + x_{1,11,1} + x_{1,12,1} + x_{1,13,1} + x_{1,14,1} + x_{1,17,1} \\
&+ x_{1,18,1} + x_{1,19,1} + x_{1,20,1} + x_{1,21,1} + x_{1,24,1} + x_{1,25,1} \\
&+ x_{1,26,1} + x_{1,27,1} + x_{1,28,1} = \left[dn_1^{+} - dn_1^{-}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{2,1,1} &+ x_{2,2,1} + x_{2,8,1} + x_{2,9,1} + x_{2,15,1} + x_{2,16,1} + x_{2,22,1} \\
&+ x_{2,23,1} + x_{2,29,1} + x_{2,30,1} - x_{2,1,2} - x_{2,2,2} - x_{2,8,2} \\
&- x_{2,9,2} - x_{2,15,2} - x_{2,16,2} - x_{2,22,2} - x_{2,23,2} - x_{2,29,2} \\
&- x_{2,30,2} - x_{2,3,2} - x_{2,4,2} - x_{2,5,2} - x_{2,6,2} - x_{2,7,2} - x_{2,10,2} \\
&- x_{2,11,2} - x_{2,12,2} - x_{2,13,2} - x_{2,14,2} - x_{2,17,2} - x_{2,18,2} \\
&- x_{2,19,2} - x_{2,20,2} - x_{2,21,2} - x_{2,24,2} - x_{2,25,2} - x_{2,26,2} \\
&- x_{2,27,2} - x_{2,28,2} + x_{2,3,1} + x_{2,4,1} + x_{2,5,1} + x_{2,6,1} + x_{2,7,1} \\
&+ x_{2,10,1} + x_{2,11,1} + x_{2,12,1} + x_{2,13,1} + x_{2,14,1} + x_{2,17,1} \\
&+ x_{2,18,1} + x_{2,19,1} + x_{2,20,1} + x_{2,21,1} + x_{2,24,1} + x_{2,25,1} \\
&+ x_{2,26,1} + x_{2,27,1} + x_{2,28,1} = \left[dn_2^{+} - dn_2^{-}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{3,1,1} &+ x_{3,2,1} + x_{3,8,1} + x_{3,9,1} + x_{3,15,1} + x_{3,16,1} + x_{3,22,1} \\
&+ x_{3,23,1} + x_{3,29,1} + x_{3,30,1} - x_{3,1,2} - x_{3,2,2} - x_{3,8,2} \\
&- x_{3,9,2} - x_{3,15,2} - x_{3,16,2} - x_{3,22,2} - x_{3,23,2} - x_{3,29,2} \\
&- x_{3,30,2} - x_{3,3,2} - x_{3,4,2} - x_{3,5,2} - x_{3,6,2} - x_{3,7,2} - x_{3,10,2} \\
&- x_{3,11,2} - x_{3,12,2} - x_{3,13,2} - x_{3,14,2} - x_{3,17,2} - x_{3,18,2} \\
&- x_{3,19,2} - x_{3,20,2} - x_{3,21,2} - x_{3,24,2} - x_{3,25,2} - x_{3,26,2} \\
&- x_{3,27,2} - x_{3,28,2} + x_{3,28,1} + x_{3,3,1} + x_{3,4,1} + x_{3,5,1} \\
&+ x_{3,6,1} + x_{3,7,1} + x_{3,10,1} + x_{3,11,1} + x_{3,12,1} + x_{3,13,1} \\
&+ x_{3,14,1} + x_{3,17,1} + x_{3,18,1} + x_{3,19,1} + x_{3,20,1} + x_{3,21,1} \\
&+ x_{3,24,1} + x_{3,25,1} + x_{3,26,1} + x_{3,27,1} = \left[dn_3^{+} - dn_3^{-}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x_{4,1,1} &+ x_{4,2,1} + x_{4,8,1} + x_{4,9,1} + x_{4,15,1} + x_{4,16,1} + x_{4,22,1} \\
&+ x_{4,23,1} + x_{4,29,1} + x_{4,30,1} - x_{4,29,2} - x_{4,30,2} - x_{4,1,2} \\
&- x_{4,2,2} - x_{4,8,2} - x_{4,9,2} - x_{4,15,2} - x_{4,16,2} - x_{4,22,2} \\
&- x_{4,23,2} - x_{4,3,2} - x_{4,4,2} - x_{4,5,2} - x_{4,6,2} - x_{4,7,2} - x_{4,10,2} \\
&- x_{4,11,2} - x_{4,12,2} - x_{4,13,2} - x_{4,14,2} - x_{4,17,2} - x_{4,18,2} \\
&- x_{4,19,2} - x_{4,20,2} - x_{4,21,2} - x_{4,24,2} - x_{4,25,2} - x_{4,26,2} \\
&- x_{4,27,2} - x_{4,28,2} + x_{4,28,1} + x_{4,3,1} + x_{4,4,1} + x_{4,5,1} \\
&+ x_{4,6,1} + x_{4,7,1} + x_{4,10,1} + x_{4,11,1} + x_{4,12,1} + x_{4,13,1} \\
&+ x_{4,14,1} + x_{4,17,1} + x_{4,18,1} + x_{4,19,1} + x_{4,20,1} + x_{4,21,1} \\
&+ x_{4,24,1} + x_{4,25,1} + x_{4,26,1} + x_{4,27,1} = \left[dn_4^{+} - dn_4^{-}\right]
\end{aligned}
$$

$$\begin{aligned}&x_{5,1,1}+x_{5,2,1}+x_{5,8,1}+x_{5,9,1}+x_{5,15,1}+x_{5,16,1}+x_{5,22,1}\\&\quad+x_{5,23,1}+x_{5,29,1}+x_{5,30,1}-x_{5,1,2}-x_{5,2,2}-x_{5,8,2}\\&\quad-x_{5,9,2}-x_{5,15,2}-x_{5,16,2}-x_{5,22,2}-x_{5,23,2}-x_{5,29,2}\\&\quad-x_{5,30,2}-x_{5,28,2}-x_{5,3,2}-x_{5,4,2}-x_{5,5,2}-x_{5,6,2}-x_{5,7,2}\\&\quad-x_{5,10,2}-x_{5,11,2}-x_{5,12,2}-x_{5,13,2}-x_{5,14,2}-x_{5,17,2}\\&\quad-x_{5,18,2}-x_{5,19,2}-x_{5,20,2}-x_{5,21,2}-x_{5,24,2}-x_{5,25,2}\\&\quad-x_{5,26,2}-x_{5,27,2}+x_{5,27,1}+x_{5,28,1}+x_{5,3,1}+x_{5,4,1}\\&\quad+x_{5,5,1}+x_{5,6,1}+x_{5,7,1}+x_{5,10,1}+x_{5,11,1}+x_{5,12,1}\\&\quad+x_{5,13,1}+x_{5,14,1}+x_{5,17,1}+x_{5,18,1}+x_{5,19,1}+x_{5,20,1}\\&\quad+x_{5,21,1}+x_{5,24,1}+x_{5,25,1}+x_{5,26,1}=\left[dn_5^{+}-dn_5^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{6,1,1}+x_{6,2,1}+x_{6,8,1}+x_{6,9,1}+x_{6,15,1}+x_{6,16,1}+x_{6,22,1}\\&\quad+x_{6,23,1}+x_{6,29,1}+x_{6,30,1}-x_{6,1,2}-x_{6,2,2}-x_{6,8,2}\\&\quad-x_{6,9,2}-x_{6,15,2}-x_{6,16,2}-x_{6,22,2}-x_{6,23,2}-x_{6,29,2}\\&\quad-x_{6,30,2}-x_{6,27,2}-x_{6,28,2}-x_{6,3,2}-x_{6,4,2}-x_{6,5,2}\\&\quad-x_{6,6,2}-x_{6,7,2}-x_{6,10,2}-x_{6,11,2}-x_{6,12,2}-x_{6,13,2}\\&\quad-x_{6,14,2}-x_{6,17,2}-x_{6,18,2}-x_{6,19,2}-x_{6,20,2}-x_{6,21,2}\\&\quad-x_{6,24,2}-x_{6,25,2}-x_{6,26,2}+x_{6,26,1}+x_{6,27,1}+x_{6,28,1}\\&\quad+x_{6,3,1}+x_{6,4,1}+x_{6,5,1}+x_{6,6,1}+x_{6,7,1}+x_{6,10,1}+x_{6,11,1}\\&\quad+x_{6,12,1}+x_{6,13,1}+x_{6,14,1}+x_{6,17,1}+x_{6,18,1}+x_{6,19,1}\\&\quad+x_{6,20,1}+x_{6,21,1}+x_{6,24,1}+x_{6,25,1}=\left[dn_6^{+}-dn_6^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{7,1,1}+x_{7,2,1}+x_{7,8,1}+x_{7,9,1}+x_{7,15,1}+x_{7,16,1}+x_{7,22,1}\\&\quad+x_{7,23,1}+x_{7,29,1}+x_{7,30,1}-x_{7,29,2}-x_{7,30,2}-x_{7,1,2}\\&\quad-x_{7,2,2}-x_{7,8,2}-x_{7,9,2}-x_{7,15,2}-x_{7,16,2}-x_{7,22,2}\\&\quad-x_{7,23,2}-x_{7,27,2}-x_{7,28,2}-x_{7,3,2}-x_{7,4,2}-x_{7,5,2}\\&\quad-x_{7,6,2}-x_{7,7,2}-x_{7,10,2}-x_{7,11,2}-x_{7,12,2}-x_{7,13,2}\\&\quad-x_{7,14,2}-x_{7,17,2}-x_{7,18,2}-x_{7,19,2}-x_{7,20,2}-x_{7,21,2}\\&\quad-x_{7,24,2}-x_{7,25,2}-x_{7,26,2}+x_{7,26,1}+x_{7,27,1}+x_{7,28,1}\\&\quad+x_{7,3,1}+x_{7,4,1}+x_{7,5,1}+x_{7,6,1}+x_{7,7,1}+x_{7,10,1}+x_{7,11,1}\\&\quad+x_{7,12,1}+x_{7,13,1}+x_{7,14,1}+x_{7,17,1}+x_{7,18,1}+x_{7,19,1}\\&\quad+x_{7,20,1}+x_{7,21,1}+x_{7,24,1}+x_{7,25,1}=\left[dn_7^{+}-dn_7^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{8,1,1}+x_{8,2,1}+x_{8,8,1}+x_{8,9,1}+x_{8,15,1}+x_{8,16,1}+x_{8,22,1}\\&\quad+x_{8,23,1}+x_{8,29,1}+x_{8,30,1}-x_{8,1,2}-x_{8,2,2}-x_{8,8,2}\\&\quad-x_{8,9,2}-x_{8,15,2}-x_{8,16,2}-x_{8,22,2}-x_{8,23,2}-x_{8,29,2}\\&\quad-x_{8,30,2}-x_{8,26,2}-x_{8,27,2}-x_{8,28,2}-x_{8,3,2}-x_{8,4,2}\\&\quad-x_{8,5,2}-x_{8,6,2}-x_{8,7,2}-x_{8,10,2}-x_{8,11,2}-x_{8,12,2}\\&\quad-x_{8,13,2}-x_{8,14,2}-x_{8,17,2}-x_{8,18,2}-x_{8,19,2}-x_{8,20,2}\\&\quad-x_{8,21,2}-x_{8,24,2}-x_{8,25,2}+x_{8,25,1}+x_{8,26,1}+x_{8,27,1}\\&\quad+x_{8,28,1}+x_{8,3,1}+x_{8,4,1}+x_{8,5,1}+x_{8,6,1}+x_{8,7,1}+x_{8,10,1}\\&\quad+x_{8,11,1}+x_{8,12,1}+x_{8,13,1}+x_{8,14,1}+x_{8,17,1}+x_{8,18,1}\\&\quad+x_{8,19,1}+x_{8,20,1}+x_{8,21,1}+x_{8,24,1}=\left[dn_8^{+}-dn_8^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{9,1,1}+x_{9,2,1}+x_{9,8,1}+x_{9,9,1}+x_{9,15,1}+x_{9,16,1}+x_{9,22,1}\\&\quad+x_{9,23,1}+x_{9,29,1}+x_{9,30,1}-x_{9,1,2}-x_{9,2,2}-x_{9,8,2}\\&\quad-x_{9,9,2}-x_{9,15,2}-x_{9,16,2}-x_{9,22,2}-x_{9,23,2}-x_{9,29,2}\\&\quad-x_{9,30,2}-x_{9,25,2}-x_{9,26,2}-x_{9,27,2}-x_{9,28,2}-x_{9,3,2}\\&\quad-x_{9,4,2}-x_{9,5,2}-x_{9,6,2}-x_{9,7,2}-x_{9,10,2}-x_{9,11,2}\\&\quad-x_{9,12,2}-x_{9,13,2}-x_{9,14,2}-x_{9,17,2}-x_{9,18,2}-x_{9,19,2}\\&\quad-x_{9,20,2}-x_{9,21,2}-x_{9,24,2}+x_{9,24,1}+x_{9,25,1}+x_{9,26,1}\\&\quad+x_{9,27,1}+x_{9,28,1}+x_{9,3,1}+x_{9,4,1}+x_{9,5,1}+x_{9,6,1}+x_{9,7,1}\\&\quad+x_{9,10,1}+x_{9,11,1}+x_{9,12,1}+x_{9,13,1}+x_{9,14,1}+x_{9,17,1}\\&\quad+x_{9,18,1}+x_{9,19,1}+x_{9,20,1}+x_{9,21,1}=\left[dn_9^{+}-dn_9^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{10,1,1}+x_{10,2,1}+x_{10,8,1}+x_{10,9,1}+x_{10,15,1}+x_{10,16,1}+x_{10,22,1}\\&\quad+x_{10,23,1}+x_{10,29,1}+x_{10,30,1}-x_{10,23,2}-x_{10,29,2}\\&\quad-x_{10,30,2}-x_{10,1,2}-x_{10,2,2}-x_{10,8,2}-x_{10,9,2}-x_{10,15,2}\\&\quad-x_{10,16,2}-x_{10,22,2}-x_{10,25,2}-x_{10,26,2}-x_{10,27,2}\\&\quad-x_{10,28,2}-x_{10,3,2}-x_{10,4,2}-x_{10,5,2}-x_{10,6,2}-x_{10,7,2}\\&\quad-x_{10,10,2}-x_{10,11,2}-x_{10,12,2}-x_{10,13,2}-x_{10,14,2}\\&\quad-x_{10,17,2}-x_{10,18,2}-x_{10,19,2}-x_{10,20,2}-x_{10,21,2}\\&\quad-x_{10,24,2}+x_{10,24,1}+x_{10,25,1}+x_{10,26,1}+x_{10,27,1}\\&\quad+x_{10,28,1}+x_{10,3,1}+x_{10,4,1}+x_{10,5,1}+x_{10,6,1}+x_{10,7,1}\\&\quad+x_{10,10,1}+x_{10,11,1}+x_{10,12,1}+x_{10,13,1}+x_{10,14,1}\\&\quad+x_{10,17,1}+x_{10,18,1}+x_{10,19,1}+x_{10,20,1}+x_{10,21,1}=\left[dn_{10}^{+}\right.\\&\quad\left.-dn_{10}^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{11,1,1}+x_{11,2,1}+x_{11,8,1}+x_{11,9,1}+x_{11,15,1}+x_{11,16,1}+x_{11,22,1}\\&\quad+x_{11,23,1}+x_{11,29,1}+x_{11,30,1}-x_{11,1,2}-x_{11,2,2}-x_{11,8,2}\\&\quad-x_{11,9,2}-x_{11,15,2}-x_{11,16,2}-x_{11,22,2}-x_{11,23,2}-x_{11,29,2}\\&\quad-x_{11,30,2}-x_{11,24,2}-x_{11,25,2}-x_{11,26,2}-x_{11,27,2}\\&\quad-x_{11,28,2}-x_{11,3,2}-x_{11,4,2}-x_{11,5,2}-x_{11,6,2}-x_{11,7,2}\\&\quad-x_{11,10,2}-x_{11,11,2}-x_{11,12,2}-x_{11,13,2}-x_{11,14,2}\\&\quad-x_{11,17,2}-x_{11,18,2}-x_{11,19,2}-x_{11,20,2}-x_{11,21,2}\\&\quad+x_{11,21,1}+x_{11,24,1}+x_{11,25,1}+x_{11,26,1}+x_{11,27,1}\\&\quad+x_{11,28,1}+x_{11,3,1}+x_{11,4,1}+x_{11,5,1}+x_{11,6,1}+x_{11,7,1}\\&\quad+x_{11,10,1}+x_{11,11,1}+x_{11,12,1}+x_{11,13,1}+x_{11,14,1}\\&\quad+x_{11,17,1}+x_{11,18,1}+x_{11,19,1}+x_{11,20,1}=\left[dn_{11}^{+}-dn_{11}^{-}\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&x_{12,1,1}+x_{12,2,1}+x_{12,8,1}+x_{12,9,1}+x_{12,15,1}+x_{12,16,1}+x_{12,22,1}\\&\quad+x_{12,23,1}+x_{12,29,1}+x_{12,30,1}-x_{12,1,2}-x_{12,2,2}-x_{12,8,2}\\&\quad-x_{12,9,2}-x_{12,15,2}-x_{12,16,2}-x_{12,22,2}-x_{12,23,2}-x_{12,29,2}\\&\quad-x_{12,30,2}-x_{12,21,2}-x_{12,24,2}-x_{12,25,2}-x_{12,26,2}\\&\quad-x_{12,27,2}-x_{12,28,2}-x_{12,3,2}-x_{12,4,2}-x_{12,5,2}-x_{12,6,2}\\&\quad-x_{12,7,2}-x_{12,10,2}-x_{12,11,2}-x_{12,12,2}-x_{12,13,2}-x_{12,14,2}\\&\quad-x_{12,17,2}-x_{12,18,2}-x_{12,19,2}-x_{12,20,2}+x_{12,20,1}\\&\quad+x_{12,21,1}+x_{12,24,1}+x_{12,25,1}+x_{12,26,1}+x_{12,27,1}\\&\quad+x_{12,28,1}+x_{12,3,1}+x_{12,4,1}+x_{12,5,1}+x_{12,6,1}+x_{12,7,1}\\&\quad+x_{12,10,1}+x_{12,11,1}+x_{12,12,1}+x_{12,13,1}+x_{12,14,1}\\&\quad+x_{12,17,1}+x_{12,18,1}+x_{12,19,1}=\left[dn_{12}^{-}-dn_{12}^{-}\right]\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
& x_{13, 1, 1} + x_{13, 2, 1} + x_{13, 8, 1} + x_{13, 9, 1} + x_{13, 15, 1} + x_{13, 16, 1} + x_{13, 22, 1} \\
& \quad + x_{13, 23, 1} + x_{13, 29, 1} + x_{13, 30, 1} - x_{13, 23, 2} - x_{13, 29, 2} \\
& \quad - x_{13, 30, 2} - x_{13, 1, 2} - x_{13, 2, 2} - x_{13, 8, 2} - x_{13, 9, 2} - x_{13, 15, 2} \\
& \quad - x_{13, 16, 2} - x_{13, 22, 2} - x_{13, 21, 2} - x_{13, 24, 2} - x_{13, 25, 2} \\
& \quad - x_{13, 26, 2} - x_{13, 27, 2} - x_{13, 28, 2} - x_{13, 3, 2} - x_{13, 4, 2} - x_{13, 5, 2} \\
& \quad - x_{13, 6, 2} - x_{13, 7, 2} - x_{13, 10, 2} - x_{13, 11, 2} - x_{13, 12, 2} - x_{13, 13, 2} \\
& \quad - x_{13, 14, 2} - x_{13, 17, 2} - x_{13, 18, 2} - x_{13, 19, 2} - x_{13, 20, 2} \\
& \quad + x_{13, 20, 1} + x_{13, 21, 1} + x_{13, 24, 1} + x_{13, 25, 1} + x_{13, 26, 1} \\
& \quad + x_{13, 27, 1} + x_{13, 28, 1} + x_{13, 3, 1} + x_{13, 4, 1} + x_{13, 5, 1} + x_{13, 6, 1} \\
& \quad + x_{13, 7, 1} + x_{13, 10, 1} + x_{13, 11, 1} + x_{13, 12, 1} + x_{13, 13, 1} + x_{13, 14, 1} \\
& \quad + x_{13, 17, 1} + x_{13, 18, 1} + x_{13, 19, 1} = \left[dn^{+}_{13} - dn^{-}_{13}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{14, 1, 1} + x_{14, 2, 1} + x_{14, 8, 1} + x_{14, 9, 1} + x_{14, 15, 1} + x_{14, 16, 1} + x_{14, 22, 1} \\
& \quad + x_{14, 23, 1} + x_{14, 29, 1} + x_{14, 30, 1} - x_{14, 1, 2} - x_{14, 2, 2} - x_{14, 8, 2} \\
& \quad - x_{14, 9, 2} - x_{14, 15, 2} - x_{14, 16, 2} - x_{14, 22, 2} - x_{14, 23, 2} - x_{14, 29, 2} \\
& \quad - x_{14, 30, 2} - x_{14, 20, 2} - x_{14, 21, 2} - x_{14, 24, 2} - x_{14, 25, 2} \\
& \quad - x_{14, 26, 2} - x_{14, 27, 2} - x_{14, 28, 2} - x_{14, 3, 2} - x_{14, 4, 2} - x_{14, 5, 2} \\
& \quad - x_{14, 6, 2} - x_{14, 7, 2} - x_{14, 10, 2} - x_{14, 11, 2} - x_{14, 12, 2} - x_{14, 13, 2} \\
& \quad - x_{14, 14, 2} - x_{14, 17, 2} - x_{14, 18, 2} - x_{14, 19, 2} + x_{14, 19, 1} \\
& \quad + x_{14, 20, 1} + x_{14, 21, 1} + x_{14, 24, 1} + x_{14, 25, 1} + x_{14, 26, 1} \\
& \quad + x_{14, 27, 1} + x_{14, 28, 1} + x_{14, 3, 1} + x_{14, 4, 1} + x_{14, 5, 1} + x_{14, 6, 1} \\
& \quad + x_{14, 7, 1} + x_{14, 10, 1} + x_{14, 11, 1} + x_{14, 12, 1} + x_{14, 13, 1} + x_{14, 14, 1} \\
& \quad + x_{14, 17, 1} + x_{14, 18, 1} = \left[dn^{+}_{14} - dn^{-}_{14}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{15, 1, 1} + x_{15, 2, 1} + x_{15, 8, 1} + x_{15, 9, 1} + x_{15, 15, 1} + x_{15, 16, 1} + x_{15, 22, 1} \\
& \quad + x_{15, 23, 1} + x_{15, 29, 1} + x_{15, 30, 1} - x_{15, 1, 2} - x_{15, 2, 2} - x_{15, 8, 2} \\
& \quad - x_{15, 9, 2} - x_{15, 15, 2} - x_{15, 16, 2} - x_{15, 22, 2} - x_{15, 23, 2} - x_{15, 29, 2} \\
& \quad - x_{15, 30, 2} - x_{15, 19, 2} - x_{15, 20, 2} - x_{15, 21, 2} - x_{15, 24, 2} \\
& \quad - x_{15, 25, 2} - x_{15, 26, 2} - x_{15, 27, 2} - x_{15, 28, 2} - x_{15, 3, 2} - x_{15, 4, 2} \\
& \quad - x_{15, 5, 2} - x_{15, 6, 2} - x_{15, 7, 2} - x_{15, 10, 2} - x_{15, 11, 2} - x_{15, 12, 2} \\
& \quad - x_{15, 13, 2} - x_{15, 14, 2} - x_{15, 17, 2} - x_{15, 18, 2} + x_{15, 18, 1} \\
& \quad + x_{15, 19, 1} + x_{15, 20, 1} + x_{15, 21, 1} + x_{15, 24, 1} + x_{15, 25, 1} \\
& \quad + x_{15, 26, 1} + x_{15, 27, 1} + x_{15, 28, 1} + x_{15, 3, 1} + x_{15, 4, 1} + x_{15, 5, 1} \\
& \quad + x_{15, 6, 1} + x_{15, 7, 1} + x_{15, 10, 1} + x_{15, 11, 1} + x_{15, 12, 1} + x_{15, 13, 1} \\
& \quad + x_{15, 14, 1} + x_{15, 17, 1} = \left[dn^{+}_{15} - dn^{-}_{15}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{16, 1, 1} + x_{16, 2, 1} + x_{16, 8, 1} + x_{16, 9, 1} + x_{16, 15, 1} + x_{16, 16, 1} + x_{16, 22, 1} \\
& \quad + x_{16, 23, 1} + x_{16, 29, 1} + x_{16, 30, 1} - x_{16, 23, 2} - x_{16, 29, 2} \\
& \quad - x_{16, 30, 2} - x_{16, 1, 2} - x_{16, 2, 2} - x_{16, 8, 2} - x_{16, 9, 2} - x_{16, 15, 2} \\
& \quad - x_{16, 16, 2} - x_{16, 22, 2} - x_{16, 19, 2} - x_{16, 20, 2} - x_{16, 21, 2} \\
& \quad - x_{16, 24, 2} - x_{16, 25, 2} - x_{16, 26, 2} - x_{16, 27, 2} - x_{16, 28, 2} - x_{16, 3, 2} \\
& \quad - x_{16, 4, 2} - x_{16, 5, 2} - x_{16, 6, 2} - x_{16, 7, 2} - x_{16, 10, 2} - x_{16, 11, 2} \\
& \quad - x_{16, 12, 2} - x_{16, 13, 2} - x_{16, 14, 2} - x_{16, 17, 2} - x_{16, 18, 2} \\
& \quad + x_{16, 18, 1} + x_{16, 19, 1} + x_{16, 20, 1} + x_{16, 21, 1} + x_{16, 24, 1} \\
& \quad + x_{16, 25, 1} + x_{16, 26, 1} + x_{16, 27, 1} + x_{16, 28, 1} + x_{16, 3, 1} + x_{16, 4, 1} \\
& \quad + x_{16, 5, 1} + x_{16, 6, 1} + x_{16, 7, 1} + x_{16, 10, 1} + x_{16, 11, 1} + x_{16, 12, 1} \\
& \quad + x_{16, 13, 1} + x_{16, 14, 1} + x_{16, 17, 1} = \left[dn^{+}_{16} - dn^{-}_{16}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{17, 1, 1} + x_{17, 2, 1} + x_{17, 8, 1} + x_{17, 9, 1} + x_{17, 15, 1} + x_{17, 16, 1} + x_{17, 22, 1} \\
& \quad + x_{17, 23, 1} + x_{17, 29, 1} + x_{17, 30, 1} - x_{17, 1, 2} - x_{17, 2, 2} - x_{17, 8, 2} \\
& \quad - x_{17, 9, 2} - x_{17, 15, 2} - x_{17, 16, 2} - x_{17, 22, 2} - x_{17, 23, 2} - x_{17, 29, 2} \\
& \quad - x_{17, 30, 2} - x_{17, 18, 2} - x_{17, 19, 2} - x_{17, 20, 2} - x_{17, 21, 2} \\
& \quad - x_{17, 24, 2} - x_{17, 25, 2} - x_{17, 26, 2} - x_{17, 27, 2} - x_{17, 28, 2} - x_{17, 3, 2} \\
& \quad - x_{17, 4, 2} - x_{17, 5, 2} - x_{17, 6, 2} - x_{17, 7, 2} - x_{17, 10, 2} - x_{17, 11, 2} \\
& \quad - x_{17, 12, 2} - x_{17, 13, 2} - x_{17, 14, 2} - x_{17, 17, 2} + x_{17, 17, 1} \\
& \quad + x_{17, 18, 1} + x_{17, 19, 1} + x_{17, 20, 1} + x_{17, 21, 1} + x_{17, 24, 1} \\
& \quad + x_{17, 25, 1} + x_{17, 26, 1} + x_{17, 27, 1} + x_{17, 28, 1} + x_{17, 3, 1} + x_{17, 4, 1} \\
& \quad + x_{17, 5, 1} + x_{17, 6, 1} + x_{17, 7, 1} + x_{17, 10, 1} + x_{17, 11, 1} + x_{17, 12, 1} \\
& \quad + x_{17, 13, 1} + x_{17, 14, 1} = \left[dn^{+}_{17} - dn^{-}_{17}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{18, 1, 1} + x_{18, 2, 1} + x_{18, 8, 1} + x_{18, 9, 1} + x_{18, 15, 1} + x_{18, 16, 1} + x_{18, 22, 1} \\
& \quad + x_{18, 23, 1} + x_{18, 29, 1} + x_{18, 30, 1} - x_{18, 1, 2} - x_{18, 2, 2} - x_{18, 8, 2} \\
& \quad - x_{18, 9, 2} - x_{18, 15, 2} - x_{18, 16, 2} - x_{18, 22, 2} - x_{18, 23, 2} - x_{18, 29, 2} \\
& \quad - x_{18, 30, 2} - x_{18, 17, 2} - x_{18, 18, 2} - x_{18, 19, 2} - x_{18, 20, 2} \\
& \quad - x_{18, 21, 2} - x_{18, 24, 2} - x_{18, 25, 2} - x_{18, 26, 2} - x_{18, 27, 2} \\
& \quad - x_{18, 28, 2} - x_{18, 3, 2} - x_{18, 4, 2} - x_{18, 5, 2} - x_{18, 6, 2} - x_{18, 7, 2} \\
& \quad - x_{18, 10, 2} - x_{18, 11, 2} - x_{18, 12, 2} - x_{18, 13, 2} - x_{18, 14, 2} \\
& \quad + x_{18, 14, 1} + x_{18, 17, 1} + x_{18, 18, 1} + x_{18, 19, 1} + x_{18, 20, 1} \\
& \quad + x_{18, 21, 1} + x_{18, 24, 1} + x_{18, 25, 1} + x_{18, 26, 1} + x_{18, 27, 1} \\
& \quad + x_{18, 28, 1} + x_{18, 3, 1} + x_{18, 4, 1} + x_{18, 5, 1} + x_{18, 6, 1} + x_{18, 7, 1} \\
& \quad + x_{18, 10, 1} + x_{18, 11, 1} + x_{18, 12, 1} + x_{18, 13, 1} = \left[dn^{+}_{18} - dn^{-}_{18}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{19, 1, 1} + x_{19, 2, 1} + x_{19, 8, 1} + x_{19, 9, 1} + x_{19, 15, 1} + x_{19, 16, 1} + x_{19, 22, 1} \\
& \quad + x_{19, 23, 1} + x_{19, 29, 1} + x_{19, 30, 1} - x_{19, 22, 2} - x_{19, 23, 2} \\
& \quad - x_{19, 29, 2} - x_{19, 30, 2} - x_{19, 1, 2} - x_{19, 2, 2} - x_{19, 8, 2} - x_{19, 9, 2} \\
& \quad - x_{19, 15, 2} - x_{19, 16, 2} - x_{19, 17, 2} - x_{19, 18, 2} - x_{19, 19, 2} \\
& \quad - x_{19, 20, 2} - x_{19, 21, 2} - x_{19, 24, 2} - x_{19, 25, 2} - x_{19, 26, 2} \\
& \quad - x_{19, 27, 2} - x_{19, 28, 2} - x_{19, 3, 2} - x_{19, 4, 2} - x_{19, 5, 2} - x_{19, 6, 2} \\
& \quad - x_{19, 7, 2} - x_{19, 10, 2} - x_{19, 11, 2} - x_{19, 12, 2} - x_{19, 13, 2} - x_{19, 14, 2} \\
& \quad + x_{19, 14, 1} + x_{19, 17, 1} + x_{19, 18, 1} + x_{19, 19, 1} + x_{19, 20, 1} \\
& \quad + x_{19, 21, 1} + x_{19, 24, 1} + x_{19, 25, 1} + x_{19, 26, 1} + x_{19, 27, 1} \\
& \quad + x_{19, 28, 1} + x_{19, 3, 1} + x_{19, 4, 1} + x_{19, 5, 1} + x_{19, 6, 1} + x_{19, 7, 1} \\
& \quad + x_{19, 10, 1} + x_{19, 11, 1} + x_{19, 12, 1} + x_{19, 13, 1} = \left[dn^{+}_{19} - dn^{-}_{19}\right]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
& x_{20, 1, 1} + x_{20, 2, 1} + x_{20, 8, 1} + x_{20, 9, 1} + x_{20, 15, 1} + x_{20, 16, 1} + x_{20, 22, 1} \\
& \quad + x_{20, 23, 1} + x_{20, 29, 1} + x_{20, 30, 1} - x_{20, 1, 2} - x_{20, 2, 2} - x_{20, 8, 2} \\
& \quad - x_{20, 9, 2} - x_{20, 15, 2} - x_{20, 16, 2} - x_{20, 22, 2} - x_{20, 23, 2} - x_{20, 29, 2} \\
& \quad - x_{20, 30, 2} - x_{20, 14, 2} - x_{20, 17, 2} - x_{20, 18, 2} - x_{20, 19, 2} \\
& \quad - x_{20, 20, 2} - x_{20, 21, 2} - x_{20, 24, 2} - x_{20, 25, 2} - x_{20, 26, 2} \\
& \quad - x_{20, 27, 2} - x_{20, 28, 2} - x_{20, 3, 2} - x_{20, 4, 2} - x_{20, 5, 2} - x_{20, 6, 2} \\
& \quad - x_{20, 7, 2} - x_{20, 10, 2} - x_{20, 11, 2} - x_{20, 12, 2} - x_{20, 13, 2} + x_{20, 13, 1} \\
& \quad + x_{20, 14, 1} + x_{20, 17, 1} + x_{20, 18, 1} + x_{20, 19, 1} + x_{20, 20, 1} \\
& \quad + x_{20, 21, 1} + x_{20, 24, 1} + x_{20, 25, 1} + x_{20, 26, 1} + x_{20, 27, 1} \\
& \quad + x_{20, 28, 1} + x_{20, 3, 1} + x_{20, 4, 1} + x_{20, 5, 1} + x_{20, 6, 1} + x_{20, 7, 1} \\
& \quad + x_{20, 10, 1} + x_{20, 11, 1} + x_{20, 12, 1} = \left[dn^{-}_{20} - dn^{-}_{20}\right]
\end{aligned}
$$

ÖZ GEÇMİŞ

KİMLİK BİLGİLERİ

Adı Soyadı	**:**	**Emrah Bayraktar**
Doğum Yeri	**:**	**Acıpayam/Denizli**
Doğum Tarihi	**:**	**01.01.1989**
E-posta	**:**	**byrktremrah20@gmail.com**

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise	**:**	**Acıpayam Anadolu Lisesi**
Lisans	**:**	**Eskişehir Osmangazi Üniversitesi- Matematik Bölümü**
Yüksek Lisans	**:**	**Pamukkale Üniversitesi- Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Sayısal Yöntemler Programı Tezli Yüksek Lisans**
Programlama	**:**	**Microsoft Office, MS Windows, Maple, GAMS, c++, c#**