

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müfide NARLI

**HEMŞİRELERİN ÇALIŞMA VARDİYALARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÇİZELGELENMESİ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HEMŞİRELERİN ÇALIŞMA VARDİYALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ
VE ÇİZELGELENMESİ**

Müfide NARLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 14/06/2007 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. S. Noyan OĞULATA
DANIŞMAN

İmza:.....

Prof. Dr. Nazan ALPARSLAN
ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Rızvan EROL
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza-Mühür**

- **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HEMŞİRELERİN ÇALIŞMA VARDİYALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÇİZELGELENMESİ

Müfide NARLI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd.Doç. Dr. S. Noyan OĞULATA
Yıl: 2007 Sayfa: 81
Jüri: Yrd. Doç. Dr. S. Noyan OĞULATA
Prof. Dr. Z. Nazan ALPARSLAN
Doç. Dr. Rızvan EROL

Hastaneler 24 saat hizmet vermeleri nedeniyle vardiya sistemi ile çalışan yerlerdir. Vardiyalı çalışma biçimi çalışanları fiziksel ve psikolojik açıdan olumsuz etkileyebilen ve bu yüzden yönetimi zor bir sistemdir. Ancak sağlık hizmeti gibi kesintisiz hizmet veren veya üretimi aralıksız devam ettirmek zorunda olan işletmeler vardiyalı sistem ile çalışmak zorundadırlar. Sağlık hizmeti veren çalışanların dikkatinin ve verimliliklerinin hayati önemi vardır. Yapılacak hatalar telafisi mümkün olmayan sonuçlara sebep olabilirler. Vardiyalı sistemin olumsuzluklarını azaltmanın bir yolu vardiyalı çalışma çizelgesinin çalışma kalitesini ve verimliliği olumsuz etkilemeyecek şekilde düzenlenmesidir. Hastanelerde çalışma saatleri çizelgeleme işlemi genellikle sorumlu hemşire tarafından yapılmaktadır.

Çizelgelemeyi hazırlayan sorumlu yoğun bakım hemşireleriyle görüşülerek ve konuyla ilgili yapılmış çalışmalar da incelenerek dikkate alınması gereken kısıtlar belirlenmiş, ardından tamsayılı doğrusal programlama tekniğiyle genel anlamda kullanılabilecek matematiksel modeller kurulmuştur. Kurulan modeller bir üniversite hastanesinin yoğun bakım servisi verileri ile uygulanmış ve LINGO paket programı yardımıyla optimum çözümler bulunmuştur. Temel matematiksel modelde hemşirelerin vardiya atamaları her bir hemşirenin toplam haftalık çalışma vardiyalarının, ortalama çalışma vardiyalarından farkının mutlak değerini minimize edecek olan modelin geliştirilmesi, ek hemşire atama modelinde her bir vardiya için atanacak hemşire sayısının yetersiz olması durumunda başka birimlerden minimum süre ile hemşire çalıştırılması amaçlanarak çizelgelenmiş; ek hemşire atama ve kıdem esaslı matematiksel modelde ise servis dışından ek hemşire çalışma sürelerini minimize eden ve belli kıdemdeki hemşirelerin vardiyalara istenen sayıda atanmasını sağlayan bir model kurulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, Matematiksel Programlama, Optimizasyon, Tamsayılı Doğrusal Programlama

ABSTRACT

MASTER THESIS

EVALUATION AND SCHEDULING OF THE NURSES' WORK SHIFTS

Müfide NARLI

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
ÇUKUROVA UNIVERSITY

Supervisor: Assist. Prof. Dr. S. Noyan OĞULATA
Year: 2007 Pages: 81

Jury: Assist. Prof. Dr. S. Noyan OĞULATA
Prof. Dr. Z. Nazan ALPARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Rızvan EROL

Hospitals are the places that work with shift system since they give 24 hours of service. Shift system is a hard system which can negatively affect workers physically and psychologically. But, the institutions which have to give continuous service such as health services and the continuous production facilities have to work with shift system. Attention and efficiency of the employees that give health services are vital. Any mistakes can result in non-reparable consequences. One way to decrease the disadvantages of the shift system is to organize the shift schedule in order not to affect the quality of the service and efficiency. In hospitals, shift schedule is mostly organized by the nurses in charge.

Constraints that should be taken into consideration were determined by the interviews performed with the intensive care nurses in charge and by analyzing literature and mathematical models to be generally used were developed by using integer linear programming. Models were applied on an intensive care unit of a university hospital and optimal solutions were derived by using LINGO software. In the “Basic Mathematical Model”, allocation of the nurses were determined by minimizing the absolute value of the difference between each nurse’s total weekly working shifts and average total weekly working shifts. In the “Additional Nurse Assignment Model”, scheduling was performed by aiming the minimum duration of the nurses taken from other units, when the number of assigned nurses is not enough. In the “Nurse Assignment and Seniority Based Mathematical Model”, model was built by minimizing the duration of the nurses from other units while aiming the assignment of correct number of nurses that have a defined seniority.

Key words: Scheduling, Mathematical Programming, Optimization, Integer Linear Programming.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansta beni yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Seyfi Noyan OĞULATA' ya teşekkürlerimi sunarım . Tezimdeki bilgisayar programı ile bilgi ve desteğini esirgemiyen Yrd. Doç. Dr. Ali KOKANGÜL'e çok teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans boyunca anlayış ve desteğini esirgemeyen eşime ve tezimi hazırlarken sabırla beni bekleyen çocuklarım İlayda, Arda ve Can'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
Problemin Tanımı ve Önemi.....	4
Çalışmanın Amacı.....	8
Çalışmanın Kapsamı.....	10
Çalışmanın Adımları.....	10
Tezin Organizasyonu	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Literatürün Genel Değerlendirilmesi.....	18
3. MATERYAL VE METOD.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Metod.....	21
3.2.1. Matematiksel Programlama Yaklaşımı.....	21
3.2.2. Ergonomik Değerlendirmeler.....	22
3.3. Geliştirilen Matematiksel Modeller.....	24
3.4. Notasyonlar.....	25
3.4.1. Temel Matematiksel Model.....	27
3.4.2. Ek Hemşire Atama Modeli.....	30
3.4.3. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model.....	33
3.5. Matematiksel Programların Çözümünde Kullanılan Optimizasyon Programları	36
3.6. LINGO (Language For Interactive General Optimization	
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1.Uygulamalar.....	38
4.2. Temel Matematiksel Modelin Uygulaması.....	38

4.2.1. Temel Matematiksel Modelin Optimum Çözümü.....	40
4.2.2. Temel Matematiksel Modelin Optimum Çözüm Yorumu.....	41
4.3. Ek Hemşire Atama Modelinin Uygulaması.....	44
4.3.1. Ek Hemşire Atama Modelinin Uygulamasının Optimum Çözümü.....	47
4.3.2. Ek Hemşire Atama Modelinin Uygulamasının Optimum Çözüm Yorumu.....	47
4.4. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model	51
4.4.1. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model Optimum Çözümü.....	54
4.4.2. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model Çözüm Yorumu	55
4.5. Senaryo Analizleri.....	57
4.5.1. Temel Matematiksel Modelin Senaryo Analizi	58
4.5.2. Ek Hemşire Atama Modeli Senaryo Analizi (I).....	58
4.5.3. Ek Hemşire Atama Modeli Senaryo Analizi (II).....	59
4.5.4. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Senaryo Analizi.....	61
4.6. Modellerin Duyarlılık Analizi.....	63
4.6.1. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi.....	63
4.6.2. Ek Hemşire Atama Modelinin Duyarlılık Analizi.....	65
4.6.3. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Modelin Duyarlılık Analizi...	66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	75
EKLER.....	76
EK.1. Temel Matematiksel Modelin LINGO Dilindeki Yazılışı.....	77
EK.2. Ek Hemşire Atama Modelinin LINGO Dilindeki Yazılışı	78
EK.3. Ek Hemşire Atama ve Kıdem Esaslı Modelin LINGO Dilindeki Yazılışı	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Temel Matematiksel Modelin Optimal Çözümü.....	41
Çizelge 4.2. Ek Hemşire Atama Modelin Uygulamasının Optimum Çözümü.....	47
Çizelge 4.3. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Optimum Çözümü.....	54
Çizelge 4.4. Temel Matematiksel Modelin Senaryo Analizi.....	57
Çizelge 4.5. Ek Hemşire Atama Modelinin Senaryo Analizi (I).....	58
Çizelge 4.7. Ek Hemşire Atama Modelinin Senaryo Analizi (II).....	60
Çizelge 4.8. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Senaryo Analizi.....	62
Çizelge 4.9. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (I).....	63
Çizelge 4.10. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (II).....	64
Çizelge 4.11. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (III).....	64
Çizelge 4.12. Ek Hemşire Atama Modelinin Duyarlılık Analizi	65
Çizelge 4.13. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi.....	66

1. GİRİŞ

Hastaneler haftada yedi gün, günde 24 saat bayram tatilleri dahil aralıksız hizmet verdiklerinden sürekli vardiyalı sistem ile çalışırlar. Vardiyalı çalışmanın çalışanlara fiziksel ve psikolojik açıdan zorlayıcı etkileri vardır. Vardiyalı sistemin olumsuzluklarını azaltmak için vardiyalı çalışma çizelgesinin çalışma kalitesini ve verimliliği olumsuz etkilemeyecek şekilde düzenlenmesi gereklidir.

Vardiyalı çalışmada, diğer bir tanımla çok ekipli çalışmada birden çok ekip söz konusudur. Her ekip vardiya olarak tanımlanan belli süre çalışır, bu süre sonunda işletmeye gelen diğer ekip işi devralır ve sürdürür. Böylece birden çok ekip aynı yerde, aynı işlevleri, ayrımlı saatlerde yaparak, işletmenin tamgün sürekli çalışmasını sağlarlar. Çok ekipli çalışmada, sabit vardiya çalışmasından veya dönüşümlü vardiya çalışmasından söz edilebilir. Sabit vardiya çalışmasında, hep gündüz, hep akşam veya hep gece çalışan ekipler vardır. Dönüşümlü vardiya çalışmasında ise ekipler belli bir zamansal program içerisinde dönüşümlü olarak sabah, akşam ve gece çalışırlar. Kimi işletmelerde bu iki çalışma biçimi sabit ve dönüşümlü çalışma birlikte uygulanır (İncir, 1998).

Vardiyalı sistem yönetimi zor ve çalışanlar için birçok olumsuzluğu olan bir sistemdir. Ancak sağlık hizmeti gibi kesintisiz hizmet veren veya üretimi aralıksız devam ettirmek zorunda olan işletmeler vardiyalı sistem ile çalışmak zorundadırlar. Sağlık hizmeti veren çalışanların dikkatinin ve verimliliklerinin hayati önemi vardır. Yapılacak hata telafisi mümkün olmayan sonuçlara sebep olabilecektir. Vardiyalı sistemin bu yüzden çok dikkatli ve ergonomik olarak düzenlenmesi gereklidir.

Ergonomi, insanın anatomik özelliklerini, antropometrik ölçülerini, fizyolojik kapasite ve toleranslarını göz önünde tutarak iş çevresinde oluşan organik ve psikolojik zorlamalar karşısında, insan-makina-sınai çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koyan, çok disiplinli bir araştırma ve geliştirme alanıdır (İncir ve Estaş, 1983).

Ergonomi, işçi rahatlığını ve başarısını arttırmayı amaçlayan koşullarıyla insan yetenekleri arasında optimum uyumunu sağlamaya çalışan bir bilim dalıdır.

Ergonomi konusunda ilk bilimsel çalışmalar Frederick W. TAYLOR' la başlar. 1856 yılında Taylor, ABD' de, çalıştığı fabrikasının verimini arttırmak için incelemeler yapmış ve bazı kurallar geliştirmiştir (İncir ve Estaş, 1983).

İnsan bedeni, fonksiyonları ritim içinde düzenleyen birtakım sistemleri kapsar. En çok bilinen ritim insan yaşamı boyunca hiç aralıksız dakikada 60-80 arasındaki kasılmalarıyla kalp ritimleridir. En az bilinen ritmik kasılmalar ise yemek borusunun kasılmaları ve beyin hücreleri tarafından üretilen yüksek frekanslı voltaj değişimleridir. 24 saat içinde uyumak ve uyanmak gibi ritimlerle beraber ısı düzenleyici ritimler bulunmaktadır. Bir günün içinde oluşan bu ritimlere günlük (sirkadien) ritimler adı verilmektedir (Karagüven ve Berk, 2001).

Bu ritimler dışında bir aya kadar uzanan dönüşümlü fonksiyonları içeren ritimler vardır. Dönüşümlü olarak süren bu ritimler içinde duygusal, zihinsel ve fiziksel birtakım ritimler yer alır ve bu uzun dönemli değişimler genel olarak biyolojik veya biyoritmeler olarak bilinirler (Karagüven ve Berk, 2001).

Vardiyalı çalışma sistemi içinde çalışma saatlerine bağlı olarak insan vücudundaki biyolojik ve günlük ritimler geçici yapı oluşturur. Çalışma saatlerinin değişimine bağlı olarak ritmik sistemde oluşan geçici ritmik yapıda değişir. Geçici yapının değişim süreci insan davranışlarını psikolojik ve fizyolojik yapıyı etkiler, bu konuyla ilgili çalışmalara literatürde sıkça rastlanmaktadır (Karagüven ve Berk, 2001).

Vardiya çalışmasının başta kurallarını belirlerken vücut sirkadien ritminin doğru değerlendirilmesi ve bunları dikkate alarak çizelgelemenin yapılması çalışma verimi açısından daha doğru olacaktır. Çalışmada bunlar dikkate alınacak ve değerlendirilecektir.

Görev çizelgesi manuel olarak hazırlanabilmesine rağmen her zaman çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluğun temelinde hemşire hizmetinin haftanın 7 günü ve 24 saat üzerinden verilmesinde yatmaktadır. Ayrıca birçok hastanede hemşire çizelgeleme önceden hazırlanmaktadır. Özellikle çok fazla hemşireye ihtiyaç duyulduğunda genellikle çizelgelemeyi yapan kişi çizelgelemeye çok zaman harcamaktadır. Özellikle sıkıcı ve zaman alıcı olması nedeniyle hemşire nöbet problemi veya hemşire çizelgeleme problemi (nurse scheduling problem-NSP) bir

çok araştırmacının dikkatini çekmiştir. NSP periyodik (haftalık, aylık,..) olarak yasal kısıtlar, personel politikaları, hemşire beklentileri ve buna benzer her hastaneye özgü birçok kısıt olabilmektedir. Bu kısıtlar hastaneden hastaneye ve amaca göre bir değişim gösterebilmektedir.

Hastane amaçlarından biri çalışma kalitesinin ve verimliliğinin artırılması çabasıdır. Bunun için çalışan hemşirelerin yeterli sayıda olması da gereklidir. Hemşire sayısının az olması iş yükünü arttıracığından hizmet kalitesini düşürecektir. Sağlık sektöründe de böyle eksiklikler telafisi mümkün olmayan sonuçlara neden olabilecektir. Çalışan sayısının fazla olması da maliyetleri arttırdığından tercih edilmeyecektir. Rekabet ortamında uygun maliyetlerin bulunması önemli bir avantaj sağlayacaktır. Rekabetin çok olduğu sağlık sektöründe çalışanları memnun etmek ve tercih edilmek içinde çalışma düzeninin uygunluğu önemlidir.

Türkiye’de hastane sektörüne ilişkin ana göstergeler incelendiğinde; 2001 verilerine göre Türkiye de 120.268.687 poliklinik sayısı, 5.290.024 yatan hasta sayısı, 5.5 gün ortalama hastanede kalış süresi, %58,1 yatak işgal oranı (kapasite kullanım oranı) ve 1.7 kişi başına yıllık ortalama hekime başvuru sayısı gerçekleşmiştir (Top ve Şahin, 2004).

Bu verilere göre sağlık sektöründe hizmet bekleyen sayısının ciddi rakamlara ulaştığı görülmektedir. Sadece yatan hasta sayısı 5.290.024 kişidir. Yatan hasta olduğu için vardiyalı çalışmayı gerektiren bu sektör, bütün bu talebe hizmet etmektedir.

Sağlık hizmetleri maliyetleri sürekli bir artış göstermektedir. Buna paralel olarak, hem kamu hem de özel kesimde hastane hizmetlerinin maliyetleri önemli bir ilgi alanı olarak ortaya çıkmakta ve bu ilginin doğal sonucu olarak hastane yönetimleri ekonomik alandaki rol ve sorumluluklarını daha fazla bilimsel ilkelere dayalı olarak genişletme eğilimi göstermektedir (Ersoy ve Kavuncubaşı, 1995).

Yoğun Bakım Servisi’nde yapılan bu çalışmada çalışanların vardiyalı çalışmaları bilimsel araştırmalara dayanarak ve bilimsel yöntemlerle çizelgelenmiştir. Bu çizelgelemeyi yaparken hemşire sayısını yeterli tutmaya çalışarak hasta memnuniyetini ve güvenliğini, çalışanların tercihlerini

değerlendirerek de çalışan memnuniyetini ve verimliliğini, uygun sayıda hemşire çalıştırarak da kurumun mali anlamda çıkarları gözetilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada çizelgelemeyi yapmak için yöneylem araştırması teknikleri kullanılmıştır. Uygun teknik belirlenerek, yukarıda değinildiği gibi ergonomik yaklaşımlara uygun modeller kurularak, bu modeller de matematiksel dilde yazılmıştır. Bu modeller bilgisayar programında çözülerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. Problemin Tanımı ve Önemi

Karmaşık bir yapıya sahip olan hastanelerde temel girdinin insan ve insan hayatı olmasından dolayı sistemin her bir aşamasında çıktının kalitesi hayati bir öneme sahiptir. Üretim işletmelerinde görülen ıskarta ve hurda kavramının sağlık hizmetlerinde olmaması ve geri dönüşümlü olmayan hatalara ve büyük kayıplara yol açması nedeniyle hastanelerde kalitenin sürekli iyileştirilmesi ve bunun için de çalışan personele önem verilmesi kaçınılmazdır. Kaliteli sağlık hizmeti ancak motive edilmiş personel ile sağlanabilir. Bu nedenle sağlık yöneticisi motivasyona büyük önem vermek, onların memnuniyetini arttırmak, böylece işletmenin daha verimli hizmet vermesini sağlamak için maddi ve manevi çeşitli motivasyon araç ve yöntemlerini kullanmak durumundadırlar (Aykanat ve Tengilimioğlu, 2003).

Personel, hastanenin en önemli girdi kaynaklarından biridir. Hastane amaçlarının gerçekleştirebilmesi, personel yönetimine ve personelin davranışlarına gereken önemin verilmesine bağlıdır (Erigüç, 1999).

Sağlık sektöründe vardiyalı çalışma uygulamaları kanunla düzenlenmiş bir çalışma şekli olup kanun dışında bir uygulamanın olabilmesi mümkün değildir. Kanunla sınırlanmış olan bu çalışma şeklinin çalışanların istediği şekilde ve çalıştıkları kurumun hizmetlerine uygun şekilde düzenlenmesi gereklidir. Personelin en uygun şekilde gerekli vardiyalara gerekli sayıda atanması, hizmetin devamı ve kalitesi açısından da gereklidir. Vardiya çizelgeleme birçok çalışmaya konu olmuştur. Çalışılan sektörün farklılığı, gerekleri, çalışanların beklentileri, sözleşmeler

gibi birçok faktör içeren bu konu her bir problemin diğerinden farklılığını oluşturmaktadır.

Yoğun Bakım Servisleri'nde hemşirelerin çalışma saatlerinin çizelgelemesinin oluşturulması genellikle sorumlu hemşireler tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Bu da uzun süren bir çalışma gerektirmekte, işgücü kaybına ve zaman zaman uygun olmayan atamaların yapılmasına neden olmaktadır.

Subjektif yaklaşımlarla hazırlanabilen manuel çizelgeleme, hazırlayan tarafından bazı çalışanlara ayrıcalık veya cezalandırma sistemi olarak da kullanılabilir. Objektif olmayan ve birçok ergonomi kısıtlarını dikkate alınmasını mümkün kılmayan manuel çizelgelemenin bu olumsuz sonuçlarını en aza indirmenin bir yolu matematiksel programlama tekniği ile uygun bilgisayar programı ile optimum çözümün bulunmasıdır.

Hastanelerin verimini ve etkililiğini etkileyen öğelerden birisi örgütsel çatışmadır. Hastaneler en karmaşık örgütler arasında yer aldıklarından büyük bir çatışma potansiyeline sahiptir. Hizmet içi eğitimle eğitilen yardımcı personelden oldukça yüksek düzeyde eğitilmiş beyin cerrahına kadar değişen personel; karmaşık ve çok pahalı teçhizat; yapılan faaliyetlerin yaşam ve ölümle ilgili olması ve ortaya çıkan stres, hastanelerin kendine özgü özelliklerini ve yaratıcı çözümler gerektiren özel sorunları arttırır (Kaya, 1992).

Çalışanların memnuniyeti, motivasyonu, tercihlerinin değerlendirilmesi ve buna uygun düzenlemelerin yapılması gereklidir. Hemşireler de genellikle servisteki başhemşire tarafından belirlenen vardiyaya, gerekli sayıda ve istenen zamanda atanmak zorundadır.

Motivasyon düşüklüğünün yarattığı en büyük tehlike, motivasyonu düşük olan elemanın salt performans kaybı değil, diğer elemanları da çok çabuk olumsuz etkileme gücüdür. Bu nedenle sağlık gibi önemli bir hizmeti veren hastanelerde motivasyonun personel verimliliği ve başarısı üzerindeki etkileri göz ardı edilmemelidir (Aykanat ve Tengilimioğlu, 2003).

Objektif kurallara dayalı olarak çalışan bir çizelgeleme çalışanların motivasyon ve performanslarının artmasını sağlayabilir ve böylece hizmet kalitesi ve hasta memnuniyetini arttıracak bir sinerjinin oluşması beklenebilir. Birçok kriteri

aynı zamanda dikkate alan ergonomik bir çizelgeleme yöneylem tekniklerinin kullanılmasıyla mümkündür.

Yöneylem Araştırmasının temelleri, İkinci Dünya Savaşı'nda atılmıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında müttefik kuvvetler tarafından karşılaşılan askeri stratejik ve taktik problemlerin tek bir kişi veya tek bir disiplin tarafından çözölemeyecek kadar karmaşık yapıda olduğu görölmüştür. İngiliz Savunma Bakanlığı bu karmaşık problemleri çözmek için, çeşitli disiplinlerdeki bilim adamlarından oluşan ekipler teşkil etmişlerdir. 1941 yılına gelindiğinde, İngiliz ordusunda her üç kuvvet bünyesinde hareket etkinliğini araştıran bilimsel ekipler oluşturulmuştur. Askeri hareketin etkinliğini artırmak amacıyla yönelik olarak yapılan bu çalışmaların sonucunda geliştirilen yeni yaklaşıma “Operations Research (Harekat Araştırması - Yöneylem Araştırması)” adı verilmiştir (www.kho.edu).

Yöneylem araştırması günümüzde de çok farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Hemşire görev/nöbet çizelgesi problemi (nurse rostering problem-NRP) birçok çalışmaya konu olmuş ve bu problemler yöneylem araştırmasının çeşitli teknikleriyle çözülmüştür. Vardiyalı çalışma saatlerinin çizelgelenmesi burada yöneylem araştırmasındaki tamsayılı doğrusal programlama yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır.

Yöneylem araştırmasındaki matematiksel modellerde karar değişkenleri tamsayılı ya da sürekli olabilir, buna karşılık amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal (lineer) olabilir ya da olmayabilir (nonlinear). Optimizasyon problemleri bu tür modeller sayesinde ortaya çıkmakta ve değişik çözüm yöntemlerinin gelişmesine kaynak oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde en belirgin ve başarıyla kullanılanı doğrusal programlamadır. Doğrusal programlamada tüm amaç ve kısıt fonksiyonları doğrusal, tüm değişkenler sürekli dir. Başka tip modellerin çözümü için geliştirilen diğer matematiksel teknikler içinde dinamik programlama, tamsayılı programlama, doğrusal olmayan (nonlinear) programlama, hedef programlama ve şebeke programlamayı sayabiliriz (Taha, 2000).

Hemen hemen tüm yöneylem araştırması teknikleri, yapısında yineleme (tekrarlama) bulunan hesaplama algoritmalarıyla sonuçlandırılır. Bu, problemin yinelemelerle (iterasyon) çözülmekte olduğunu ve her yeni yineleme sonunda

çözümün optimuma daha yakın hale getirmektedir. Algoritmaların bu yinelemeli (tekrarlamalı) yapısı uzun ve sıkıcı hesaplamalara yol açmaktadır. Dolayısıyla, bu algoritmaların bilgisayarlar yardımıyla yürütülmesi zorunlu hale gelmektedir (Taha, 2000). Bu sebeple çalışmada bu algoritma LINGO bilgisayar programı yardımıyla çözülecektir.

Bilgisayar kullanınının yöneylem araştırması modellerinin çözümü için gerekli bir araç olması, yuvarlatma hataları gibi birtakım hesaplama zorluklarını da beraberinde getirmektedir. Bu tip hatalar yineleme sayısı arttıkça daha belirgin hale gelmektedir. Çünkü bilgisayar tüm hesaplamaları tamsayılı olmayan aritmetiğin yardımıyla yapmakta, dolayısıyla bazı tamsayılı değerleri tam olarak göstermek mümkün olmamaktadır.

Bazı matematiksel modeller ise, bilinen herhangi bir optimizasyon algoritmasıyla çözülemeyecek kadar karmaşık yapıda olabilir. Bu durumda optimum çözüm aramak yerine, sezgisel yöntemler kullanarak sadece iyi bir çözüm arama yoluna gidilir. Bu vardiya düzenlemelerini de literatürde sezgisel yaklaşımla çözen çalışmalar da bulunmaktadır. Sezgisel yöntemler, normal olarak olsa olsa mantığını uygulayarak probleme iyi bir çözüm arayan yöntemlerdir. Sezgisel algoritmalar, genellikle, optimumu tam bulan algoritmalara göre daha hızlı çalışma avantajına sahiptir (Taha, 2000).

Matematiksel programlamada sezgisel (heuristic) yöntemler bir optimizasyon problemine yakın optimal çözümler belirleyen yöntemlerdir. Optimizasyonda kesin yöntemlerin tersine sezgisel yöntemler optimal çözümü garanti etmez (Bakır ve Altunkaynak, 2003). Vardiya çizelgelemede bu yöntemler de kullanılmıştır. İlerideki bölümlerde bu konuyla ilgili çalışmaları heuristic yöntemler kullanarak çözülmüş olanlara değinilecektir.

Sezgisel yöntemlerin tasarımı için yaygın biçimde kullanılan temelde iki strateji söz konusudur. Bireysel sezgisel algoritmalar (Greedy yöntemler) ve meta sezgisel (metaheuristic) komşulukta arayan (neighborhood search) yöntemleridir (Bakır ve Altunkaynak, 2003).

Problemlerin zorluk ve büyüklük derecelerine ve problem türüne göre geliştirilmiş çeşitli yöntemler mevcuttur. Göreceli olarak mütevazı çaptaki

problemlerin çözümü daha ziyade dal sınır, düzlem kesme algoritmaları gibi yöntemlerle gerçekleştirilir ve kesin optimum çözümler elde edilirken, problemin büyüklüğüne bağlı olarak çoğu zaman üstel hesaplama zamanı sorunundan dolayı büyük çaplı problemler için geliştirilmiş ve yakın optimal çözümleri veren sezgisel yöntemler vardır .

Bu çalışmada çözülen problem birçok farklı algoritmayla çözülebilir. Nihayet literatürde de bu konuyla ilgili problemin spesifik özelliklerini dikkate alarak en uygun çözüm algoritmaları uygulanmış, bazen melez algoritmalar da kullanılmıştır. Her problemin birden fazla çözüm yolu bulunmaktadır.

Uygulamada yöneylem araştırması tarafından kullanılan birkaç genel kuraldan söz edilebilir. Yöneylem araştırması uygulamalarındaki temel aşamalar:

1. Problemin tanımlanması
2. Modelin kurulması
3. Modelin çözülmesi
4. Modelin geçerliğinin onaylanması
5. Çözümün uygulanması (Bakır ve Altunkaynak, 2003).

Bu çalışmada da yöneylem araştırmasının bu aşamalarına göre, problem çözümü için, bu sıra takip edilerek sonuçlandırılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, hemşire çizelgeleme problemine matematiksel programlama yaklaşımı ile çözüm bulmaya çalışılmıştır. Literatürde ilgili alanda yapılmış çalışmalar ve çalışma yoğun bakım servislerinde yapılan ikili görüşmeler sonucunda tespit edilen sınırlamalar modelde birer kısıtlayıcı denklem ile ifade edilmiştir.

Hastaneye gelen hasta yoğunluğunun zamanla değişmesi, çalışmakta olan personelin hasta veya izinli olması, mevcut hemşirelerin herhangi bir vardiyada ihtiyaca cevap verecek şekilde dağıtımının yapılma zorunluluğu, çizelgelemelerin yapılmasını son derece zor bir problem haline getirmektedir. Problemin içerdiği bu talep dalgalanmaları, çoğu zaman mevcut hemşirelerin boş veya yetersiz olmasına neden olmaktadır.

Mevcut hemşire sayılarının yetersiz kaldığı zamanlarda diğer servislerde çalışmakta olan bazı hemşirelerin kısa süreli yardımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumlarda başka bir servisten gelen hemşirelerin mümkün olduğunca kısa süre çalıştırılması yapılan işin daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amaçları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Hemşire çizelgeleme alanında literatürde mevcut olan çalışmalarda kullanılmış yöntemlerin ve kısıtların belirlenmesi
2. Hemşire çizelgelemede kullanılmakta olan vardiya sistemlerinin incelenmesi ve ergonomik açıdan en uygun çizelgeleme sisteminin tespit edilmesi
3. Bir araştırma hastanesinde uygulanmakta olan hemşire çizelgeleme yönteminin ayrıntılı olarak incelenmesi, güçlü ve zayıf yönlerinin bulunması
4. Dikkate alınan araştırma hastanesinde hemşireler ile çok sayıda ikili görüşmeler yapılarak çizelgelemede dikkate alınması gereken kısıtların tespit edilmesi
5. Belirlenen kısıtlar dahilinde mevcut sayıdaki hemşireleri çalışma vardiyalarına bir haftalık dönemde atayacak matematiksel modelin kurulması ve her hemşirenin haftalık çalışma vardiyası ile ortalama haftalık çalışma vardiyası arasındaki mutlak farkı minimize eden modelin geliştirilmesi (Temel Matematiksel Model)
6. Mevcut hemşire sayısının yetersiz kalması durumunda dışardan çalıştırılacak hemşirelerin haftanın hangi günü, hangi vardiyada ve kaç sayıda hemşireye ihtiyaç duyulacağını belirleyen matematiksel modelin kurulması ve çizelgelenmesi (Ek Hemşire Atama Modeli)
7. Kıdemin dikkate alındığı; aynı kıdemdeki hemşirelerden oluşturulan iki grubun vardiyalara göre dağılımında hangi vardiyada, kaç hemşirenin çalışacağını belirlendiği çizelgelemenin hazırlanması (Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model)

8. Kurulan matematiksel modellerin farklı varsayımlarla ve gerçek verilerle çözümlenmesi ve değerlendirilmesi

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışma, hastanelerin yoğun bakım servislerinde çalışmakta olan hemşirelerin objektif kurallara dayalı ve ergonomik olarak çalışma vardiyalarının belirlenmesi kapsamında yapılmıştır.

1.4. Çalışmanın Adımları

1. Hemşire çizelgeleme alanında literatürde yapılmış çalışmaların incelenmesi
2. Literatürde çizelgeleme alanında kullanılmış olan yöntemlerin ve kısıtların belirlenmesi
3. Hastanelerde uygulanmakta olan mevcut çizelgeleme yöntemlerinin incelenmesi
4. Hastanede yoğun bakım servislerinde çalışmakta olan hemşireler ile ikili görüşmeler yaparak mevcut çizelgeleme sistemin avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi
5. Hemşire çizelgelemenin ergonomik açıdan değerlendirilmesi.
6. Ergonomik açıdan en uygun hemşire çizelgeleme vardiya sisteminin belirlenmesi
7. Belirlenen hemşire çizelgelemesine dayalı olarak belirlenen kısıtlar dahilinde hemşireleri en uygun şekilde atayan ve çalışma vardiyaları arasındaki mutlak standart sapmayı minimize eden temel matematiksel modelin geliştirilmesi
8. Dışarıdan ihtiyaç duyulacak hemşire çalışma süresini minimum yapacak ek hemşire atama modelinin kurulması
9. Dışarıdan ihtiyaç duyulacak ek hemşire çalışma süresini minimum yapacak ve kıdem gruplarının dikkate alındığı ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelin kurulması
10. Kurulan modellerin uygulanması
11. Uygulama çözümlerinin yorumlanması

12. Modellerin senaryo analizinin yapılması
13. Modellerin duyarlılık analizinin yapılması
14. Sonuçların yorumlanarak hastaneye sunulması
15. Sonraki çalışmalar için önerilerin oluşturulması

1.5. Tezin Organizasyonu

Bundan sonraki bölümde konuyla ilgili yapılmış önceki çalışmalara değinilerek, çalışmanın daha önce yapılan çalışmalardan farkı da değerlendirilmiştir. Materyal ve metod bölümünde modeller sunulmuş ve ergonomik çizelgeleme için gerekli kısıtları oluşturmak için araştırmalar yapılmış ve matematiksel modeller kurulmuştur. Ardından uygulanacak metod ile ilgili açıklanma yapılmıştır. Bulgular ve tartışma bölümünde servisteki mevcut hemşirelerin çalışma vardiyaları arasındaki mutlak standart sapmayı minimize eden temel matematiksel modelin geliştirilerek bir çizelgeleme yapılmış, ardından hemşire ihtiyacı olması durumunda diğer servislerden alınacak hemşire sayısını minimum yapacak model geliştirilmiş ve dışarıdan ek hemşire çalıştırılabilen modele belirlenen kıdem gruplarındaki hemşirelerin vardiyalara belirlenen sayıda atanmalarını sağlayan model geliştirilmiştir. Bu geliştirilen matematiksel modeller LINGO dilinde yazılarak, LINGO 8.0 paket programında çözülmüştür. Bu modeller matematiksel olarak gösterilmiş ayrıca farklı varsayımlarla, çalışan hemşire sayıları değiştirilerek modellerin senaryo analizi ve duyarlılık analizi yapılmış ve hemşire sayısının fazla olması durumunda modellerin çözüm süresi ve çözüm sonuçları değerlendirilmiştir. Beşinci ve son bölümde, bu çalışma ile elde edilen sonuçlar sunulmuş ve konu ile ilgili olarak yapılacak sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Warner (1975), dört-altı haftalık çizelgeleme periyotlarının her gün ve vardiya için belirlenen kısıtlarla her yetenek sınıfından, minimum sayıda hemşirenin atanmasını sağlamaktadır. Bu problemi Balintfy ve Blackburn algoritmalarını düzenleyerek çoktan seçmeli şekilde çözmüştür. Birkaç hastanenin hemşire çizelgeleme sistemi uygulamaları da açıklanmıştır. Gerekli minimum hemşire sayısı bulunmuştur. Hemşireler tam zamanlı haftada 5 gün, hafta sonu tatilleri genellikle hafta sonu çalışma politikasıyla önceden belirlenmiş, bütün hemşireler dönüşümlü vardiyada olmayıp, istediklerinde dönüşümlü vardiyada çalışabilmekte, dönüşüm sıklıkla 'blok' dönüşüm şeklinde iki haftalık olarak düzenlenmekte ve hemşire tercihleri değerlendirilebilmektedir. Çalışma eski olduğu için 600 muhtemel çizelgeden en iyi 50 tanesi kullanılmaktadır.

Trivedi (1981), makalesinde karışık tamsayılı hedef programlama modeli ile bir hastanede hemşire departmanı gider bütçesini göstermektedir. Model farklı amaçlarda temellendirilmiştir. Gideri dikkate alırken verilecek hemşirelik hizmet kalitesini belirli bir düzeyde tutmayı amaçlamıştır. Haftasonu ve haftaichi, tamgün yarım ya da daha fazlası, muhtemel izinler dikkate alınmıştır. Tatiller, hastalık izinleri, resmi tatiller, kıdemlilik politikaları ve hemşirelik biriminin belirlemiş olduğu politika, bütçelemeye dikkate alınmıştır.

Özkarahan (1989), yaptığı çalışmada hastane bütçelerinin en büyük kısmını hemşirelere yapılan ödemeler olduğunu ifade etmiştir. Bu yüzden insan kaynaklarının bu faktörü etkin kullanmak zorunda olduğunu belirtmiştir. Hastaneler servislerin devamını personel tercih ve tatillerin dışında tutarak sağlamaktadır. Bu uygulamada hemşirelerin vardiya çizelgeleri kaynaklanan hoşnutsuzluk sebebidir ve bu hoşnutsuzluk sonucunda hemşire sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu ve hastaneler üzerindeki yapılan ödeme limitini arttırma baskısı hemşire çizelgeleme problemlerinde önemlidir. Hemşire ve hastane arasındaki çeşitli sebeplerden dolayı amaç ve çıkar çatışması hastanelerde hemşire çizelgelemesini çok kompleks bir hale getirmektedir. Haftada 7 gün günde 24 saat genişlikte, özel yetenek ve zor tahminler de bunu güç hale getirmektedir. Bu sebeple hemşire çizelgeleme problemlerinin çok azı başarılı yapılabilmektedir. Bu çalışmada amaç daha esnek karar destek sistemidir.

Yaptığı çalışmada maliyeti talep kısıtı altında minimize etmeye çalışmıştır. İhtiyacın altında hemşire çalıştırılması durumunda oluşacak olumsuz durum da maliyetlere yansıtılmıştır. İhtiyaç altında çalıştırılan hemşirelerin bakım kalitesinin istenen düzeyde olmaması, hasta memnuniyetsizliğine neden olacaktır. Bu nedenle bunun yaratacağı kayıpları ve çalışanların maliyetini minimize eden model geliştirmişlerdir.

Caren ve arkadaşları (1999), çalışmada kimi insanların bazı işler için kalifiye iken bazıları için olmadıkları gibi bazı işlerde öncelikli olarak işin belli bir bölümünde daha yetkin olduğunu belirtmiştir. Buna göre kıdemlilik kısıtlamaları ancak o kıdemde biri yoksa ya da o kıdemden daha yüksek biri görevlendirilmemişse kıdemsiz birinin atanabileceği bir çizelgeleme yapmıştır.

i. Bunun gibi eklenen kısıtlar optimum çözümde görevlendirilecek hemşire sayısını arttırmayacak ve azaltmayacaktır,

ii. Greedy sezgisel yaklaşımı atama kısıtları için uygulanırsa (ki pratikte sıklıkla yapılmakta) görevlendirilecek personel sayısı azalabilir

iii. Atama problemleri için optimal çözüm iki tip kısıtlayıcının olmasıyla bir klasik atama problemi yeterli sayıda katsayının değişimi ile elde edilebilecektir.

Klasik atama problemlerinde (Kuhn 1995), m personel, n iş için atanırken maksimize veya minimize uygulamanın yararları toplamıdır. Çalışmada iki tip kısıt vardır; biri kıdem kısıtları diğeri iş öncelikleri kısıtlarıdır. Fayda ve kıdem maksimizasyonu yapılmaya çalışılmıştır.

Huarng (1999), çalışmasında bazı önemli ergonomi kriterleri ve sirkadian ritm ile ilgi etkiler tartışılarak buna paralel hemşire çizelgelemesi yapmıştır. Esnek, adil, eşit görev dağılımı, hemşire tercihleri ve ergonomi kriterleri dikkate alınmıştır. Vardiya atamaları doğrusal 0-1 hedef programlama ile çözülmüştür. Onüç hemşirelik bir ünite de nöbet çizelgeleme ortalama 3 dakikadan az zaman alırken başhemşirelerin ayarlaması 2-3 saati almaktadır. Çalışma birincil vardiya rotasyon sisteminin yürütülme süreci raporlanmıştır. Tayvan'da başhemşire genellikle çizelgeyi manuel olarak hazırlamakta ve bu da onun çok zamanını almaktadır. 20 hemşirelik, iki haftalık çalışma periyodunu manuel olarak çizelgelemek başhemşirenin 2-8 saatini almaktadır. Başhemşireye ödenen yüksek maliyet dikkate alındığında meydana gelen bu zaman kaybını azaltmak, hemşirelerin kendi nöbet

görevlerinden memnuniyetlerini arttırmak, ergonomik kriterleri ve hemşirelerin tercihlerini değerlendirebilmek için bilgisayar destekli bir çizelgeleme aracı dizayn edilmiştir. 1997’de, 6 hastanede 112 başhemşire ve 325 hemşire ile yaz boyunca süren bir araştırma yapılmıştır. Tayvan’da çift vardiya nadiren, ABD’de ise sıklıkla uygulanmaktadır. Tayvan’da iş genellikle 8 saatlik vardiyalar şeklindedir. Fakat personel azlığından genellikle çalışma 10 saate kadar fazla mesai şeklinde olmaktadır. ABD’de ek hemşire ücretleri yüksektir ve gerekli zamanlarda onlara ek hemşire sağlayan acenteleri vardır. Tayvan’da çalışan hemşire kıtlığı 1987 yılında başlamış ve öncelikle yeterli kalitede çalışacak hemşire sorunu vardı.

Chen ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmaya göre yeterli sayıda ve kalitede çalışacak hemşire bulunamamasının sebepleri; kalifiye hemşirelerin düzensiz çizelge saatleri, düşük ücret, gece çalışmasına adapte olamama ve stresli iş çevresi gibi nedenlerdir. Hemşire vardiya çizelgelemenin ergonomik koşulları; öncelikle birkaç vardiya dönüşüm sisteminin çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. Sürekli gece vardiyası çalışmasının sirkadian ritim, gece uyumunu sağladığını çok az çalışmada söylenmektedir. Kalıcı uyku bozukluğuna sebep olduğu dinlenme sürelerinde de bu problemin devam ettiği ifade edilmiştir. Hızlı dönüşümlü sisteminde bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin gece çalışmasında uyum zorluğu yaşanmaktadır. Avantajı ise yükün paylaşılmış olmasıdır. Sürekli gece çalışmasıyla ve üç vardiyalı (hızlı ve yavaş dönüşümlü) vardiyanın kendi içinde negatiflikleri olmakla birlikte geliştirilmelidir. Hemşire çizelgelemesi yapılırken gece çalışması ile ilgili yapılmış olan kronobiyolojik araştırmalardan destek alınmalıdır.

Dowsland ve Thompson (2000), sezgisel ve iki klasik tamsayılı programlama modellerini kombine ederek İngiltere’deki büyük bir hastanede hemşire çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Hemşire çizelgeleme problemini birbirinden bağımsız 3 bölüme ayırarak: birinci aşamada genel ihtiyacı karşılayacak hemşire sayısının tespiti, ikinci aşamada: hemşireleri doğru sayıda gece ve gündüz vardiyasına atanması ve sonra günün erken saatlerindeki ve geç saatlerindeki vardiyalara eşit şekilde atamanın yapılması sağlanmıştır.

Özcan (2002), memetik algoritma yöntemini kullanarak vardiya çizelgelemesini yapmıştır. Hemşire çizelgeleme problemlerinin çözümü zorluğunun bilinmesi ve çalışanların istek ve ihtiyaçlarının tatmin edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Makalede gerçek verilerle hemşire problemi çözülmüştür.

Burke ve arkadaşları (2002), (variable neighbourhood search) değişken komşulukta arayan yöntemiyle hemşire çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Hemşire çizelgeleme problemleri değişik görevlerin belirlenmesinden oluşmaktadır. Hastane personeli ile farklı yetenek ve görevlerin düzenlenmesi gerekli olduğunu düşünerek çalışmada bunu uygulamışlardır. Hastanenin öncelikle personel isteklerini karşılaması gerektiğini vurgulamışlardır. Burada mümkün olan personel istek ve zorunluluklarının yerine getirilmesi amaçlanmıştır. Makalede hemşire çizelgeleme problemi variable neighbourhood search yaklaşımı ile çözülmüştür. Önceki meta-sezgisel çözümlerden daha iyi başarı yakaladığı iddia edilmiştir. Çalışmanın sezgisel ve komşulukta aramanın nasıl birleştirilebileceği yüksek kaliteli çizelgelemenin kısa zamanda nasıl hesaplanacağı gösterilmeye çalışılmıştır.

Geliştirilen model Belçika hemşire çizelgelemesi dünyadaki en kompleks problemlerden biri olarak görülmektedir. Hemşire çizelgeleme arama algoritması bu makalede tartışılmış yalnızca belirli hastaneler yerine bu algoritmaların bütün sektörlerde uygulanabilmesini hedeflenmiştir.

Belien (2002), hemşirelere olan talebin ameliyathane oda sayısına bağımlı olarak değiştiğini dikkate almıştır. 3 vardiya şeklinde çizelgeleme yapılmış, tamsayılı programlama ve karışık tamsayılı programlama kullanılmıştır.

Aicklein ve arkadaşları (2002), indirekt genetik algoritma ile şifre çözme yaklaşımını kullanarak yaptıkları önceki çalışmalara göre daha başarılı olduklarını görmüşlerdir. Genetik algoritmanın direkt ve indirekt diye ikiye ayrıldığını belirterek elde ettikleri sonuçlara göre indirekt algoritmanın, kompleks ve doğrusal olmayan personel çizelgelemesinde standart direkt algoritmanın uygulanmasından daha iyi bir sonuç elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Jipeng ve Aicklein (2003), hemşire çizelgeleme için, her bir hemşirenin görevlendirilmesi yapılırken kurulacak uygun bir çizelgeleme kuralının seçilmesini içeren bayesian optimizasyon algoritmasını kullanmışlardır. Bayesian optimizasyon

algoritması, çözümlerin ortak dağılımının bayesian ağ yapısı ile açık öğrenme gibi tamamlamak için uygulamıştır. Koşullara bağlı bu olasılık ağ içindeki her bir değişkenin bir önceki belirlenen çözümüne göre hesaplanmaktadır. Sonraki, her değişken için, her yeni örnek uygun koşullu olasılık kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu bütün değişkenler oluşturulana kadar devam edilmiştir. Bu yolla bir yeni kural dizisi elde edilmiştir. Bir diğer dizi kuralı bu yolla oluşturulabilmektedir. Bilgisayar sonuçları 52 gerçek örnek üzerinde çalışma test edilmiştir. Hemşire sayısı 30 olarak alınmış ve çizelgeleme haftalık bazda yapılmıştır.

Hare (2003), her gün çalışan sayısı, her çalışan için maksimum ve minimum çalışma süresi, her çalışanın seçeceği vardiya tipi vb. birçok kısıtı dikkate alan Expert Ratatian Generator (ERG) isimli bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Geliştirilen program ILOG çözümleyicisini kullanmaktadır.

Ikegami ve Niwa (2003), subproblem-centric algoritma ile hemşire çizelgeme problemlerini çözmüşlerdir. Hastanelerde başlıca kaygılardan biri yüksek sağlık kalitesinin sağlanması için gerekli hemşire kalitesi kaygısıdır. Başhemşire her bir vardiyaya göre numara ve istenen yetenek düzeyinde hemşire vermek zorundadır. Sunulan sağlık hizmetinin kalitesinde hemşirelerin temel faktör olduğunu ifade etmiş ve her servisten talep edilen ve deneyim seviyesine göre hemşire vardiya sistemi geliştirmişlerdir. Hemşire çizelgelemesinin yapısını ortaya koymak amacıyla öncelikle 1994 yılında "Tokyo Medical College Hospital" de 40 birimin baş hemşireleriyle anket çalışması yapılmıştır. Ardından 1997'de 23 hastanenin 315 servisinde anket yapılmıştır. Bu anket sonuçlarına göre hemşire çizelgeleme karakteristikleri aşağıdaki gibi geliştirilmiştir:

- Çizelgeler dört haftalık aylık periyotlar şeklindedir,
- Hemşireler yeteneklerine ve hastalara göre gruplandırılmıştır,
- Hemşirelerin çoğu dönüşümsüz vardiyada çalışmaktadır,
- Hızlı dönüşüm çizelgelerinde çalışan hemşireler dikkate alınmıştır,
- Hemşire grupları oluşturulurken özellikle darboğazın yaşandığı deneyimli hemşirelerin her gruba dağılımı dikkate alınmıştır,
- Çizelge hemşire isteklerine göre hazırlanmalıdır,

-Kısıtlayıcılar günden güne ve hemşireden hemşireye değişmektedir. Bu da oluşturulan algoritmanın tüm hemşireler için genelleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Kısıtlar hemşirelerle ilgili kısıtlar, vardiya ile ilgili kısıtlar şeklinde gruplandırılmıştır. Vardiya ile ilgili kısıtlarda her vardiya için çalışması gereken hemşire sayısı ve deneyim oranı belli bir aralıkta alınmıştır. Hemşirelerle ilgili kısıtlarda ise her bir hemşireye göre iş yükü kısıtı belli bir zaman dilimi için talep edecekleri gündüz çalışma veya gece vardiya sayısı ve tatil günleri dikkate alınmıştır. Amaç maliyeti minimize etmekten çok tüm kısıtları sağlayan bir çizelgelemenin yapılmasıdır.

Bard ve Purnomo (2003), yaptıkları çalışmada hemşire çizelgelemesinin karar sürecindeki uyumsuzluk faktörlerini gösterecek yeni bir metot kullanmışlardır. Çalışmada hastanelerde günde 24 saat, haftada 7 gün ve bir artıp bir azalan talep genişliği görüldüğü, imalattaki standart vardiya ve gün kurallarına benzemediği belirtilmiştir. Daha esnek çalışma gün ve saatlerinin düzenlenmesine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. Problemi, tamsayılı programlama ve sezgisel kombinasyonu olan column generation yaklaşımı ile çözmüşlerdir. Her bir hemşirenin isteklerini ve hastane gereksinimlerini dikkate alınmıştır. Dışarıdan alınan hemşirelerin minimizasyonu için uygun çözümler bulunmuş ama boşluklar olduğu zaman vardiya üzerinde dışarıdan hemşirelerle dağıtım yapılmıştır. Bu metot Amerika'daki büyük hastanede 100 üzerinde hemşireden veriler elde edilerek problemlerin seri üzerindeki testi sağlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yüksek kalite çözümlerin büyük çoğunlukla birkaç dakika içinde elde edilebileceğini göstermiştir.

Burke ve arkadaşları, hybrid tabu search algoritmasını kullanarak hemşire çizelgelemesini yapmışlardır. Çalışma Belçika hastaneleri hemşire çizelgelemeleri ile ilgilidir. Bu çizelgelemeler pratikte başhemşireyi manuel çizelgeleme ile uğraşmak zorda bırakıyordu. Bu problemin çözümü temelde hizmetin görevlendirilmesi için kurulan insanların farklı nitelikteki, iş düzenlemesi ve tercihleri ile ilgilidir.

Burke ve arkadaşları (2004), novel meta-heuristic (yeni meta-sezgisel) modelini Belçika hastanelerinin hemşire çizelgeleme problemlerinde kullanmışlardır. Personel iş çizelgelemesi yapmanın oldukça zorlu olduğu belirtilmiştir. Belçika'da 40'ın üzerinde hastanede kullanılan geliştirdikleri algoritmanın ticari hemşire

çizelgeleme karar destek sistemini göstermişlerdir. Belçika'daki kurumların istek ve gerçek yönetmelik düzenlemeleri dikkate alınmıştır. Çalışmada hastanedeki hemşireler için görev belirlemesini içeren kısa dönemli çizelgeleme üzerinde yoğunlaşmış ve idareyle ilgili istekler, sözleşmeler ve hemşirelerin kişisel tercihleri dikkate alınmıştır.

Azaiez ve arkadaşları (2005), hemşire çizelgeleme problemini bilgisayarda ve 0-1 hedef programlama yaklaşımı ile uygulamışlardır. Program Riyadh Al-Kharj hastanesinde mevcut manuel çizelgelemenin geliştirilmesi için uyarlanmıştır. Geliştirilen model hem hastane gerçeklerini hem hemşirelerin önceliklerini hesaplamakta, bunun yanında literatürde gösterilen bazı önerileri gözden geçirmektedir. Hastane gerçekleri hemşire yetenek ve yeterlilikleri ile servis devamlılığını içermekte, gereksiz fazla mesainin getireceği ek maliyetten kaçınmaktadır. Hemşire öncelikleri özellikle gece ve hafta sonu mesailerinde adil olunmasını da içermektedir. Model altı aylık deneysel sürenin kullanıldığı LINGO programını kullanmakta ve literatürdeki bazı kalite kriterleri ve çizelgeleme ile gelişen performansı içeren olumlu sonuçları gözden geçirmektedir.

2.1. Literatürün Genel değerlendirilmesi

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde hemşire çizelgeleme alanında sezgisel yaklaşımlar; Özcan (2002), Aickelin ve Dowsland (2002-2003), Ikegami ve Niwa (2003), Burke ve arkadaşları (2004) tarafından, genetik algoritmalar ise Holland (1975), Goldberg (1989), Aicklein ve arkadaşları (2002), Bard et al. (2003), Belien (2004) tarafından hemşire çizelgeleme problemlerinde uygulanmıştır. Jipeng ve Aicklein (2003), bayesian optimizasyon algoritmasını kullanmışlardır. Lokal arama algoritması ise Burke ve arkadaşlarının (2002), çizelgeleme problemlerinde kullandıkları yöntemdir. Yukarıdaki yapılan çalışmalarda sezgisel yöntemler kullanılarak problemlerin iyi çözümleri bulunmuştur.

Bazı çalışmalarda sezgisel ve analitik yaklaşımlar birlikte kullanılarak çizelgeleme çözümleri bulunmuştur. Tamsayılı programlama ve sezgisel yaklaşım kombineasyonu Dowsland ve Thompson (2000) ve Bard ve Purnomo (2003)

tarafından uygulanmıştır. Variable Neighbourhood Search yöntemi ise Burke ve arkadaşları (2002)' de yaptıkları çalışmada kullanılmıştır.

Bu yöntemlerin yanında en yaygın kullanılan metodun matematiksel programlama tekniklerinden doğrusal programlama, tamsayılı programlama Warner (1975), Caren ve arkadaşları (1997), Dowsland ve Thompson (2000), Belien (2002)' de yaptıkları çalışmada bu teknikleri kullanmışlardır. Matematiksel programlama tekniklerinden hedef programlama yöntemini Trivedi (1981), Özkarahan (1989), Huarng (1999), Azaiez ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmalara uygulamışlardır.

Bu çalışmadaki kısıt ve amaçların analitik bir yaklaşımla çözülebilmesi, sezgisel yaklaşımı kullanmaya ihtiyaç bırakmamıştır. Bu amaç ve kısıtlar dahilinde en iyi sonuç elde edilebilmiştir. Materyal ve metot bölümünde de açıklandığı gibi problemin kapsamı çözüm yöntemi için belirleyici olmaktadır. Dolayısıyla yapılan bu çalışmada matematiksel programlama tekniği ile optimum sonuç elde edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışmada üniversite hastanesinin çizelgelemeyi hazırlayan sorumlu yoğun bakım hemşireleriyle görüşülerek, servislerle ilgili veriler kullanılarak çizelgeleme yapılmıştır. Konuyla ilgili yoğun bakım doktorlarıyla görüşülerek, görüşleri ve tespitleri alınmıştır. Bu değerlendirmelerden yola çıkarak ve gerekli ergonomik araştırmalar yapılarak matematiksel modellerin amaç fonksiyon ve kısıtları belirlenmiştir.

Yoğun bakım servislerinde çalışan doktor ve hemşirelerden alınan bilgiler ve literatürde yapılan çalışmalar incelenerek düzenlenen modeller için gerekli bilgiler aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir;

i)Haftalık çalışma saati 40 saat olarak alınmıştır. Ülkemizde çalışma süreleri ve buna göre belirlenmiş ücretler kanunla sınırlandırılmıştır.

ii)Mesai süreleri 8 saatlik üç vardiya olarak düzenlenmiştir.

I. vardiya ; gece vardiyası saat 24:00-08:00 arası

II. vardiya; akşam vardiyası saat 17:00-24:00 arası

III. vardiya; gündüz vardiyası saat 08:00-17:00 arası alınacaktır.

iii) I. II. ve III. vardiyada çalışan hemşire sayısının hasta yoğunluğuna göre istendiğinde değiştirilebilmesi açısından vardiyalarda çalışacak hemşire sayıları ayrı kısıtlar olarak alınmıştır.

iv) Hafta sonu I. ve III. vardiyada çalışan hemşire sayısı, farklı iş yoğunluğuna göre farklı sayıda hemşire çalıştırılabilmesi için ayrı alınmış ve bu çalışmada da farklı varsayımlarda, farklı sayıda hemşire çalıştırılarak çizelgeler hazırlanmıştır.

v) Mevcut hemşirelerin aynı anda çalışabilecek durumda olmadıkları (rapor, yıllık izin gibi), modelde çalışabilecek hemşire sayısının değiştirilebilmesinin uygulamada kolaylık sağlayacağı yapılan görüşmelerde belirtilmiştir. Buna uyumlu olan modeller geliştirilmiştir.

vi) Bu tespitler ve literatürde incelenen çalışmalar da dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda kurulan modellerin amaç fonksiyon ve kısıtları belirlenmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Matematiksel Programlama Yaklaşımı

Hemşire çizelgeleme alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde en çok kullanılan metodun matematiksel programlama olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada hemşire çizelgeleme problemine matematiksel programlama yaklaşımı uygulanmıştır.

Matematiksel programlamada en iyi (optimal) çözümü sağlamak için, sistemde amaç ve kısıtlayıcı etmenleri belirtmek gereği vardır. Bu fiziksel sistemi temsil eden matematiksel modelle yapılır. Matematiksel model gerçek sistemi temsil ve tarif eden bir grup denklemlerden oluşur. İlgilenilen sistemin doğasına bağlı olarak bu denklemler cebrik diferansiyel veya diğer herhangi bir matematiksel deyimleme şeklinde olabilir. Bu grup denklemler sorunun değişik görüşlerini yansıtır. Oluşturulan matematiksel model çözülür ve çözüm sisteme uygulanır (Tülücü, 1997).

Matematiksel programlama amaç fonksiyonuna en uygun bir değeri kısıtlayıcılara konu olan değişkenler için negatif olmayan değerler kümesini bulmayı amaçlayan bir optimizasyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Tülücü, 1997).

Genel olarak doğrusal programlama işletme problemlerinin tanımlanmasında kullanılan matematiksel bir modeldir. Programlama sözcüğü ise, bilgisayar programlaması olmayıp, esas olarak planlama ile eş anlamlıdır. Doğrusal programlama, optimal sonucu elde edecek faaliyetlerin planlanmasını içerir (Karayılmazlar ve Balaban, 2000).

Çalışma çizelgesini hazırlarken kurulan matematiksel modelde birçok parametre değerlendirilmiştir. Bu parametreleri belirlerken çalışanların tercihleri de dikkate alınmıştır.

3.2.2 Ergonomik Değerlendirmeler

Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (İLO)' nun görüşüne göre iyi bir vardiya sistemi aşağıdaki özellikleri taşımalıdır.

- Vardiya süreleri 8 saati aşmamalı,
- Döner vardiya düzeni benimsenmeli,
- Çalışanlara her vardiya planında bir hafta sonu tatili bırakılmalıdır (İncir, 1983).

Vardiya dönüşüm hızı; Ardışık ve aynı tür vardiya çalışma sayısı olarak tanımlayabileceğimiz vardiya dönüşüm süresi ve diğer bir değişle vardiya dönüşüm hızı çok tartışılabilir gelmiş bir konudur. Dönüşümün hızının çabuk olması mı, yoksa yavaş olması mı daha çok sorun yaratır sorusunu yanıtlayabilmek için birçok kronobiolog, ergonom gerek laboratuvar, gerek işyeri koşullarında çok sayıda inceleme yapmıştır (İncir, 1983).

Çalışmada dönen vardiya düzeninin uygulanması önerilmiştir. Çünkü çizelge haftalık hazırlanmıştır. Her hemşire hafta boyunca aynı vardiya türünde çalışarak haftalık çalışma saatlerini doldurmaktadır. Model uygulamada haftalık veya aylık dönüşüm şeklinde uygulanabilir. Konuyla ilgili yapılmış birçok çalışma vardır. Tabi ki işin uygun olup olmadığı, hemşire tercihleri bu konuda belirleyici olmalıdır. Çalışma kalitesinin ve çalışanların sağlığının olumsuz etkilenmemesi için vardiya dönüşüm hızının doğru belirlenmesi önemlidir. Bunlar dikkate alınmadan yapılacak bir çizelgelemede çalışanlarda uykusuzluk ve yorgunluğu arttıracığından bu faktörlerin değerlendirilmesi gereklidir.

Vardiya süreleri 8 saatle sınırlandırılmıştır. Uygulamada bazı yerlerde tercih edilen yoğunlaştırılmış çalışma saatleri vardiyalı çalışmayı daha güç hale getirmektedir. Ancak sağladığı bazı avantajlardan dolayı çalışanlar tarafından tercih edilebilmektedir.

Çalışanların haftalık çalışma saatleri en fazla 40 saatle sınırlandırılarak çalışma saatleri arasındaki dinlenme süreleri uygun aralıklarda bırakılmıştır. Kırk saatlik haftalık çalışma süresinde hemşireler aynı vardiya türünde çalışmışlardır.

Yapılan araştırmalara göre ardışık gece çalışması sayısının artması organizmanın çeşitli işlevlerinin sirkadian ritminin eşzamanlılığına gece çalışması dolayısıyla bozulan eşzamanlılığa katkıda bulunmaktadır. Bu yavaş dönüşümlü sistemin yararlı olduğu kanısını uyandırabilir. Ancak gece çalışmasından sonraki gündüz uykusu, gece uykusundan kısa olmaktadır. Ardışık gece çalışması sayısı arttıkça bu uyku açığı, kişinin sağlığını, güvenliğini ve başarımını önemli ölçüde etkileyecek boyutlara ulaşmaktadır (İncir,1998).

Pternitis, elektroansefalografi tekniğini kullanarak yaptığı çözümlemelerinde bir gün önce uykusunu alamayan deneklerin, ertesi gece çalışmasında, bir gece önceye göre çok daha erken saatlerde yorulduklarını gözlemleyerek, biriken uyku açığı dolayısıyla uzun süreli ardışık gece çalışmasının sakıncalarını vurgulamaktadır (İncir, 1998).

Öte yandan ardışık gece çalışması arttıkça sirkadian ritimlerde sağlanan eşzamanlılık, diğer bir değişle gerçekleştirilen uyum süreci, gece bloğunun sonunda verilen dinlenme gününde, hemen bozulmaktadır (İncir, 1998).

Bu incelemenin kapsamı içinde yapılan çalışmaya göre kesintisiz üretim yapan işyerlerinde bir haftalık dönüşümlü sistemlerin yaygın olduğu söylenebilir.

Vardiya düzenlemeleri ile ilgili kararların dikkatli alınması gereklidir. Performans üzerinde de etkili olan yorgunluk ve uykusuzluk performansı da düşürmektedir. Performansta bu tip bir düşme özellikle hızlı ve doğru yanıt gerektiren işlevin yapılmasında önemli hatalara neden olabilir. Ayrıca yapılan çeşitli araştırmalarda, yorgunluğun, algılama, kavrama, akıl yürütme, karar verme, tepki zamanı, el becerisi gibi, fiziksel ve psikolojik kökenli yetenekleri olumsuz yönde etkilediği bulgulanmıştır. Böyle bir durum özellikle sağlık hizmetlerinde çok ciddi ve telafisi mümkün olmayan sonuçlara neden olabilir.

Vardiya dönüşüm hızı kadar vardiya dönüşüm yönü de dikkate alınmalıdır. Vardiya dönüşüm yönü; çoklu vardiya düzeni dönüşüm yönü bakımından iki sisteme ayrılabilir. İleriye dönüşümlü sistem, geriye dönüşümlü sistem. İleriye dönüşümlü sistem saat yönünde olan yani sabah vardiyasını akşam, akşam vardiyasını gece vardiyasının izlediği sistemdir (S-A-G). Geriye dönüşümlü sistem ise saat yönünün

tersi olan yani gece vardiyasını akşam, akşam vardiyasını sabah vardiyasının izlediği sistemdir (G-A-S).

S-A-G çevriminde, vardiya değişimlerinde ileriye dönüşüm nedeni ile, en az dinlenme payı, diğer bir tanımla zorunlu dinlenme süresi 24 saattir. G-A-S çevriminde ise geriye dönüşüm nedeni ile en az dinlenme payı 8 saattir. Ancak bu sonuçlar, hastanenin çıkarları ve hemşire tercihleri de değerlendirilerek karar verilmesi gerekli olup geliştirilen modeller uygulayıcıya bu esnekliği sağlamıştır.

Bu çalışmada hemşire istekleri, kurumların farklı uygulamaları, yasal zorunluluklar ve ergonomik çalışmaların değerlendirildiği farklı üç matematiksel model geliştirilmiştir.

3.3. Geliştirilen Matematiksel Modeller

Vardiya atamaları genellikle başhemşire tarafından ve manuel olarak düzenlenmektedir. 20 hemşirelik, iki haftalık çalışma periyodunu manuel olarak çizelgelemek başhemşirenin 2-8 saatini almaktadır (Huang, 1999). Bu çalışmada geliştirilen modeller birkaç saniye içerisinde bilgisayar programında çözülebilmektedir.

Genellikle uygulanan çalışma sistemine göre başhemşire hafta içi gündüz vardiyasında çalışmaktadır. Hafta içi gündüz, hafta sonu gündüz çalışacak hemşire, hafta boyunca akşam, hafta boyunca gece vardiyasında çalışacak hemşire sayılarının yoğunluğa göre değiştirilebilmesi için bütün modellerde vardiya sayıları ayrı kısıtlar olarak alınmıştır.

Geliştirilen modellerin amaç fonksiyonları kısıtları farklıdır. Temel matematiksel modelde, her hemşirenin haftalık çalışma vardiyaları ve ortalama haftalık çalışma vardiyası arasındaki farkı minimize eden amaç fonksiyonu düzenlenmiştir. Bu çalışmada hemşirelerin haftalık çalışma saatleri arasındaki iş yükünün birbirine yakın olması, hatta bir vardiyadan (8 saatten) fazla fark olmaması için bu düzenleme yapılmıştır. Çalışma saatlerinin birbirine yakın olması çalışma saatlerini periyotta ve periyotlar arasındaki hemşirelerin iş yükünü dengelemek için önemlidir.

Ek hemşire atama modelinde ihtiyaç duyulması durumunda servis dışından çalışacak ek hemşire çalışma süresinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma yoğunluğunun arttığı bazı dönemlerde servisin mevcut hemşire sayısı yetersiz veya başka nedenlerle çalışan hemşire sayısı yetersiz olursa ek hemşire atama modeli kullanılabilecektir.

Ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelde ise ek hemşire atama modeli ile amaç fonksiyonu aynı olup servis dışından çalışacak ek hemşire çalışma saatlerini minimize etmek amaçlanmıştır, diğer ek hemşire atama modelinden farklı olarak kıdem durumuna göre atama kısıtlarla sınırlandırılmıştır. Kıdem grubu oluşturulurken kıdem grubundan biri acemi grup veya en kıdemlilerin oluşturacağı grup şeklinde bir grup özelliği oluşturulabilir.

Modellerin amaç fonksiyonlarının ve kısıtların matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

3.4. Notasyon

i) İndisler:

$i=1,2,...,m$	toplam hemşire sayısı
$J=1,...,n$	vardiya sayısı
$k=1,...,l$	çalışma günü sayısı
$e=1,..., ehs$	ek hemşire sayısı
$a=1,..., ahs$	kıdem grubu hemşireleri
$i=1$	başhemşire

ii) Parametre ve değişkenler:

HS_I	I. vardiyada çalışması gereken hemşire sayısı
HS_II	II. vardiyada çalışması gereken hemşire sayısı.
HS_III	III. vardiyada çalışması gereken hemşire sayısı
HS_I_hs	Hafta sonu I. vardiyasında çalışması gereken hemşire sayısı
HTÇS _i	i. hemşirenin haftalık toplam çalışacağı süre

MBKS	Her bir hemşirenin çalışma periyodu boyunca maksimum boş kalma süresi
$X_{ijk} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{i. hemşirenin, j. vardiyada, haftanın k. günü çalışıyorsa} \\ \text{aksi halde} \end{cases}$
$Z_{ejk} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{e. hemşirenin j. vardiyada k. gün çalışıyorsa} \\ \text{aksi halde} \end{cases}$
$Y_{ij} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{i. hemşirenin j. vardiyada çalışıyorsa} \\ \text{aksi halde} \end{cases}$
EK_{jk}	j. vardiyada k. gün ihtiyaç duyulacak ek hemşire çalışma süresi (saat).
S_i	i. hemşirenin bir çizelgeleme periyodu boyunca 40 saatten ne kadar az çalıştığı
S_a	a. Hemşirenin bir çizelgeleme periyodu boyunca 40 saatten ne kadar az çalıştığı
V_i	Her hemşirenin haftalık çalıştığı vardiya sayısı
$\bar{V}$	Haftalık ortalama çalışılan vardiya/gün sayısı
M	Büyük bir sayı
XK_{ajk}	a kümesindeki hemşirenin k. gün ve j. vardiyada çalışma durumu
YK_{aj}	a kümesindeki hemşirenin j. vardiyada çalışma durumu

m adet hemşirenin j adet vardiyaya k periyodu boyunca atanmasını çeşitli kısıtlar altında sağlayacak matematiksel modeller çalışmada kurulmuş ve çözülmüştür.

3.4.1. Temel Matematiksel Model

Amaç Fonksiyonu:

Her hemşirenin haftalık toplam çalışma vardiyaları ve ortalama haftalık çalışma vardiya arasındaki farkı minimize eden (ortalama hemşirenin haftalık çalışma yükünden mutlak sapmaların toplamı) amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m |V_i - \bar{V}|$$

Kısıtlayıcılar:

Her bir hemşirenin hafta boyunca çalıştığı toplam vardiya sayısı

$$V_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk}, \quad i=1, \dots, m$$

Hafta boyunca ihtiyaç duyulan toplam vardiya sayısı

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^n V_i / m$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır ve yapılan ikili görüşmelerde başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışacağı ifade edilmiştir. Bu durum matematiksel model ile aşağıdaki kısıtla ifade edilebilir.

$$X_{ijk} = 1; \quad \forall (i = 1; j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = HS_I; \quad (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_II

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = HS_II; \quad (j = 2; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_III

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = HS_III; \quad (j = 3; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I_hs

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = HS_I_hs; (j = 1; k = 6,7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi HÇS'ni geçmemeli

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l 8X_{ijk} \leq HÇS; \forall(i)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tek vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq 1; \forall(i, k)$$

Her bir hemşire için haftalık toplam çalışma süresi

$$HTÇS_i = 8 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk}; \forall(i)$$

Her bir hemşire hafta boyunca sadece bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1,...,m; j=1,...,n$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1,...,m; j=1,...,n$$

Haftalık periyot olarak düzenlenen bu hemşire çalışma çizelgelemesi dört hafta ard arda uygulanırsa aylık periyoda dönüştürülebilecektir. Aylık dönüşümlerde hemşirelerin aynı vardiyaya atanmaması için $X_{ijk} = 0; \forall(i, j, k)$ dönüşüm periyotlarında uygulanırsa önceki periyotta hemşire hangi vardiyada çalışmış ise bu kısıt ile sonraki periyotta çalışmayacaktır.

Kurulan bu matematiksel model hastanede bulunan herhangi bir servisin hemşirelerini istenen zaman periyodu ve istenen vardiya sayısı ve her bir vardiyada çalışma süresine bağımlı olarak objektif olarak çizelgeleyecektir. Bu modelde herhangi bir hemşirenin çizelgeleme yapılacak hafta içinde hangi vardiyada çalışmak istiyor ise o hemşirenin çalışma durumunu ifade eden X_{ijk} değişkenini 1 atayarak model çalıştırılabilir. Aynı durum herhangi bir hemşirenin çalışmak istemediği, ani izin alma ihtiyacının doğması gibi durumlarda karar değişkenine 0 değerini atayarak

modeli çözmek yeterli olacaktır. Örneğin ikici hemşire, II. vardiyada ve 2. gün çalışmayacak ise $X_{222}=0$ ifadesini ekleyerek istenen hemşirenin istenen vardiyaya istenen gün atanmamasını sağlayabiliriz. Bu model çizelgelemesi yapılacak hemşire sayısını (m), vardiya sayısını (n), çizelgelemenin yapılacağı gün sayısını (l) ve kısıtların sağ taraflarındaki hedef (gündüz çalışması gereken hemşire sayısı gibi) değerleri girerek modeli bir optimizasyon paket programı yardımıyla çözecektir.

Bu modelde serviste çalışmakta olan hemşirelerin mevcut kısıtları (günlük bazda çalışması gereken hemşire sayısı gibi) bazı durumlarda karşılamakta yetersiz kalabilir ve bu durumlarda uygun olmayan (tüm kısıtları karşılamayan) bir çözümün bulunmasına sebep olacaktır. Bu çözümsüzlük durumu özellikle bazı hemşirelerin raporlu veya izinli olması durumunda veya servisteki hasta sayısının normalden fazla olması durumunda doğan fazla hemşire ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırabilmek için aşağıda önerilenlerden bir veya birkaçı yapılmalıdır.

1. Günlük bazda gerekli hemşire sayılarını azaltmak için bununla ilgili modeldeki kısıtlayıcı denklemlerin sağ taraflarını azaltmak.
2. Hemşirelerin haftalık toplam çalışma sürelerini arttırmak için ilgili kısıtın sağ tarafını arttırmak gereklidir. Ancak bu durum yasal zorluklar yaratabilir.
3. Hemşire sayısını (m) arttırmak
4. Dışarıdan ek hemşire kullanmak

Önerilen yollardan ilk üçü kurulan temel matematiksel model kullanılarak uygulanabilir. Sadece yapılması gereken çözümsüzlüğe neden olan kısıtlayıcı denklemlerin sağ taraflarını azaltmak veya arttırmaktır. Ancak kurulan temel matematiksel modelde toplam çalışan hemşire sayısı ile vardiyalarda çalışan hemşire sayısı arasında ciddi bir uyumsuzluk olduğunda modelin çözüm süresi uzamaktadır. Hastanelerde yapılan uygulamalara bakıldığında 4. çözüm yolunun daha çok tercih edildiği ve uygulandığı gözlenmiştir.

Başka servislerden gelen hemşirelerin söz konusu servise alışmaları zaman aldığından dışarıdan ek hemşire kullanmak, yapılan işin kalitesini düşürmektedir. Dolayısıyla başka servislerden ek hemşirelerin söz konusu serviste çalıştırılması

yerine mümkün olduğunca serviste mevcut çalışmakta olan hemşirelerden faydalanmak ve dışarıdan gelen hemşire sayısının mümkün olduğunca az süre çalıştırılması tercih edilmelidir. Bu durum kar amacı güden sağlık kurumlarında da yaklaşık aynı şekilde dikkate alınmaktadır. Çünkü dışarıda çalıştırılacak hemşirelerin birim çalışma ücretleri aynı zamanda normalden fazla olmaktadır.

Dışarıdan hemşirelerin çalıştırılabilmesi durumunda hastane yönetimi hangi gün hangi vardiyada kaç saatlik ek hemşire gücüne ihtiyaç duyulacağını bilmek ister. Mevcut çalışmakta olan hemşirelerin izinli, raporlu ve benzeri durumlarda ek hemşire ihtiyacının hangi vardiyada ne kadar olacağını bulması daha zor olacaktır.

Ek hemşire ihtiyacını dikkate alan matematiksel model aşağıdaki gibi kurulmuştur.

3.4.2. Ek Hemşire Atama Modeli

Varsayımlar:

İhtiyaç duyulması durumunda dışarıdan gerektiği kadar ek hemşire çalıştırılabilmektedir.

Amaç fonksiyonu:

Amaç dışarıdan kullanılacak ek hemşire süresini minimum yapacak çizelgelemenin bulunmasıdır. Dolayısıyla matematiksel modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{Minimizasyon} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Kısıtlayıcılar:

Hemşireler ve hastane yöneticileriyle yapılan ikili görüşmelerden faydalanılarak aşağıdaki kısıtlar düzenlenmiştir.

Her bir vardiyada ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Ek_saat = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Her bir vardiyada gerekli olan ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Her_Var_ve_Gün_İçin_Ek_{jk} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk}; \forall(j, k)$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır ve yapılan ikili görüşmelerde başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışacağı ifade edilmiştir. Bu durum matematiksel model ile aşağıdaki kısıtla ifade edilebilir.

$$X_{ijk} = 1; (i = 1; j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I kadar olmalı

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq HS_I; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_II kadar olmalı

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq HS_II; (j = 2; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_III kadar olmalı

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq HS_III; (j = 3; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I_hs kadar olmalı

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} = HS_I_hs; (j = 1; k = 6, 7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi HÇS'ni geçmemeli

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l 8X_{ijk} + S_i \leq HÇS; \forall(i)$$

Her bir hemşire için çalışma periyodu boyunca maksimum boş kalma süresi

$$S_i \leq MBKS; \forall(i)$$

Negatif değer almama koşulu

$$S_i \leq 0; \forall(i)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tek vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq 1; \forall(i, k)$$

Her bir hemşire için haftalık toplam çalışma süresi bilgisi için

$$HT\check{C}S_i = 8 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk}; \forall(i)$$

Her bir hemşire hafta boyunca sadece bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$$

Bir hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise X_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$X_{ijk} = 0, 1; \forall(i, j, k)$$

Bir ek hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise Z_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$Z_{ejk} = 0, 1; \forall(e, j, k)$$

Kurulan model bir haftalık veya dört haftalık (aylık) dönüşüm şeklinde uygulanabilir. Dört hafta boyunca uygulandıktan (bir ay) sonra vardiya dönüşümü isteniyorsa modele her hemşire için hangi vardiyada (j) çalışmış ise $X_{ijk} = 0$ ifadesinin eklenmesi gereklidir.

Kurulan bu matematiksel model hastanede bulunan herhangi bir servisin hemşirelerini istenen zaman periyodu ve istenen vardiya sayısı ve her bir vardiyada çalışma süresine bağımlı olarak objektif olarak çizelgeleyecektir. Bu modelde herhangi bir hemşirenin çizelgeleme yapılacak hafta içinde hangi vardiyada çalışmak istiyor ise o hemşirenin çalışma durumunu ifade eden X_{ijk} değişkenini 1 atayarak modeli çalıştırmamız yeterli olacaktır. $X_{324} = 1$ şeklinde eklenecek kısıt ile 3. hemşireyi II. vardiyaya perşembe günü atayacaktır. Aynı durum herhangi bir

hemşirenin çalışmak istemediği vardiya olması durumunda karar değişkenine 0 değerini atayarak modeli çözmek yeterli olacaktır. Bu modelde çizelgelemesi yapılacak hemşire sayısını (m), vardiya sayısını (n), çizelgelemenin yapılacağı gün sayısını (n) ve kısıtların sağ taraflarındaki hedef (gündüz çalışması gereken hemşire sayısı gibi) değerleri girerek modeli bir optimizasyon paket programı yardımıyla çözülecektir.

Bu modelde serviste çalışmakta olan hemşirelerin mevcut kısıtları (günlük bazda çalışması gereken hemşire sayısı gibi) değişmesi veya mevcut hemşirelerin bir kısmının izinli veya raporlu olmaları dahil her durumda etkin bir çözüm bulunacaktır.

Hastane yönetimi, dışarıdan hemşirelerin çalıştırılabilmesi durumunda hangi gün hangi vardiyada kaç saatlik ek hemşire gücüne ihtiyaç duyulacağını bilmek isteyecektir. Mevcut çalışmakta olan hemşirelerin izinli, raporlu ve benzeri durumlarda ek hemşire ihtiyacının hangi vardiyada ne kadar olacağını bulunması bu matematiksel model ile mümkündür.

3.4.3. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model

Varsayımlar:

İhtiyaç duyulması durumunda dışarıdan gerektiği kadar ek hemşire çalıştırılabileceği varsayılmıştır. Diğer modelden farklı olarak kıdem kısıtları dikkate alınmıştır. Buna göre her vardiya ve günde çalışacak belirli kıdemdeki hemşirelerin vardiyalara atanmaları bazı kısıtlarla sınırlandırılmıştır. Belirli kıdemdeki hemşirelerin aynı gün, aynı vardiyada çalışması istenmiyorsa aşağıdaki model uygulanmalıdır. Modelde üç farklı grup olup biri kıdem grubu, diğeri serviste çalışan grup ve üçüncüsü dışarıdan çalışan ek hemşireler grubudur.

Amaç fonksiyonu:

Amaç dışarıdan kullanılacak ek hemşire süresini minimum yapacak çizelgelemenin bulunmasıdır. Dolayısıyla matematiksel modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{Minimizasyon} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Kısıtlayıcılar:

Hemşireler ve hastane yöneticileriyle yapılan ikili görüşmelerden faydalanılarak aşağıdaki kısıtlar düzenlenmiştir.

Her bir vardiyada ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Ek_saat = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Her bir vardiyada gerekli olan ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Her_Var_ve_Gün_İçin_Ek_{jk} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk}; \forall(j, k)$$

Herhangi bir vardiyada söz konusu birimden çalışacak toplam hemşire sayısı o birimde oluşturulmuş hemşire gruplarının sayısını geçmemeli

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq m; \forall(j, k)$$

$$\sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} \leq ahs; \forall(j, k)$$

Her vardiya ve günde çalışacak kıdem grubundaki birden fazla hemşirenin aynı gün, aynı vardiyada çalışması istenmiyorsa

$$\sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} \leq 1; \forall(j, k)$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır ve başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışması gereklidir.

$$X_{ijk} = 1; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} \leq HS_I; (j = 1; k \neq 6,7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_II

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} \leq HS_II; (j = 2, k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_III

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} \leq HS_III; (j = 3, k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I_hs

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^{ahs} XK_{ajk} = HS_I_hs; (j = 1, k = 6, 7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi HÇS'ni geçmemeli

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l 8X_{ijk} + S_i \leq HÇS; (i = 1, \dots, m)$$

Her bir hemşire için çalışma periyodu boyunca maksimum boş kalma süresi

$$S_i \leq MBKS; (i = 1, \dots, m)$$

$$S_a \leq MBKS; (a = 1, \dots, ahs)$$

Negatif değer almama koşulu

$$S_i \geq 0; (i = 1, \dots, m)$$

$$S_a \geq 0; (a = 1, \dots, ahs)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tek vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq 1; (i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, 7))$$

$$\sum_{j=1}^n XK_{ajk} \leq 1; (a = 1, \dots, ahs; k = 1, \dots, 7))$$

Her bir hemşire ve kıdem grubu hemşiresi için haftalık toplam çalışma süresi

$$HTÇS_i = 8 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk}; (i = 1, \dots, m)$$

$$HTÇS_a = 8 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk} ; (a = 1, \dots, ahs)$$

Her bir hemşire hafta boyunca sadece bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1, \dots, m; j=1, 2, 3$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1, \dots, m; j=1, 2, 3$$

$$1 - \sum_{k=1}^7 XK_{ajk} \leq (1 - YK_{aj}) \times M \quad a=1, \dots, ahs; j=1, 2, 3$$

$$\sum_{k=1}^7 XK_{ajk} \leq YK_{aj} \times M \quad a=1, \dots, ahs; j=1, 2, 3$$

Bir ek hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise Z_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$Z_{ejk} = 0, 1; \forall (e, j, k)$$

3.5. Matematiksel Programların Çözümünde Kullanılan Optimizasyon Programları

Piyasada mevcut ve kullanılmakta olan bir çok optimizasyon paket programı mevcuttur. Bunlardan en yaygın kullanılanları:

LINGO, MPL, OPL, METLAB' dır. LINGO programı bir optimizasyon programı olup matematiksel modelleme notasyonuna çok yakın şekilde ifade edilebildiğinden tercih sebebi olmuştur.

3.6. LINGO (Language for Interactive General Optimization)

LINGO; Doğrusal, tamsayı, doğrusal olmayan ve global optimizasyon modellerinin hızlı, etkin, kolay kurulmasında ve çözümünde kullanılan çok amaçlı bir modelleme dilidir. Lingo kullanıcılarına problemlerin açıklanmasında güçlü bir

modelleme dili, tam özellikli bir modelleme ortamı ve güçlü çözümleyiciler sunmaktadır.

Lingo'nun en güçlü özelliklerinden biri de matematiksel modelleme dilidir. Lingo'nun modelleme dili standart matematiksel notasyona fazlasıyla benzer bir biçimde ifade etme imkanı vermektedir. Benzer kısıtların aynı tek ifadeyle gösterilebilmesi modelin sadeliğini ve anlaşılabilirliğini arttırarak modelleme süresinin kısalmasına yardımcı olmaktadır.

Model kurulduğunda, genellikle birbiri ile ilişkili bir veya birkaç takımdan oluşan nesneler (fabrikalar, müşteriler, araçlar vs.) görülecektir. Çoğu zaman bir kısıt bir takımın bir üyesini çağırırsa, aynı formdaki kısıt da diğer takımdaki her bir üyeyi çağırmaktadır. Lingo, her bir takım üyesi için birer kısıt yazmak yerine kısıtların bir bütün halinde ifade edilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca Lingo genel takımların (haftanın günleri, yılın ayları) dolaylı açıklanmasına da imkan vermektedir.

Lingo modelleme dili model geliştirme ortamı zamanının güçlü bir şekilde sona erdirilmesine imkan vermektedir. Çok büyük modeller, çoğu zaman kısa ve düzenli şekilde ifade edilebilmektedir. Modelleme dilinin standart matematiksel notasyona benzerliği modelin okunmasını kolay hale getirmektedir. Bu şekilde modeller geliştirici tarafından daha kolay düzeltilebilmekte, diğer kullanıcılar için ise kolay anlaşılır hale getirilmiş olmaktadır.

Lingo sayesinde model kolayca “ölçeklenebilir” hale getirilebilmektedir. Bu, problemin ifadesinin değiştirilmeksizin modelin boyutlarının değiştirebileceği anlamına gelmektedir. Lingo'nun modelleme dili kapsamlı bir matematiksel, olasılık ve finansal işlemler kütüphanesine sahiptir (www.lindo.com).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Uygulamalar

Modeller sırasıyla uygulanacak ve bu matematiksel uygulamalar LINGO dilinde yazılarak optimum çözümleri bulunacaktır. EK bölümünde üç modelin LINGO dilindeki yazımları görülebilir. Farklı varsayımlarla çözülen modellerin çizelgeleri yapılarak yorumlanmıştır.

Temel matematiksel modelde, çalışma vardiyaları arasındaki mutlak standart sapmayı minimize eden amaç fonksiyonu ile çalışma saatleri açısından adil çalışma vardiyaları düzenlenmiştir. Ek hemşire atama modelinde ihtiyaç duyulması durumunda servis dışından çalışacak ek hemşire çalışma süresini minimize etmek amaçlanmıştır. Ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelde ise amaç fonksiyonu aynı olup servis dışından çalışacak ek hemşire çalışma saatlerini minimize etmek amaçlanmış, diğer iki modelden farklı olarak kıdemin de kısıtlarla değerlendirilmesidir. Görüldüğü gibi çalışma koşulları, yasal engeller veya zorunluluklar, esnek olabilme, hemşire tercihleri gibi her problem için spesifik olan özelliklerin karmaşıklığı ve sadeliği modellerde farklılığı yaratmıştır.

Aşağıda hemşirelerin j adet vardiyaya k periyodu boyunca atanmasını çeşitli kısıtlar altında sağlayacak matematiksel modeller sunulmuştur.

4.2. Temel Matematiksel Modelin Uygulaması

Amaç Fonksiyonu:

Her hemşirenin haftalık çalışma vardiyası ile ortalama haftalık çalışma vardiyası arasındaki mutlak farkı minimize eden (çalışma vardiyaları arasındaki mutlak standart sapmayı minimize eden) amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

$$MinZ = \sum_{i=1}^m |V_i - \bar{V}|$$

Kısıtlayıcılar:

Her bir hemşirenin hafta boyunca çalıştığı toplam vardiya sayısı

$$V_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i), i=1, \dots, 12$$

Hafta boyunca ihtiyaç duyulan toplam vardiya sayısı

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^{12} V_i / 12$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır ve başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışacağı ifade edilmiştir. Bu durum matematiksel olarak aşağıdaki kısıtla ifade edilmiştir.

$$X_{11k} = 1; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = 4; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_II

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = 2; (j = 2, k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_III

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = 2; (j = 3, k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I_hs

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} = 2; (j = 1, k = 6, 7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi (HÇS) yasal zorunluluk olan 40 saati geçmemeli

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l 8X_{ijk} \leq 40; \forall(i)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tür vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq 1; \forall(i, k)$$

Her bir hemşire için haftalık toplam çalışma süresi bilgisi için

$$HTÇS_i = 8 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk}; \forall(i)$$

Her bir hemşire hafta boyunca bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1,...,m; j=1,...,n$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1,...,m; j=1,...,n$$

Bir hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise X_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$X_{ijk} = 0, 1; \forall(i, j, k)$$

Bu matematiksel model çok sayıda değişken ve kısıtlayıcı içerdiğinden ancak bir optimizasyon paket program yardımıyla çözülebilir. Bu çalışmada LINGO paket programı tercih edilmiştir. Özellikle LINGO programının modeli kapalı formda yazma şansı vermesi seçimde etkili olmuştur. Kurulan matematiksel modeli çözebilmek için LINGO formatına dönüştürmek gerekmektedir. EK.1.'de yukarıdaki matematiksel modelin LINGO'daki yazımını göstermektedir.

4.2.1. Temel Matematiksel Modelin Optimum Çözümü

Kurulan temel matematiksel model LINGO paket programı ile bilgisayarda çözümlenerek aşağıdaki optimum sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar özetle çizelge 4. 1.' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Temel Matematiksel Modelin Optimal Çözümü

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	0	1	1	1	1	0	0	32
X_{22k}	0	1	1	0	0	1	1	32
X_{31k}	1	1	0	0	0	1	1	32
X_{41k}	1	1	0	0	0	1	1	32
X_{53k}	1	1	1	0	1	0	1	40
X_{61k}	1	0	1	1	1	0	0	32
X_{71k}	0	1	0	1	1	0	1	32
X_{82k}	1	1	0	1	1	0	1	40
X_{91k}	1	0	1	1	1	0	0	32
$X_{(10)3k}$	1	1	1	1	0	1	0	40
$X_{(11)2k}$	1	0	1	1	1	1	0	40
$X_{(12)3k}$	0	0	0	1	1	1	1	32

4.2.2. Temel Matematiksel Modelin Optimum Çözümünün Yorumu.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi hemşirelerin haftalık çalışma saatleri arasında bir kısmında fark olmayıp, olanlarda ise bir vardiyadan fazla fark görülmemektedir. Amaç fonksiyonu çalışma vardiyaları arasındaki mutlak standart sapmayı minimize ettiğinden bu fark bir vardiyaya indirilmiştir. Çalışan hemşire sayısı azaltılır yada vardiyalarda çalışan hemşire sayısı arttırılırsa haftalık çalışma saati olan 40 saati bütün hemşireler doldurabilecektir. Ancak dikkat edilmesi gereken konu ise bütün kısıtları sağlayabilmesi için vardiyalarda çalışan hemşire sayısı ile serviste mevcut çalışan hemşire sayısının uyumlu olmasıdır.

Çizelge 4.1 incelendiğinde bir nolu hemşire başhemşire olup sadece hafta içi I. vardiyaya atanmıştır. Çalışmada hemşireler numaralarla ifade edilmiştir. Her numara servisteki bir hemşirenin adını göstermektedir. Hafta içi gündüz dört, hafta içi akşam iki, hafta içi gece iki, hafta sonu gündüz iki, hafta sonu akşam iki, hafta sonu gece iki hemşire çalışacaktır. Hafta içi gündüz vardiyasına dört atayıp diğerlerine genel olarak iki hemşire atamanın nedeni de farklı vardiyalarda farklı sayıda hemşire çalışmasının istenmesi durumunda modelde sadece bu sayılar değiştirilerek tekrar çizelgeleme yapılabilmesini sağlamaktır.

Ayrıca vardiyalarda belirlenen hemşire sayısı ortalama yoğunlukta geçerli olup, yoğunluğa göre de değiştirilebilmektedir. Çalışan sayısının sabit olmadığını servisin yoğunluğuna göre değişim gösterebildiğini hatta mevcut hemşire sayısının yeterli gelmediği zamanlarda diğer servislerden ek hemşire talep edildiği belirtilmiştir. Hemşire sayıları ile ilgili kısıtların sağ tarafında yapılacak eksiltme veya arttırma ile vardiyalarda çalışacak hemşire sayısı değiştirilebilecektir. Yalnız toplam hemşire sayısı ile vardiyalarda çalışan hemşire sayısı arasındaki fark açıldıkça modelin çözüm süresi uzamaktadır.

Çizelge incelendiğinde her hemşirenin tüm periyot boyunca sadece bir tür vardiyaya atanmış olduğu görülmektedir. Gece ise periyot boyunca gece, gündüz ise aynı şekilde periyot boyunca gündüz vardiyasına atanmıştır. Ergonomi ile ilişkili olan bu kısıt haftalık olarak düzenlenmiş olup dört hafta üst üste uygulandığında aylık periyoda dönüştürülebilecektir. Huarng (1999), çalışmasında da bazı önemli ergonomi kriterleri ve sirkadian ritmi ilgi etkiler tartışılmış ve yapılan çizelgelemelerin de buna paralel olarak yapılmasını önermiş ve bununla ilgili yapılmış çalışmaların incelenmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmalarda ergonomik kısıtlarla ilgili kararlarda yapılan işin gerekleriyle ihtiyaçlar doğrultusunda mümkün olduğunca yapılan araştırmalar ve değerlendirmelere göre çizelgeleme yapılmasını önermiştir.

Çalışma periyodu haftalık alınmış olup dört haftalık artarda uygulama ile vardiya dönüşüm hızı aylık olarak uygulanabilecektir. Jipeng ve arkadaşları da (2003)'te yaptıkları çalışmada çizelgelemeyi haftalık bazda almışlardır. İkagami ve arkadaşları (2003), bu problemi dört haftalık aylık periyotlar şeklinde çözmüşlerdir.

Model dört haftalık (aylık) veya haftalık periyotlar olarak uygulanabileceğinden modele her hemşire vardiya dönüşüm hızına göre önceki periyotta hangi vardiyada çalışmış ise sonraki periyotta çalışmaması için $X_{ijk} = 0$ olarak alınmalıdır. Örneğin ikinci hemşire aylık periyot boyunca üçüncü vardiyada çalışmış ise sonraki periyotta üçüncü vardiyada çalışmaması için $X_{23k} = 0$ olarak belirlenerek, ikinci periyotta ikinci hemşire üçüncü vardiyada çalıştırılmayacaktır.

Ancak vardiyalarda çalışan hemşire sayısı eşit ise dönüşümlerde her hemşire diğer vardiyadaki hemşirenin yerine görev alır ve dönüşüm üç periyotta üç farklı vardiya türünde çalışılınca tamamlanır.

Çizelgeler haftalık periyotlar şeklinde olabileceği gibi dört haftalık (aylık) periyotlar şeklinde uygulanabileceğinden sürekli gece vardiyasında çalışma durumu olmayacak ve sürekli gece çalışmasının çalışanlarda yaratacağı olumsuzluklar önlenebilecektir.

Yapılan araştırmalarda sürekli gece çalışmasının sirkadiyen ritmi olumsuz etkilediği ve bu nedenle sıkça sağlıkla ilgili sorunlara neden olduğu ortaya konmuştur. Buna göre gece vardiyası çalışanlarında gündüz çalışanlara göre gastrik ülserlerin iki kat, kardiyovasküler hastalıkların %40 arttığı vurgulanmaktadır. Yine serum potasyum, ürik asit, glukoz, kolesterol ve total lipid değerlerinin gece çalışması sürecinde geçici olarak yükseldiği, gece çalışanlarında metabolik etkilenme nedeni ile santral obezite biçiminde ağırlık artışı olduğu, gece çalışması ile düşük doğum ağırlıklı bebek ve erken doğum arasında da anlamlı ilişki bulunduğu gösterilmiştir.

Huang (1999), yaptığı çizelgeleme çalışmasında 20 günlük dönüşümleri önermiş, hemşire çizelgeleme yaparken gece çalışmaları ile ilgili yapılmış olan kronobiyojokal araştırmalardan destek alınması gerektiğini belirtmiştir. Çünkü sürekli gece çalışmasının yanında hızlı vardiya dönüşümlerinin de negatiflikleri olduğunu belirtmiştir. Hızlı dönüşümlerin uyku bozukluğu altyapısını oluşturduğunu ifade etmiş, çalışanların durumu ve işin gereklerine uygun çözümler geliştirilmesini önermiştir.

Özkarahan, yaptığı çalışmada maliyeti talep kısıtı altında minimize etmeye çalışmış, ihtiyacın altında hemşire çalıştırılması durumunu da maliyetlere

yansıtmiştir. İhtiyaç altında çalıştırılan hemşirelerin bakım kalitesinin istenen düzeyde olmaması, hasta memnuniyetsizliğine neden olacağı ve bunun yaratacağı kayıplar ve çalışanların maliyetini minimize eden modeli geliştirmiştir. Hasta bakımında hemşirelerin yetersiz çalışması durumunda oluşacak zarar bir katsayı ile amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu modelde ise serviste çalışan hemşire sayısı bellidir. Bu kesin hemşire sayısının belirlenen amaç fonksiyonu ve kısıtlara göre optimum çözümü yapılmıştır. Bu durumda oluşan eksik çalışma saatlerinin çalışanlar arasında adaletli olması için minimum farkta olması amaçlanmıştır. Bu açıdan hemşire sayısının belli olmadığı modellerde optimum hemşire sayısı verilmektedir.

4.3. Ek Hemşire Atama Modelinin Uygulaması

Dikkate alınan serviste 13 hemşire mevcut olduğu, bu hemşirelerin de 5'inin raporlu olduğunu varsayıldığında temel matematiksel model uygun bir çözüm vermeyecektir. Yine ihtiyaç duyulan hemşire sayısının gündüz ve gece vardiyaları için 5'er hemşire olması durumunda da bu durumlarla karşılaşılacaktır.

Daha önce de ifade edildiği gibi kurulan temel matematiksel modelin optimum çözüm vermemesi durumunda dışardan hemşire çalıştırmayı dikkate alan ek hemşire atama modeli kullanılabilir. Uygulamada kullanılan ve gerektiğinde dışardan hemşire çalıştırmayı dikkate alan ek hemşire atama modeli aşağıda verilmiştir.

Amaç mevcut koşullar altında dışarıdan kullanılacak ek hemşire süresini minimum yapmaktır. Dolayısıyla matematiksel modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{Minimizasyon} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}$$

Amaç fonksiyonu yukarıda ifade edildiği gibi serviste çalışacak hemşire sayısının 8 (beş hemşirenin raporlu olduğu durumda), 3 vardiya ve haftalık çizelgede gerekli olacak ek hemşire süresinin toplamını ifade etmektedir.

Kısıtlayıcılar

Hemşireler ve hastane yöneticileriyle yapılan ikili görüşmeler ve literatürde önce yapılmış çalışmalardan faydalanılarak aşağıdaki kısıtlar düzenlenmiştir.

Her bir vardiyada ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Ek_saat = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}$$

Her bir vardiyada gerekli olan ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Her_Var_ve_Gün_İçin_Ek_{jk} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \quad ; \quad \forall(j, k)$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışacağı aşağıdaki kısıtla ifade edilebilir.

$$X_{ijk} = 1; (i = 1; j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 4; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 2; (j = 2; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 2; (j = 3; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} = 2; (j = 1; k = 6, 7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi HÇS'ni geçmemeli

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 8X_{ijk} + S_i \leq 40; \forall(i)$$

Her bir hemşire için çalışma periyodu boyunca maksimum boş kalma süresi

$$S_i \leq 16; \forall(i)$$

Negatif değer almama koşulu

$$S_i \leq 0; \forall(i)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tek vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^3 X_{ijk} \leq 1; \forall(i, k)$$

Her bir hemşire için haftalık toplam çalışma süresi bilgisi için

$$HTÇS_i = 8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}; \forall(i)$$

Her bir hemşire hafta boyunca sadece bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1, \dots, 8; j=1, 2, 3$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1, \dots, 8; j=1, 2, 3$$

Bir hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise X_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$X_{ijk} = 0, 1; \forall(i, j, k)$$

Bir ek hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise Z_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$Z_{ejk} = 0, 1; \forall(e, j, k)$$

Bu modelde serviste çalışmakta olan hemşirelerin mevcut kısıtları (günlük bazda çalışması gereken hemşire sayısı gibi) değişmesi veya mevcut hemşirelerin bir kısmının izinli veya raporlu olmaları dahil her durumda etkin bir çözüm bulunacaktır.

Dışarıdan hemşirelerin çalıştırılabilmesi durumunda bu model yardımıyla aynı zamanda hangi gün hangi vardiyada kaç saatlik ek hemşire gücüne ihtiyaç duyulacağı bulunabilmektedir.

4.3.1. Ek Hemşire Atama Modelin Uygulamasının Optimum Çözümü

Kurulan bu matematiksel model LINGO paket programı kullanılarak bilgisayarda 4 saniyede çözülerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar özetle çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ek Hemşire Atama Modelin Uygulamasının Optimum Çözümü

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{22k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{31k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{41k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{53k}	1	0	0	1	1	1	1	40
X_{62k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{71k}	1	1	0	1	0	1	1	40
X_{83k}	0	0	1	1	1	1	1	40
	Z_{ej1}	Z_{ej2}	Z_{ej3}	Z_{ej4}	Z_{ej5}	Z_{ej6}	Z_{ej7}	$8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk}; \forall(j,k)$
Ek_{jk}			Ek_{13}		Ek_{15}	Ek_{16}	Ek_{17}	32
Ek_{jk}		Ek_{32}				Ek_{26}	Ek_{27}	24
Ek_{jk}	Ek_{31}	Ek_{32}	Ek_{33}			Ek_{26}	Ek_{27}	40

4.3.2. Ek Hemşire Atama Modelin Optimum Çözümünün Yorumu

Çalışmanın ek hemşire atama modelinde ek hemşirelerin dış kliniklerden mümkün olduğunca az (minimum) olması amaç fonksiyonu olarak alınmış ve optimum çözüm bulunmuştur. Çalışmanın yapıldığı serviste ek hemşireler servisler arası yapılan bu değişikliklerde deneyim, bilgi vb. faktörlerde problem yaşayabilmektedir. Bundan dolayı mümkün olan en az sayıda hemşire transferinin

yapılması tercih edilmiş ve optimum çözüm elde edilmiştir. Özel sağlık işletmelerinde dışarıdan ek hemşire çalıştırmak yüksek maliyetli olduğundan bu minimizasyon problemi işletme giderleri açısından önemlidir. İşgücü eksikliği toplam personel maliyetlerini düşürürken hizmet kalitesinin zayıf kalmasına neden olmakta, işgücü fazlalığı ise personel maliyetlerini yükseltirken gereksiz kaynak kullanımına neden olmaktadır (Seçkiner ve Kurt, 2005). Genişleyen ve daralan talebe uygun cevap verebilecek şekilde bir hizmet arz modeli olan ek hemşire atama modeli geliştirilmiştir. Mevcut hemşire sayısının yetersiz kalması durumunda dışardan çalıştırılacak hemşire ek saatlerini minimize eden ek hemşire atama modeli ile haftanın hangi günü, hangi sürede ek hemşire çalışma saatlerine ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Vardiya atamaları başhemşire tarafından manuel olarak düzenlenmektedir. 20 hemşirelik, iki haftalık çalışma periyodunu manuel olarak çizelgelemek başhemşirenin 2-8 saatini almaktadır (Huang, 1999). Bu modelin optimum çözümü birkaç saniyeyi aşmamıştır. Manuel çizelgelemenin olumsuzluğu zaman kaybına neden olmasının yanında objektif yaklaşımlara açık olmamasıdır. Manuel çizelgeleme, hazırlayan tarafından bazı çalışanlara ayrıcalık veya cezalandırma sistemi olarak da kullanılabilmesi açısından da sakınca yaratabilmektedir. Böyle bir durumda da personelde motivasyon kaybına veya örgüt içi çatışmalara neden olabilir. Bu nedenle, yapılan bu çalışma ile olumsuz düşünceler ortadan kalkacaktır. Bu çalışmada herkes belirlenen ve herkes için aynı olan koşullarda vardiyalara atanacaktır. Böyle bir uygulama ile çalışma ortamında meydana gelebilecek çatışmalar önlenebilecektir.

Özkarahan (1989), çalışmasında hastane bütçelerinin en büyük kısmını hemşirelere yapılan ödemeler olduğunu belirtmiş ve bu yüzden insan kaynakları bu faktörü etkin kullanmak zorunda olduğuna değinmiştir. Bu modelde ihtiyaç olması durumunda ek hemşire çalışma süresini minimize eden amaç fonksiyonuna hemşirelerin saatlik çalışma ücretleri eklenirse ek hemşire ücreti de minimize edilebilecektir.

Çalışmada periyot boyunca her hemşire aynı vardiyada çalışmakta, ergonomik açıdan önerilen dönüşümlü vardiya ile sürekli gece çalışması da

engellenmektedir. Her bir hemşirenin periyot boyunca en çok bir vardiyada çalışması kısıtlarla belirlenmiştir.

Sürekli gece vardiyasının sağlık ve performans üzerindeki olumsuz etkisi ergonomi ile ilgili yapılan çalışmalarda tartışılmaktadır. Bununla birlikte her zaman gece çalışmak isteyen hemşirelerin yeterli sayıda olmaması dönen vardiyayı gerektirdiği düşünülmektedir. Çalışanların medeni durumu, eğitimlerinin devam ediyor olup olmaması, çocuk sahibi olmaları ve bunun gibi birçok sebeple çalışanlar sürekli gece çalışmasında kalmayı tercih etmeyebilirler. Modellerde çalışanları sürekli gece çalışmasında olmaması için gerekli düzenleme yapılmıştır. Çalışmada ergonomik açıdan yapılmış çalışmaları da değerlendirerek dönen vardiya önerilmiş ve uygulama açısından haftalık veya art arda dört hafta uygulanabilecek programlar geliştirmiştir.

Çalışma haftalık hazırlanarak aylık ve haftalık dönüşümlere uygulanabilecek şekilde esnek hazırlanmıştır. Ergonomik açıdan önerilen dönüşümlü vardiya ile sürekli gece çalışması olmayacaktır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda yaratacağı problemler üzerinde sıkça durulmaktadır.

Sürekli gece vardiyasında çalışmak zorunda olan kişilerin biyolojik aktivitelerinin zorlanacağı, bu streslerin kişilerde yarattığı yorgunluk, uykusuzluk, irritasyon, çabuk öfkelenme gibi sorunların yanı sıra bazı sosyal etkiler araştırılmıştır (Soğancıoğlu, 1989).

Bu etkilerin araştırılması ve en uygun çalışma şeklinin belirlenmesi konusunda farklı çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışanların tercihleri, kanunlar, ergonomik gerekler, çalışma ortamı özellikleri ve öncelikleri en uygun çalışma şeklinin belirlenmesi için önemlidir.

Yapılan bu çizelgeye göre her gün ve vardiyaya gerekli hemşire sayısı değerlendirildiğinde üç ek hemşirenin çalıştırılması gereklidir. Ancak üç hemşire değil de daha az sayıda ek hemşire çalıştırılmak isteniyorsa aşağıdaki kısıtlardan herhangi bir vardiyadaki çalışması gereken hemşire sayısı azaltılır ise gerekli ek hemşire sayısı da azalacaktır.

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 4; (j = 1; k \neq 6,7)$$

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 2; (j = 2, k = 1, \dots, 7)$$

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} \leq 2; (j = 3, k = 1, \dots, 7)$$

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk} = 2; (j = 1, k = 6, 7)$$

Böyle bir durumda çalışma kalitesini olumsuz etkilememek açısından vardiyalar arasından en az yoğun olanı seçilmelidir. Haftalık çalışma saatlerinin azaltılması veya arttırılması durumunda da benzer tablo oluşacaktır. Ancak bu yasal anlamda problem yaratacağından tercih edilmeyecektir.

Başhemşire (1) numaralı hemşire olarak belirlenmiş olup aşağıdaki kısıtlarla sadece hafta içi gündüz vardiyasına ataması yapılmıştır. Başhemşire ile ilgili kliniklerde farklı uygulamalar varsa yani hafta içi I.vardiya dışında çalışabilecekse, modellerdeki aşağıdaki kısıt iptal edilerek, başhemşirenin de diğer hemşirelerin kısıtlarına göre atanması sağlanabilir. $X_{ijk} = 1; (i = 1; j = 1; k \neq 6, 7)$

Servisin mevcut hemşireleri haftalık maksimum çalışma saati olan 40 saati doldurmuşlardır.

Aşağıdaki iki denklem çizelgeyi değiştiren kısıtlar olmayıp modelin çözümünde daha açıklayıcı bilgi için düzenlenmiştir. Her bir vardiyada ek hemşire çalışma süresi bilgisi ve her bir vardiyada gerekli olan ek hemşire çalışma süresi bilgisi içindir. Çizelgelemede bu sonuçlara daha rahat ulaşmak için bu kısıtlar konulmuştur.

$$Ek_saat = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, Her_Var_ve_Gün_İçin_Ek_{jk} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk}$$

Modelden kaldırılmaları durumunda çizelgenin sonuçları değişmeyecektir. LINGO yazımında da bu kısıtları ifade eden kümelerin tanımları da kaldırılmalıdır.

Bu çalışmada da haftalık tercihleri değerlendirecek bir şekilde tamsayılı programlama ile tercihlerin de değerlendirilebildiği optimum çözüm bulunmuştur.

$X_{ijk} = 0$ kısıtı ile uygulama açısından çok uygun bir çözümdür.

Bard ve arkadaşları (2003), yaptıkları çalışmada bu modelde olduğu gibi dışarıdan hemşire çalıştırabilecek bir model geliştirmişlerdir. Ancak modeli tamsayılı ve sezgisel kombinasyonu bir yaklaşım ile çözmüşlerdir.

Özkarahan (1989), maliyeti talep kısıtı altında minimize etmeye çalışmış ve ihtiyacın altında hemşire çalıştırılması durumunda oluşan durum maliyetlere yansıtılmıştır. İhtiyaç altında çalıştırılan hemşirelerin bakım kalitesinin istenen düzeyde olmaması hasta memnuniyetsizliğine neden olacağından bunun yaratacağı kayıpların ve çalışanların maliyetini minimize eden model geliştirmişlerdir. Özkarahan'ın bu çalışmasında ihtiyaca göre az sayıda hemşire çalışması durumunda oluşabilecek hasta memnuniyetsizliği maliyetlendirilmiştir. Bu çalışmada ise belirli sayıda hemşirenin, vardiyalara istenen sayıda ve kısıtlarda, amaç fonksiyonunu optimum yapacak atamalar hedeflenmiştir. Hasta memnuniyeti dikkate alınmamış ancak çalışacak hemşire sayıları hasta yoğunluğuna göre gerektiğinde değiştirilebilecek şekilde hazırlanmıştır. Bu çalışmada ihtiyaçtan az sayıda hemşirenin çalışma durumu olmamakta belirlenen ihtiyacı mutlaka karşılamalıdır.

4.4. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Model

Amaç fonksiyonu:

Amaç dışarıdan kullanılacak ek hemşire süresini minimum yapacak çizelgelemenin bulunmasıdır. Dolayısıyla matematiksel modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır. Ek hemşire atama modelinden farklı olarak belli kıdemdeki hemşirelerden kıdem grubu oluşturularak, bu gruptan vardiyalara istenen sayıda atanabilmesini sağlayacak kısıtlar eklenmiştir.

$$\text{Minimizasyon} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Kısıtlayıcılar:

Hemşireler ve hastane yöneticileriyle yapılan ikili görüşmelerden faydalanılarak aşağıdaki kısıtlar düzenlenmiştir.

Her bir vardiyada ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Ek_saat = 8 \sum_{e=1}^{ehs} \sum_{k=1}^l Z_{ejk}$$

Her bir vardiyada gerekli olan ek hemşire çalışma süresi bilgisi için

$$Her_Var_ve_Gün_İçin_Ek_{jk} = 8 \sum_{e=1}^{ehs} Z_{ejk}; \forall(j, k)$$

Herhangi bir vardiyada söz konusu birimden çalışacak toplam hemşire sayısı o birimde oluşturulmuş hemşire gruplarının sayısını geçmemeli

$$\sum_{i=1}^5 X_{ijk} \leq 5; \forall(j, k)$$

$$\sum_{a=1}^3 XK_{ajk} \leq 3; \forall(j, k)$$

Her vardiya ve günde çalışacak belirlenen gruptaki birden fazla hemşirenin aynı anda aynı vardiyada çalışması istenmiyorsa

$$\sum_{a=1}^3 XK_{ajk} \leq 1; \forall(j, k)$$

Dikkate alınan serviste bir başhemşire vardır ve başhemşirenin sadece hafta içi I. vardiyada çalışacağı aşağıdaki kısıtla ifade edilebilir.

$$X_{ijk} = 1; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I

$$\sum_{i=1}^5 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{20} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^3 XK_{ajk} \leq 4; (j = 1; k \neq 6, 7)$$

Hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_II

$$\sum_{i=1}^5 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{20} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^3 XK_{ajk} \leq 2; (j = 2; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_III

$$\sum_{i=1}^5 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{20} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^3 XK_{ajk} \leq 2; (j = 3; k = 1, \dots, 7)$$

Hafta sonu I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı HS_I_hs

$$\sum_{i=1}^5 X_{ijk} + \sum_{e=1}^{20} Z_{ejk} + \sum_{a=1}^3 XK_{ajk} = 2; (j = 1, k = 6, 7)$$

Her bir hemşire için haftalık çalışma süresi HÇS'ni geçmemeli

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l 8X_{ijk} + S_i \leq 40; (i = 1, \dots, 5)$$

Her bir hemşire için çalışma periyodu boyunca maksimum boş kalma süresi

$$S_i \leq MBKS; (i = 1, \dots, 5)$$

$$S_a \leq MBKS; (a = 1, 2, 3)$$

Negatif değer almama koşulu

$$S_i \geq 0; (i = 1, \dots, 5)$$

$$S_a \geq 0; (a = 1, 2, 3)$$

Her bir hemşire aynı gün en çok bir tek vardiyada çalışacak

$$\sum_{j=1}^3 X_{ijk} \leq 1; (i = 1, \dots, 5; k = 1, \dots, 7)$$

$$\sum_{j=1}^3 XK_{ajk} \leq 1; (i = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 7)$$

Serviste mevcut her hemşire için haftalık toplam çalışma süresi

$$HTÇS_i = 8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}; (i = 1, \dots, 5)$$

$$HTÇS_a = 8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 XK_{ajk}; (i = 1, 2, 3)$$

Her bir hemşire hafta boyunca sadece bir tür vardiyada çalışacak

$$1 - \sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq (1 - Y_{ij}) \times M \quad i=1, \dots, 5; j=1, 2, 3$$

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} \leq Y_{ij} \times M \quad i=1, \dots, 5; j=1, 2, 3$$

$$1 - \sum_{k=1}^7 XK_{ajk} \leq (1 - YK_{aj}) \times M \quad a=1, \dots, 3; j=1, 2, 3$$

$$\sum_{k=1}^7 XK_{ajk} \leq YK_{aj} \times M \quad a=1, \dots, 3; j=1, 2, 3$$

Bir hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise X_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$X_{ijk} = 0,1; (i = 1,...,5; j = 1,2,3; k = 1,...,7)$$

$$XK_{ajk} = 0,1; (a = 1,2,3; j = 1,2,3; k = 1,...,7)$$

Bir ek hemşire herhangi bir vardiyada çalışacak ise Z_{ijk} karar değişkeni 1 çalışmayacak ise 0 değerini almasını sağlayacak kısıt

$$Z_{ejk} = 0,1; \forall (e, j, k)$$

4.4.1. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Optimum Çözümü

Çizelge 4.3.Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Optimum Çözümü

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall (i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{22k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{31k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{41k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{53k}	0	0	1	1	1	1	1	40
	XK_{ij1}	XK_{ij2}	XK_{ij3}	XK_{ij4}	XK_{ij5}	XK_{ij6}	XK_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 XK_{ijk}, \forall (i)$
XK_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
XK_{23k}	1	1	1	1	1	0	0	40
XK_{32k}	0	1	0	1	1	1	1	40
	Z_{ej1}	Z_{ej2}	Z_{ej3}	Z_{ej4}	Z_{ej5}	Z_{ej6}	Z_{ej7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall (e)$
Ek_{jk}	Ek_{21}		Ek_{23}			Ek_{16}	Ek_{17}	32
Ek_{jk}	Ek_{31}	Ek_{32}				Ek_{26}	Ek_{27}	32
Ek_{jk}						Ek_{36}	Ek_{37}	16
Ek_{jk}						Ek_{16}	Ek_{17}	16

4.4.2. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Optimum Çözümü

Yorumu

Ek hemşire atama modelinden farklı olarak belli kıdemdeki hemşirelerin, vardiyalara istenen sayıda atanabilmesini sağlayacak kısıtların eklenmiştir.

Bu çalışmada kıdemli hemşire veya acemi hemşirelerin (kıdem grubu) her vardiyada hangi sayıda olacağı belirlenebilmektedir. Bu modelde dışarıdan ek hemşire çalışma saatleri minimize edilmektedir. Önceki modellerden farklı olarak kıdem grubu oluşturulmuş ve bununla ilgili kısıtlarla çizelgeleme yapılmıştır.

Çizelge 4.3.'te aynı kıdemdeki üç hemşirenin aynı gün, aynı vardiyaya atanmadığı görülebilmektedir. Çalışma yapılırken yoğun bakım hemşire ve doktorlarıyla yapılan görüşmelerde kıdem grubu hemşirelerin aynı vardiyada çalıştırılmamasına özen gösterildiği belirtilmiştir. Bu model bu açıdan faydalı olacaktır.

Ancak kıdem grubu hemşirelerinin az olduğu servislerde ek hemşire atama modelinde olduğu gibi kıdem farkı gözetmeksizin atamalar yapılabilmektedir. Ek hemşire atama modelinde yeni başlayan bir hemşire ataması $X_{ijk} = 1$ kısıtı ile istenen vardiya ve güne yapılabilecektir. Vardiyalara belirlenen kıdemdeki hemşirelerin istenen sayıda atanması eklenen kısıtlar ile yapılabilmektedir.

Kıdem grubu hemşirelerinin sayısı toplam hemşire sayısı içindeki oranı arttırıldığında, kısıtları sağlayabilmek için çözümlerde sıkıntı yaşanabilecektir.

Çalışmada oluşturulan kıdem grubundaki hemşirelerden birden fazlasını aynı vardiyaya atamamaktadır. Belirlenen kıdem grubundan aynı vardiyada birden fazla hemşire çalışamayacaktır. Caren ve arkadaşları, kıdemlilik kısıtlamaları ancak o kıdemde biri yoksa ya da o kıdemden daha yüksek biri görevlendirilmemişse kıdemsiz atanabilir şeklinde kıdem faktörünü dikkate almıştır.

Warner (1975), dört-altı haftalık çizelgeleme periyotlarının her gün ve vardiya için belirlenen kısıtlarla her yetenek sınıfından, minimum sayıda hemşirenin atanması sağlanmaktadır. Warner'ın bu çalışmasında kıdem detaylandırılmıştır. Bu çalışmada ise kıdem faktörü, iki farklı kıdemdeki ve ek hemşirelerin atamaları ile değerlendirilmiştir.

Caren ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, kimi insanların bazı işler için kalifiye iken bazıları için de kalifiye olamadıklarını belirtmişlerdir. Kıdemi dikkate alarak yaptıkları çalışmada kıdem ve fayda maksimizasyonu yapmaya çalışmışlardır. Çalışmanın amaç fonksiyonu bu yönde kurulmuştur. Ancak bu çalışmada kıdem grubundaki (acemi veya en kıdemli) hemşirelerin birlikte çalışması vardiyalara göre sınırlandırılabilir. Sınırlandırılabilir.

Warner (1975), dört-altı haftalık çizelgeleme periyotlarının her gün ve vardiya için belirlenen kısıtlarla her yetenek sınıfından, minimum sayıda hemşirenin atanması sağlamıştır. Çalışmada ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelde ise belirli seviyedeki hemşirenin vardiyalara hangi sayıda atanacağı kısıtları da bulunmaktadır. Ancak amaç olarak çalışacak ek hemşire süresinin minimizasyonu hedeflenmiştir. İki çalışmayı birbirinden ayıran ise, Warner'ın sınırlı olmayan hemşire sayısını minimize etmek için çizelgeleme yapması, bu çalışmada ise belli hemşire sayısını belli kısıtlar altında atamanın zorunlu olmasıdır.

Ikegami ve Niwa (2003), subproblem-centric algoritma ile hemşire çizelgeme problemlerini çözmüş, hastanelerde başlıca kaygılardan biri yüksek sağlık kalitesinin sağlanması için gerekli hemşire kalitesi olduğunu belirtmiş ve başhemşirenin her bir vardiyaya istenen sayıda ve istenen yetenek düzeyinde hemşire vermesi ve hemşire grupları oluşturulurken özellikle darboğazın yaşandığı deneyimli hemşirelerin her gruba dağıtılmasını dikkate almıştır. Bu çalışmada ise ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelde iki farklı kıdemdeki hemşirelerin ataması yapılmıştır.

Bu problem sadece bu yöntemle değil literatürde olduğu gibi farklı tekniklerle çözülebilmektedir. Bazı matematiksel modeller, bilinen herhangi bir optimizasyon algoritmasıyla çözülemeyecek kadar karmaşık yapıda olabilir. Böyle durumlarda optimum çözümü aramak yerine, sezgisel yöntemler kullanarak sadece iyi bir çözümü arama yoluna gidilir (Taha, 2000).

Matematiksel programlamada sezgisel (heuristic) yöntemler bir optimizasyon problemine yakın optimal çözümler belirleyen yöntemlerdir. Optimizasyonda kesin yöntemlerin tersine sezgisel yöntemler optimal çözümü garanti etmezler (Bakır ve Altunkaynak, 2003). Bundan dolayı yapılan bu çalışmada belirlenen kısıtları

sağlayan tamsayılı programlama ile çözülmüş ve sezgisel yöntemleri kullanmadan istenen amaçları optimum yapan çözümler bulunmuştur.

4.5. Senaryo Analizleri

4.5.1. Temel Matematiksel Modelin Senaryo Analizi

Temel matematiksel modelin hemşire sayısı alınan raporlar, acil gereksinimler durumunda hemşire sayısı azaldığında modelin optimum çözümü aşağıdaki çizelge 4.4.'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Temel Matematiksel Modelin Senaryo Analizi

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{23k}	1	1	0	1	1	0	0	32
X_{31k}	1	1	1	1	0	0	1	40
X_{42k}	1	1	1	0	1	1	0	40
X_{52k}	0	1	1	1	0	0	1	32
X_{61k}	1	1	0	0	1	1	0	32
X_{72k}	1	0	0	1	1	1	1	40
X_{81k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{93k}	1	0	1	1	0	1	1	40
$X_{(10)3k}$	0	1	1	0	1	1	1	40
$X_{(11)1k}$	0	0	1	1	1	1	1	40

4.5.2. Ek Hemşire Atama Modeli Senaryo Analizi (I)

Hastanelerde genellikle hasta sayılarında zamanla bir değişim görülebilmektedir. Bu da değişime cevap verecek hemşire sayılarını temin etmekte büyük zorluklara neden olmaktadır. Böyle durumlarda serviste mevcut olan tüm hemşirelerin kullanılması halinde dahi yetersizliklerle karşılaşılabilir. Ek hemşire atama modelinde mevcut durumda serviste 13 hemşirenin olduğu fakat hasta yoğunluğundan dolayı hafta içi gündüz çalışan hemşire sayısının 6 olması, hafta boyunca II. vardiyada 3 ve III. vardiyada 3 hemşireye ihtiyaç olması beklenmektedir. Bu durumda uygulanacak matematiksel model aşağıda verilmiştir.

Kurulan matematiksel modelin optimal çözümü aşağıdadır. Bununla ilgili optimum çözümü aşağıda verilmiştir. Burada çözüm özetle çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ek Hemşire Atama Modelinin Senaryo Analizi (I)

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{22k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{31k}	1	1	1	1	0	1	0	40
X_{41k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{51k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{61k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{72k}	1	1	1	1	0	1	0	40
X_{81k}	0	0	1	1	1	1	1	40
X_{93k}	1	0	1	0	0	1	1	40
X_{103k}	1	0	1	0	1	1	1	40
X_{112k}	1	0	0	1	1	1	1	40
X_{123k}	0	1	0	1	1	1	1	40
X_{133k}	1	1	1	1	1	0	0	40
	Z_{ej1}	Z_{ej2}	Z_{ej3}	Z_{ej4}	Z_{ej5}	Z_{ej6}	Z_{ej7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall(e)$

Ek_{jk}		Ek_{22}	Ek_{23}		Ek_{25}	Ek_{26}	Ek_{17}	40
Ek_{jk}		Ek_{32}					Ek_{27}	16
Ek_{jk}	Ek_{11}	Ek_{12}			Ek_{15}		Ek_{27}	32

4.5.3. Ek Hemşire Atama Modeli Senaryo Analizi (II)

Ek hemşire atama modelindeki mevcut çalışan hemşire sayısını arttırdığımızda, vardiyalarda çalışacak hemşire sayısını da arttırmak istersek; ilgili kısıtların sağ tarafını arttırmak gerekmektedir.

Çalışan hemşire sayısını ve vardiyalarda çalışan hemşire sayısını fazlaca arttırsak modelin çözüm süresini ve çözümünü görmek açısından gereklidir. Birimdeki mevcut hemşire sayısı 30, hafta içi I. vardiyada çalışacak hemşire sayısı 8, hafta boyunca II. vardiyada çalışacak hemşire sayısı 6, hafta boyunca III. vardiyada çalışacak hemşire sayısı 6, hafta sonu gündüz vardiyasında çalışacak hemşire sayısı 6 olacaktır. Büyük servislerde çalışan sayısının fazla olduğu düşünülerek bu örnek verilmiştir. Uygulamada bir serviste çalışan hemşire sayısının otuzdan fazla olmadığı gözlenmiştir. Çizelge 4.7.'deki optimum çözüm LINGO'da birkaç saniye içinde bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Ek Hemşire Atama Modelinin Senaryo Analizi (II)

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{22k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{33k}	1	1	0	1	1	0	1	40
X_{41k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{51k}	0	0	1	1	1	1	1	40
X_{61k}	1	1	0	1	1	1	0	40
X_{72k}	1	0	1	1	0	1	1	40
X_{81k}	0	0	1	1	1	1	1	40
X_{91k}	1	1	0	1	1	0	1	40
$X_{(10)2k}$	1	1	1	1	0	0	1	40
$X_{(11)1k}$	1	1	1	1	0	1	0	40
$X_{(12)2k}$	1	1	1	1	0	1	0	40
$X_{(13)1k}$	1	1	1	1	0	0	1	40
$X_{(14)2k}$	0	0	1	1	1	1	1	40
$X_{(15)2k}$	0	1	1	0	1	1	1	40
$X_{(16)3k}$	1	1	1	1	0	1	0	40
$X_{(17)1k}$	1	0	1	1	0	1	1	40
$X_{(18)1k}$	1	1	1	0	1	1	0	40
$X_{(19)2k}$	1	0	0	1	1	1	1	40
$X_{(20)2k}$	0	1	0	1	1	0	1	32
$X_{(21)1k}$	1	1	1	0	1	0	1	40
$X_{(22)3k}$	1	1	1	1	1	0	0	40
$X_{(23)3k}$	0	1	1	1	1	1	0	40

$X_{(24)2k}$	1	1	1	0	1	1	0	40
$X_{(25)3k}$	0	0	1	1	1	1	1	40
$X_{(26)3k}$	1	1	1	0	1	0	1	40
$X_{(27)3k}$	0	1	0	1	1	1	1	40
$X_{(28)3k}$	0	0	1	1	1	1	1	40
$X_{(29)2k}$	1	1	0	0	1	1	1	40
$X_{(30)3k}$	1	1	1	0	1	1	1	40
	Z_{ej1}	Z_{ej2}	Z_{ej3}	Z_{ej4}	Z_{ej5}	Z_{ej6}	Z_{ej7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall (e)$
Ek_{jk}	Ek_{31}	Ek_{12}			Ek_{15}	Ek_{36}	Ek_{37}	40
Ek_{jk}	Ek_{31}							8

4.5.4. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Senaryo Analizi

Vardiyalarda çalışması gereken hemşire sayısı 6,5,5,6 şeklinde arttırılarak ve çalışan toplam hemşire sayısı 21 yapılarak, kıdem grubundaki hemşire sayısı değiştirilmeden yapılan çözümle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. 18 hemşire ve kıdem grubu haftalık toplam maksimum çalışma saatleri olan 40 saati doldurmuşlardır.

Çizelge 4.8. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Senaryo Analizi

	X_{ij1}	X_{ij2}	X_{ij3}	X_{ij4}	X_{ij5}	X_{ij6}	X_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
X_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{22k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{31k}	1	1	1	1	1	0	0	40
X_{41k}	1	1	1	0	1	1	0	40
X_{51k}	0	1	0	1	1	1	1	40
X_{62k}	0	0	1	1	1	1	1	40
X_{72k}	0	0	1	1	1	1	1	40
X_{81k}	1	0	0	1	1	1	1	40
X_{92k}	1	0	0	1	1	1	1	40
$X_{(10)3k}$	0	1	1	1	0	1	1	40
$X_{(11)3k}$	1	1	1	1	0	1	0	40
$X_{(12)3k}$	1	0	0	1	1	1	1	40
$X_{(13)1k}$	1	1	1	0	0	1	1	40
$X_{(14)3k}$	1	1	1	0	1	0	1	40
$X_{(15)3k}$	1	1	1	0	1	1	0	40
$X_{(16)3k}$	1	1	0	1	1	0	1	40
$X_{(17)2k}$	0	1	1	0	1	1	1	40
$X_{(18)1k}$	0	0	1	1	1	1	1	40
	XK_{ij1}	XK_{ij2}	XK_{ij3}	XK_{ij4}	XK_{ij5}	XK_{ij6}	XK_{ij7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 XK_{ijk}, \forall(i)$
XK_{11k}	1	1	1	1	1	0	0	40
XK_{22k}	1	0	1	1	0	1	1	40

XK_{33k}	0	0	1	1	1	1	1	40
	Z_{ej1}	Z_{ej2}	Z_{ej3}	Z_{ej4}	Z_{ej5}	Z_{ej6}	Z_{ej7}	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall(e)$
Ek_{jk}	Ek_{21}	Ek_{22}					Ek_{17}	24
Ek_{jk}	Ek_{21}	Ek_{22}					Ek_{17}	24
Ek_{jk}		Ek_{22}						8

4.6. Modellerin Duyarlılık Analizleri

4.6.1. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi

Serviste 12 hemşirenin olduğu hafta içi gündüz çalışan hemşire sayısının 4, hafta boyunca II. vardiyada 2 ve III. vardiyada 2 hemşireye ihtiyaç olması durumunda matematiksel modelin optimum çözümü çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (I)

$i(\text{hemşire})$	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
1	32
2	32
3	32
4	32
5	32
6	40
7	32
8	32
9	40
10	40
11	32
12	40

Temel matematiksel modelde toplam çalışan hemşire sayısı azaltılmış ve vardiyalarda çalışan hemşire sayısı ise değiştirilmediğinde çıkan sonuçlar çizelge

4.'de verilmiştir. Hemşire sayısı 11'in altına düşürülürse model kısıtları sağlamadığından optimum çözüm verememektedir.

Çizelge 4.10. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (II)

$i(hemşire)$	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
1	32
2	40
3	40
4	40
5	40
6	40
7	40
8	32
9	40
10	32
11	40

Temel matematiksel modelde toplam çalışan hemşire sayısı ve vardiyalarda çalışan hemşire sayısı arttırıldığında sonuçlar aşağıdaki çizelge 4.'de verilmiştir. Serviste 15 hemşirenin olduğu hafta içi gündüz çalışan hemşire sayısının 4, hafta boyunca II. vardiyada 3 ve III. vardiyada 3 hemşireye ihtiyaç olması durumunda matematiksel modelin optimum çözümü aşağıda verilmiştir. Modelde yapılan toplam hemşire sayıları ve vardiyalarda çalışan hemşire sayıları kısıtları sağlayabilecek düzeyde değilse model optimum çözüm verememektedir. Hemşirelerin periyot boyunca aynı vardiyaya atanmaları, vardiyalarda çalışacak hemşire sayısının ve vardiyalarda çalışacak hemşire sayısının kısıtlarla belirlenmiş olması bu durumu oluşturmaktadır.

Çizelge 4.11. Temel Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi (III)

$i(hemşire)$	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 X_{ijk}, \forall(i)$
1	32
2	40
3	32
4	32
5	32

6	40
7	40
8	40
9	32
10	32
11	32
12	40
13	32
14	40
15	32

4.6.2. Ek Hemşire Atama Modelinin Duyarlılık Analizi

Hastanelerde genellikle hasta sayılarında zamanla bir değişim görülmektedir. Bu değişime cevap verecek hemşire sayılarını temin etmek büyük zorluklara neden olmaktadır. Bu durumlarda serviste mevcut olan tüm hemşirelerin kullanılması halinde de yetersizliklerle karşılaşılabilir. Serviste çalıştırılacak hemşire sayısı arttırıldığında ek hemşire çalışma saatlerinin azalacağı düşünülmektedir.

Vardiyalarda çalışan hemşire sayıları sabit tutulduğunda ancak toplam çalışan hemşire sayısının arttırılması durumunda modelin duyarlılık analizi çizelge 4.4.'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.12. Ek Hemşire Atama Modelinin Duyarlılık Analizi

Hemşire sayısı	Ek Saat(j)	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall(e)$
8	Eksaat (1)	32
	Eksaat (2)	32
	Eksaat (3)	32
9	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	32
	Eksaat (3)	32
10	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	0
	Eksaat (3)	32

11	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	0
	Eksaat (3)	0

Eksaat(1); I.vardiya için dışarıdan gerekli toplam ek hemşire çalışma saatleri

Eksaat (2); II.vardiya için dışarıdan gerekli toplam ek hemşire çalışma saatleri

Eksaat (3); III.vardiya için dışarıdan gerekli toplam ek hemşire çalışma saatleri

4.6.3. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi;

Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde vardiyalarda ve serviste çalışan hemşire sayıları arasında büyük bir fark olmadıktan sonra program birkaç saniye içerisinde optimum çözümü bulabilmektedir. Serviste çalışan mevcut hemşire sayısı artırılınca dışarıdaki servislerden çalıştırılması gereken ek hemşire saatleri azalmaktadır. İhtiyaçlar servislerde doğru tespit edilerek ek hemşire saatleri ihtiyacının azaltılması gereklidir.

Çizelge 4.13. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin Duyarlılık Analizi

Hemşire sayısı	Eksaat(j)	$8 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^7 Z_{ejk}, \forall(e)$
5 Kıdemli hemşire 3 Kıdemsiz grubu	Eksaat (1)	32
	Eksaat (2)	32
	Eksaat (3)	32
6 Kıdemli hemşire 3 Kıdemsiz grubu	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	32
	Eksaat (3)	32
7 Kıdemli hemşire	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	0

3 Kıdemsiz grubu	Eksaat (3)	32
8 Kıdemli hemşire 3 Kıdemsiz grubu	Eksaat (1)	0
	Eksaat (2)	0
	Eksaat (3)	0

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- i. Vardiyalı çalışmada farklı yaklaşımlar ve uygulamalar dikkate alınarak üç farklı modelin tamsayılı doğrusal programlama yöntemi ile optimum çözümleri bulunmuştur.
- ii. Hemşire çizelgelemede kullanılan vardiya sistemleri ergonomik açıdan incelenerek, buna uygun çizelgeleme yapılmıştır. Belirlenmiş maksimum haftalık çalışma saatleri, her hemşirenin periyot boyunca aynı vardiyada çalışması, sekiz saatlik vardiya süreleri, döner vardiya sistemini sağlayan bu çizelgeleme ile ergonomik vardiya atamaları yapılmıştır
- iii. Bu tür problemleri birbirinden ayıran en önemli farklılık uygulamadaki çalışma koşullarının yarattığı kısıtlar ve amaç fonksiyonlarının her birinin diğerine göre farklı olmasıdır. Bu çalışmada da üç farklı durumda uygulanabilecek birbirinden farklı üç model geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin amaç fonksiyonları ve bazı kısıtları farklıdır.
- iv. Belirlenen kısıtlar dahilinde belirli sayıdaki hemşirelerin çalışma vardiyalarına bir haftalık dönemde atayan temel matematiksel model ile çalışma vardiyaları arasındaki ortalama mutlak sapma minimize edilmiştir. Temel matematiksel model ile hemşirelerin çalışma yükü arasındaki fark azaltılmıştır.
- v. Ek hemşire atama modeli servisteki hasta yoğunluğunun artması durumunda, doğan fazla hizmet ihtiyacını karşılamak için mevcut hemşireler dışında dışarıdan hemşire çalıştırılabilmesi için kurulmuş ve optimum sonuçlar elde edilmiştir
- vi. Kıdemin dikkate alındığı, aynı kıdemdeki hemşirelerden oluşturulan iki grubun vardiyalara göre dağılımında hangi vardiyada, kaç hemşire çalışacağını belirlediği ek hemşire ve kıdem esaslı model kurularak optimum çözüm bulunmuştur.
- vii. Kurulan bu matematiksel modeller farklı varsayımlar (senaryo analizleri) ve gerçek verilerle çözülmüştür.

- viii. Farklı senaryolarla çözülen modellerin çözüm süresi test edilmiştir. Bütün modellerin optimum çözümleri birkaç saniye içerisinde elde edilmiştir.
- ix. Hazırlanan bu çalışma sağlık sektöründe ve üç vardiya ile çalışan başka sektörlerde de çok küçük değişikliklerle rahatlıkla kullanılabilecek şekilde düzenlenmiştir. Örneğin çalışan sayısının değiştirilmesi, başhemşire ile ilgili kısıtların kaldırılması veya çalışma saatlerinin arttırılması-azaltılması gibi farklı durumlarda uygulanabilecek niteliktedir. Temel matematiksel model, ek hemşire atama modeli, ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modellerinde çalışması gereken hemşire sayıları kısıtlarla belirlenmiştir. Ancak bu kısıtların sağ tarafları değiştirilerek gerekli hemşire sayısı ile ilgili değişiklikler yapılabilecek özellikte hazırlanmıştır.
- x. Objektif olmayan ve birçok ergonomi kısıtını dikkate alması mümkün olmayan manüel çizelgelemenin olumsuz sonuçlarını en aza indireyecek bu çizelgeleme metodu ile subjektif uygulamalar ortadan kalkacak ve çalışanlar aynı kısıtlar ile atandıklarını düşüneceklerdir..
- xi. Vardiya dönüşüm hızının haftalık olarak alınıp alınmaması uygulayıcıya bırakılmıştır. Haftalık hazırlanan çizelgenin dönüşüm hızı çalışanların ve uygulayıcının tercihi bırakılmış olup haftalık, aylık uygulanabilecek şekilde hazırlanmıştır.
- xii. Modellerde serviste çalışması gereken yaklaşık hemşire sayısı da görülebilmektedir. Çizelgelerde görüldüğü gibi hemşirelerin ihtiyaca göre atamaları yapıldığında her hemşirenin çalışma saatleri rahatlıkla görülebilmektedir. Bu da gerekli işgücünün tahmin edilebilirliği ve gereksiz yere personel çalıştırmamak için yeterli bilgiye sahip olunabilmesi açısından faydalıdır.
- xiii. Çalışacak personel sayısının belirlenebilmesi hasta bakımında aksaklıkların yaşanmaması açısından hemşire ihtiyacının önceden görülebilmesini ve bu hizmet kalitesini etkileyecektir. Personel sayısının az olması hasta bakımında yetersizliklere yol açması veya gereğinden fazla sayıdaki personelin çalıştırılması da maliyetleri arttıracığından işletmeler tarafından istenmeyen bir durum yaratacaktır. Bu çalışma ile ihtiyaca göre gerekli işgücünün

belirlenmesi ve bununla ilgili meydana gelecek olumsuzlukların giderilmesi kolaylaştırılmıştır.

- xiv. Matematiksel modelin LİNGO programında birkaç saniye içinde çözülmesi ile uzun süren manuel hazırlamadaki zaman kaybı ortadan kalkacaktır. Yaptığımız görüşmelerde genellikle çizelgelemenin başhemşire tarafından manuel olarak yapıldığı belirtilmiştir. Bu çalışma ile başhemşirenin manuel çizelgelemeye uzun zaman ayırmasından dolayı meydana gelen işgücü kaybının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.
- xv. Her üç modelde tercihlerin değerlendirileceği bir vardiya düzenlemesi yapılmıştır. Modellerde çalışanların isteklerine cevap verecek şekilde uygulama yapılabilmektedir. Tercihlerinin değerlendirildiğini gören çalışanların daha verimli olması veya iş tatmininin artacağı düşünülmektedir. Zaten vardiyalı çalışma düzeninde çalışanların üzerinde stres faktörü yaratan birçok etken varken bu şekilde tercihlerinin değerlendiriliyor olması onları motive etmek için önemlidir.
- xvi. Modelin duyarlılık analizini manuel olarak yapılmıştır. Çünkü LINGO paket programı tamsayılı modeller için duyarlılık analizini yapamamaktadır. Manuel olarak birkaç varsayım ile modellerin duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Öneriler

i) Bu çalışmada, ek hemşire atama modeli, ek hemşire ve kıdem esaslı matematiksel modelde amaç fonksiyonundaki gerekli ek hemşire çalışma saatlerini minimum yapan amaç fonksiyonu saat ücretleri ile çarpılırsa, ek hemşire çalışmasının minimum maliyeti de bulunabilir. Serviste bulunan hemşirelerin vardiya ve günlere göre çalışma saatleri saatlik maliyetle çarpılarak eklenirse hemşirelerin toplam çalışma maliyetleri bulunabilecektir.

ii) Bu geliştirilen program uygulamada çok rahat bir şekilde kullanılabilir. Ancak uygulayıcının LİNGO dilini bilmediği göz önünde bulundurularak, bir ara yüzle bunun uygulama açısından daha kolay olması sağlanabilir. Bu öneri

gelecekte yapılacak çalışmalarda uygulayıcıyı rahatlatma açısından önem arz etmektedir.

iii) Ek hemşirelerin çalışma saatlerinin çalışacakları servisin uygulamasına göre gerekli kısıtlarla düzenlenmesi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- AICKELIN, I., and DOWNSLAND, K., (2002). Enhanced Direct and Indirect Genetic Algorithm Approaches for a Mall Layout and Tenant Selection Problem, *Journal of Heuristics* 8(5):503-514.
- AICKELIN, U., and DOWNSLAND, K., (2003). An Indirect Genetic Algorithm for a Nurse Scheduling Problem, *Computers & Operations Research*.
- AYKANAT, S., TENGİLİMİOĞLU, D., (2003). Hastanelerde Sağlık Personelinin Motive Eden Faktörlere İlişkin Bir Alan Çalışması, *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, Cilt:6, Sayı:2, 71-97
- AZAIŁEZ, M. N., AL SHARİF, S.S.(2005). A 0-1 Goal Programming Model For Nurse Scheduling, *Computers and Operations Research*, Oxford, UK, 491-507.
- BAKIR, M.A., ALTUNKAYNAK, B.(2003).Tamsayılı Programlama Teori, Modeller ve Algoritmalar, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 630
- BARD, J.F., and PURNOMO, H.W.,(2003). Preference Sheduling For Nurses Using Column Generation, Graduate Program in operations Research & Industrial Engineering, The University of Texas.ETC 5.160, C2200, Austin, TX 78712-1063, USA
- BELIEN, J., and DEMEULEMEESTER, (2002). Integrating Nurse and Surgery Scheduling, *Katholike Universiteit Leuven Naamsestraat 69,3000 Leuven, Belgium*12
- BURKE, E., CAUSMAECKER, P.D., PETROVIĆ, S., BERGHE, G.V., (2002). Variable Neighbourhood Search for Nurse Rostering Problems, *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*
- BURKE, E., CAUSMAECKER, P.D., PETROVIĆ, S., BERGHE, G.V.,(2004). Variable Neighborhood Search For Nurse Rostering Problems, *Metaheuristics: Computer Decision- Making*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA,
- BURKE, E., CAUSMAECKER, P.D., and BERGHE, G.V., (2004). Novel Meta-Heuristic Approaches to Nurse Rostering Problems in Belgian Hospitals
- CARON, G., HANSEN, P., JAUMARD, B., (1997). The Assignment Problem With

- Seniotry And Job Priorty Constraints, Operation Resarch, Vol. 47, No.3
- DAĞDEVİREN, M., EREN, T., (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 16, No 2, 41-52
- DOWSLAND, K. and THOMPSON, J., (2000). “Nurse Scheduling With Knapsacks, Networks and Tabu Search”Journal of the operational research society 825-833.
- ERİĞÜÇ, G., (1999). Ankara Meteropolitan Alanda Sağlık Bakanlığı Hastnelerinde Personel Devir Oranları ve Personelin İşinden Ayrılma Nedenleri, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi,Cilt:4,Sayı:1,3-26.
- ERSOY, K., KAVUNCUBAŞI Ş.,(1995). Diskriminant Analizi Aracılığı İle Hastanelerinin Kapasite Kullanım Oranı Bakımından Gruplandırılması, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi,Cilt:3,Sayı:1,63-79.
- GOLDBERG, D.E.,(1989). Genetic Algoritms in Search, Optimization and Machine Leanning,Addisson-Wesley
- HARE, R. H., Staff Scheduling with ILOG Solver ,Department of Matematics &Statics,Okagan University Collage 3333 Colage Way,Kelowna,BC,Canada
- HOLLAND, J. H.,(1975). Adaptation in Natural and Artifical Systems: An Introductory Analysis With Applications to Biology, Control and Artifical Intelligence, University of Michigan Pres.
- HUARNG, F., (1999). A Primary Shift Rotation Nurse Scheduling Using Zera-One Linear Goal Programming, Computers in Nursing, Vol.17, No.3, 135-144.
- IKEGAMI, A. and NİWA, (2003). A. Subproblem-Centric Algorithms For The Nurse Sheduling Problem, Seikei University, Tokyo 180-8633, Japan.
- İNCİR, G., (1998). Çoklu Vadiya Çalışmasının Ergonomik Tasarımı, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:624, Ankara.
- İNCİR, G., ESTAŞ, S., (1983). İmalat Sanayi İşyerlerindeki Ergonomik Uygulamalara Genel Bir Bakış, Ankara.
- KARAGÜVEN, M.H., BERK Ş., (2001). Türkiye de ve Almanyada Üretim Sektöründe Çalışanlarda Vardiyalı Çalışma Sisteminin Kaygı ve Öfke Düzeyine Etkisi,İzmir

- KARAYILMAZER, S., BALABAN E., (2000). Yongalevha Endüstrisinde Bir Yöneylem Araştırması Uygulaması, TÜBİTAK.
- KAYA, S., (1992). Hastanelerde Örgütsel Çatışmanın Nedenleri, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, Cilt:1; Sayı:1, 71-77
- KAYA, S., (2003). Sağlık Hizmetlerinde Kalite Yönetimi: Çeşitli Ülkelerdeki Uygulamalara Genel Bir Bakış, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, Cilt:6, Sayı:2, 57-70
- LI, J. and AİCKELİN, U., (2003). A Bayesian Optimization Algorithm for the Nurse Scheduling Problem, Proceeding of 2003 Congress on Evolutionary Computation (CEC2003), pp. 2149-2156, IEEE pres, Canberra, Australia
www.lindo.com
- ÖZCAN, E., (2002). Memetic Algorithms for Nurse Rostering, Yeditepe Univ, Department of Computer Engineering, Kayisdagi, İstanbul, Turkey
- ÖZKARAHAN, İ., (1989). A Flexible Nurse Scheduling Support System, Computer Methods and Programs in Biomedicine, 145-153, U.S.A.
www.kho.edu
- SEÇKİNER, S., U., ve KURT, M., (2005). Bütünleşik Tur-Rotasyon Çizelgeleme Yaklaşımı ile İşyükü minimizasyonu, Gazi Üniv.Müh.Mim. Fak.Der., Cilt:20, No:2, 161-169
- SOĞANCIOĞLU, Ş., (1989). Vardiya Çalışmasının Yarattığı Stres, Ankara
- TAHA, H. A., (2000). Operations Reserch an Introduction, Baray, Ş.A., Esnaf, Ş., Yöneylem Araştırması, Literatür yayıncılık, İstanbul
- TÜLÜCÜ, K., (1997). Optimizasyon, Çukurova Üniversitesi Yayınları, Adana, 1997
- TOP, M., ŞAHİN, B., (2004). Hastane Endüstrisinde Değişen Sınırlar: Avrupa Ülkelerinde Yaşanan Son Yirmi Yıllık Süreç, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, Cilt:7, Sayı:1, 85-105.
- TRİVEDİ, M., V., (1981). A Mixed-Integer Goal Programming Model For Nursing Service Budgeting, Operations Research, Vol.29, No. 5.
- WARNER, D., M., (1976). Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference:A Matematical Programming Approach, Operation Research, Vol. 24, No. 5.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Antakya’da doğdu. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulundan mezun oldu. 2000 yılında da Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari bilimler Fakültesi İşletme Bölümünden mezun oldu. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinde Yüksek Lisans programına başlamıştır.

Evli ve üç çocuk annesidir.

EKLER

EK.1. Temel Matematiksel Modelin LINGO Dilinde Yazılışı

MODEL:

! Hemsire vardiya optimizasyonu;

SETS:

HEMSIRE / 1..11/:HafTopCalSaati, Haf_Top_Cal_VARDIYA_SAY, DA, DE;

VARDIYA / 1..3/ : ;

CALISMAGUNLERI / 1..7/ : ;

ATAMA(HEMSIRE ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI):x;

ATAMA2(HEMSIRE ,VARDIYA): Y;

ATAMA3(HEMSIRE ,CALISMAGUNLERI): ;

ENDSETS

!Amac fonk;

MIN=TOPLAM_FARK;

@FOR(CALISMAGUNLERI(K):X(1,2,K)=0);

@FOR(CALISMAGUNLERI(K):X(1,3,K)=0);

X(1,1,6)=0;X(1,1,7)=0;

@FOR(VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR(CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 6 #AND# K #NE#

7:@SUM(HEMSIRE (I): X(I,J,K))=4));

! HAFTA BOYUNCA II. VARDIYADA CALISAN HEMSIRE SAYISI;

@FOR(VARDIYA(J)| J #EQ# 2 :@FOR(CALISMAGUNLERI(K):@SUM(HEMSIRE (I): X(I,J,K))=2));

HAFTA BOYUNCA III. VARDIYADA CALISAN HEMSIRE SAYISI;

@FOR(VARDIYA(J)| J #EQ# 3 :@FOR(CALISMAGUNLERI(K):@SUM(HEMSIRE (I): X(I,J,K))=2));

! HAFTA SONU I. VARDIYADA CALISACAK HEMSIRE SAYISI;

@FOR(VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR(CALISMAGUNLERI(K)|K #NE# 1 #AND# K #NE# 2 #AND# K #NE# 3 #AND# K #NE# 4 #AND# K #NE# 5 :@SUM(HEMSIRE (I): X(I,J,K))=2));

! HAFTALIK TOPLAM CALISMA SAATI;

@FOR(HEMSIRE(I):@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*X(I,J,K)))<=40);

! HER HEMSIRE AYNI GUN EN COK BIR VARDIYA (8 SAAT) CALISMALI;

@FOR(HEMSIRE(I):@FOR(CALISMAGUNLERI(K):@SUM(VARDIYA(J):X(I,J,K))<=1));

@FOR(HEMSIRE(I):HafTopCalSaati(i)=@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*X(I,J,K))));

@FOR(HEMSIRE(I):Haf_Top_Cal_VARDIYA_SAY(i)=@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):X(I,J,K))));

@FOR(ATAMA(I,J,K):@BIN(X(I,J,K)));

!HER HEMSIRE HAFTA BOYUNCA SADECE BIR TUR VARDIYADA CALISIYOR;

@FOR(HEMSIRE(I):@SUM(VARDIYA(J):Y(I,J))=1);

@FOR(ATAMA2(I ,J): @BIN(Y(I,J)));

!BILGI;

@FOR(HEMSIRE(I):DA(I) -DE(I)=V -Haf_Top_Cal_VARDIYA_SAY(i)) ;

```

TOPLAM_FARK=@SUM( HEMSIRE(I):DA(I)+DE(I));
V=@SUM( HEMSIRE(I):Haf_Top_Cal_VARDIYA_SAY(i))/11;
M=1000000;
@FOR(ATAMA2(I, J):1-@SUM(CALISMAGUNLERI(K):X(I, J, K))<=(1-Y(I, J))*M);
@FOR(ATAMA2(I, J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):X(I, J, K))<=Y(I, J)*M);
END

```

EK.2. Ek Hemşire Atama Modelinin I. Uygulamasının LINGO Dilindeki Yazılışı

```

MODEL:
! Hemşire vardiya optimizasyonu;
SETS:
    HEMSIRE / 1..8/:HafTopCalSaati,S ;
    HEMSIRE_EK / 1..20/: ;
    VARDIYA / 1..3/ : EK_SAAT;
    CALISMAGUNLERI / 1..7/ : ;
    ATAMA( HEMSIRE ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI): x;
    ATAMA_EK( HEMSIRE_EK ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI): Z;
    ATAMA2( HEMSIRE ,VARDIYA): Y;
    ATAMA3( HEMSIRE ,CALISMAGUNLERI): ;
    ATAMA4( VARDIYA ,CALISMAGUNLERI): Her_Var_ve_Gun_icin_Ek;
ENDSETS

min=8*@SUM( ATAMA_EK(I, J, K): Z(I, J, K));

!Her bir vardiya için gerekli ek saat;
@FOR( VARDIYA(J):8*@SUM(ATAMA3(I, K):Z(I, J, K))=EK_SAAT(J));

!Her bir vardiya için günlük bazda gerekli ek saat;
@FOR( ATAMA4(j, k):8*@SUM(HEMSIRE_EK(I):
Z(I, J, K))=Her_Var_ve_Gun_icin_Ek(j, k));

! HERHANGİ BİR GÜNDE VE VARDİYADA CALISACAK TOPLAM HEMŞİRE SAYISI KISITI;
@FOR( VARDIYA(J):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I, J, K))<=13));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA İÇİ I.VARDİYADA ÇALIŞACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR(
CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 6 #AND# K #NE# 7:X(I, J, K)=1)));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA BOYUNCA II. VE III. VARDİYADA ÇALIŞMAYACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 2 #AND# J #EQ# 3
:@FOR( CALISMAGUNLERI(K):X(I, J, K)=0)));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA SONU I. VARDİYADA ÇALIŞMAYACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR(
CALISMAGUNLERI(K)|K #EQ# 6 #AND# K #EQ# 7:X(I, J, K)=0)));

! HAFTA İÇİ I. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;

```

```

@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 6 #AND# K
#NE# 7:@SUM( HEMSIRE ( I): X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I): Z(I,J,K))=4));

! HAFTA BOYUNCA II. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 2 :@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I): Z(I,J,K))=2));

! HAFTA BOYUNCA III. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 3 :@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I): Z(I,J,K))=2));

! HAFTA SONU I. VARDİYADA ÇALIŞACAK HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 1 #AND# K #NE# 2
#AND# K #NE# 3 #AND# K #NE# 4 #AND# K #NE# 5 : @SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I): Z(I,J,K))=2));

! HAFTALIK TOPLAM ÇALIŞMA SAATİ;
@FOR(
HEMSIRE(I):@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*X(I,J,K)))+S(I)=40);

@FOR( HEMSIRE(I):S(I)>=0);
@FOR( HEMSIRE(I):S(I)<=16);

! HER HEMŞİRE AYNI GÜN EN ÇOK BİR VARDİYA (8 SAAT) ÇALIŞMALI;
@FOR( HEMSIRE ( I):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( VARDIYA(J):X(I,J,K))<=1));

!BİLGİ:HafTopCalSaati(i)=haftalık her hemşire(i) için toplam çalışma
suresi(saat/hafta);
@FOR(
HEMSIRE(I):HafTopCalSaati(i)=@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*X(I,J
,K))));

@FOR(ATAMA(I,J,K):@BIN( X(I,J,K)));

@FOR(ATAMA_EK( I,J,K):@BIN (Z(I,J,K)));

!HER HEMŞİRE HAFTA BOYUNCA BİR TÜR VARDİYADA ÇALIŞIYOR;
@FOR(ATAMA2(I,J):1-@SUM(CALISMAGUNLERI(K):X(I,J,K))<=(1-Y(I,J))*M);
@FOR(ATAMA2(I,J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):X(I,J,K))<=Y(I,J)*M);
@FOR(ATAMA2(I,J): @BIN(Y(I,J)));

!vardiyalar ile ilgili kısıt dönüşümlerde eklenecek;
@FOR (ATAMA(I,J,K) : X(2,1,K)=0);

!DİĞER DÖRT HEMŞİREDE DİĞER DÖNÜŞÜMDE BU ŞEKİLDE GİRİLEREK HER HEMŞİRENİN
ÜÇ PERİYOT BOYUNCA ÜÇ TÜR VARDİYADA ÇALIŞMASI SAĞLANABİLİR
END

```

EK.3. Ek Hemşire ve Kıdem Esaslı Matematiksel Modelin I. Uygulamasının LINGO

Dilindeki Yazılışı

```

MODEL:
! Hemşire vardiya optimizasyonu;
SETS:
    HEMSIRE / 1..5/:HafTopCalSaati,S ;
    HEMSIRE_KIDEM / 1..3/:HafTopCalSaati,Sk ;!SK KIDEM;
    HEMSIRE_EK / 1..20/: ;
    VARDIYA / 1..3/ : EK_SAAT;

```

```

CALISMAGUNLERI / 1..7/ : ;
ATAMA( HEMSIRE ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI): x;
ATAMA_KIDEM ( HEMSIRE_KIDEM ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI): xk;
ATAMA_EK( HEMSIRE_EK ,VARDIYA,CALISMAGUNLERI): Z;
ATAMA2( HEMSIRE ,VARDIYA): Y;
ATAMA3( HEMSIRE ,CALISMAGUNLERI): ;
ATAMA2_A( HEMSIRE_KIDEM ,VARDIYA): Yk;
ATAMA3_A( HEMSIRE_KIDEM ,CALISMAGUNLERI): ;
ATAMA4( VARDIYA ,CALISMAGUNLERI): Her_Var_ve_Gun_icin_Ek;
ENDSETS

min=8*@SUM( ATAMA_EK(I,J,K): Z(I,J,K));
!Her bir vardiya için gerekli ek saat;
@FOR( VARDIYA(J):8*@SUM(ATAMA3(I,K):Z(I,J,K))=EK_SAAT(J));

!Her bir vardiya için günlük bazda gerekli ek saat;
@FOR( ATAMA4(j,k):8*@SUM(HEMSIRE_EK(I):
Z(I,J,K))=Her_Var_ve_Gun_icin_Ek(j,k));

!Her bir vardiya ve günde kıdem grubundan çalışacak hemşire sayısı;
@FOR( ATAMA4(j,k):@SUM(HEMSIRE_KIDEM (I): Xk(I,J,K))<=1);

! HERHANGİ BİR GÜNDE VE VARDİYADA CALISACAK TOPLAM HEMŞİRE SAYISI KISITI;
@FOR( VARDIYA(J):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))<=5));

! HERHANGİ BİR GÜNDE VE VARDİYADA CALISACAK TOPLAM HEMŞİRE_KIDEM SAYISI
KISITI;
@FOR( VARDIYA(J):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE_KIDEM( I):
Xk(I,J,K))<=3));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA İÇİ I.VARDİYADA ÇALIŞACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ#
1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 6 #AND# K #NE# 7:X(I,J,K)=1)));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA BOYUNCA II. VE III. VARDİYADA ÇALIŞMAYACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 2 #AND# J #EQ#
3 :@FOR( CALISMAGUNLERI(K):X(I,J,K)=0)));

! BAŞ HEMŞİRE HAFTA SONU I. VARDİYADA ÇALIŞMAYACAK;
@FOR( HEMSIRE(I)| I #EQ# 1: @FOR( VARDIYA(J)| J #EQ#
1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)|K #EQ# 6 #AND# K #EQ# 7:X(I,J,K)=0)));

! HAFTA İÇİ I. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)| K #NE# 6 #AND# K
#NE# 7:@SUM( HEMSIRE ( I): X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_KIDEM( I):
Xk(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I): Z(I,J,K))=4));

! HAFTA BOYUNCA II. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 2 :@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_KIDEM( I): Xk(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I):
Z(I,J,K))=2));

! HAFTA BOYUNCA III. VARDİYADA ÇALIŞAN HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 3 :@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( HEMSIRE ( I):
X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_KIDEM( I): Xk(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I):
Z(I,J,K))=2));

! HAFTA SONU I. VARDİYADA ÇALIŞACAK HEMŞİRE SAYISI;
@FOR( VARDIYA(J)| J #EQ# 1:@FOR( CALISMAGUNLERI(K)|K #NE# 1 #AND# K #NE# 2
#AND# K #NE# 3 #AND# K #NE# 4 #AND# K #NE# 5 : @SUM( HEMSIRE ( I):

```

```

X(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_KIDEM( I): Xk(I,J,K))+@SUM( HEMSIRE_EK ( I):
Z(I,J,K)=2));

! HAFTALIK TOPLAM ÇALIŞMA SAATİ;
@FOR( HEMSIRE(I):@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*X(I,J,K)))+S(I)=40);

! HAFTALIK TOPLAM ÇALIŞMA SAATİ KIDEM HEMŞİRELERİ İÇİN;
@FOR( HEMSIRE_KIDEM( I):@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8*Xk(I,J,K)))+Sk(I)=40);

@FOR( HEMSIRE(I):S(I)>=0);
@FOR( HEMSIRE_KIDEM(I):Sk(I)>=0);

! HER HEMŞİRE AYNI GÜN EN ÇOK BİR VARDİYA (8 SAAT) ÇALIŞMALI;
@FOR( HEMSIRE ( I):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( VARDIYA(J):X(I,J,K))<=1));
! HER HEMŞİRE AYNI GÜN EN ÇOK BİR VARDİYA (8 SAAT) ÇALIŞMALI KIDEM
HEMŞİRESİDE;
@FOR( HEMSIRE_KIDEM(I):@FOR( CALISMAGUNLERI(K):@SUM( VARDIYA(J):Xk(I,J,K))<=1));

!BİLGİ:HafTopCalSaati(i)=haftalık her hemşire(i) için toplam çalışma
suresi(saat/hafta);
@FOR( HEMSIRE(I):HafTopCalSaati(i)=@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLERI(K):8
*X(I,J,K))));

!BİLGİ:HafTopCalSaati(i)=haftalık her hemşire(i) için toplam çalışma
suresi(saat/hafta) kidem;
@FOR( HEMSIRE_KIDEM(I):HafTopCalSaati(i)=@SUM(VARDIYA(J):@SUM(CALISMAGUNLE
RI(K):8*Xk(I,J,K))));

!TOPLAM CALISMA SURESI OZ HEMŞİRELER İÇİN;
TOP_CAL_SUR_OZ_HEM=@SUM( HEMSIRE(I):HafTopCalSaati(i))+@SUM(HEMSIRE_KIDEM(I
):HafTopCalSaati(i));

@FOR(ATAMA(I,J,K):@BIN( X(I,J,K)));
@FOR(ATAMA_KIDEM (I,J,K):@BIN( Xk(I,J,K)));
@FOR(ATAMA_EK( I,J,K):@BIN( Z(I,J,K)));

!HER HEMŞİRE HAFTA BOYUNCA BİR TÜR VARDİYADA ÇALIŞIYOR;
@FOR(ATAMA2(I ,J): @BIN(Y(I,J)));
@ @FOR(ATAMA2_A(I ,J): @BIN(Yk(I,J)));
@FOR(ATAMA_KIDEM(I,J,K):Xk(I,J,K)<=(Yk(I,J)));

!vardiyalar ile ilgili kısıt dönüşümlerde eklenecek;
!@FOR( ATAMA_KIDEM(I,J,K):X(2,1,K)=0);
!@FOR( ATAMA_KIDEM(I,J,K):X(1,2,K)=0);
!@FOR( ATAMA_KIDEM(I,J,K):X(3,3,K)=0);
@FOR (ATAMA(I,J,K) : X(2,1,K)=0);

!DİĞER DÖRT HEMŞİREDE DİĞER DÖNÜŞÜMDE BU ŞEKİLDE GİRİLEREK HER HEMŞİRENİN
ÜÇ PERİYOT BOYUNCA ÜÇ TÜR VARDİYADA ÇALIŞMASI SAĞLANABİLİR;
END

```