

0-1 Hedef Programlama ve ANP Yöntemi ile Hemşire Çizelgeleme Problemi Çözümü

Nurgül BAĞ, N. Merve ÖZDEMİR, Tamer EREN

Industrial Engineering Department, Kırıkkale University, Kırıkkale, 71451 Turkey.
Phone: +90 (318) 357-3576; Fax: +90 (318) 357-2459, teren@kku.edu.tr

Özet

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. Bu çalışmada hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemi çözmek için 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlamanın ağırlıklarını belirlemek için analitik ağ prosesi (ANP) kullanılmıştır. Kurulan model Kırıkkale’de bir devlet hastanesinde uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hemşire çizelgeleme, 0-1 hedef programlama, ANP yöntemi.

Solving A 0-1 Goal Programming and ANP Methods with Nurse Scheduling Problem

Abstract

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 nonreparable 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. In this study, a computerized nurse-scheduling model is developed. The model is approached through a 0-1 goal program. In this study the relative importance values of the constraints have been computed by the analytic network process (ANP), which are used as coefficients of the deviations from the constraints in the objective function. It is adapted to Kırıkkale State Hospital (in Turkey) to improve the current manual-made schedules.

Keywords: Nurse scheduling, 0-1 goal programming, ANP method.

1. GİRİŞ

Hastaneler 24 saat hizmet vermeleri nedeniyle vardiya sistemi ile çalışan yerlerdir. Vardiyalı çalışma sistemi yönetimi zor bir sistemdir. Çünkü, sağlık hizmeti veren çalışanların dikkatinin ve verimliliklerinin hayati önemi vardır. Hastanelerde hemşirelerin çalışma çizelgesi önceden hazırlanmaktadır. Özellikle çok fazla hemşireye ihtiyaç duyulduğunda genellikle çizelgelemeyi yapan kişi bu işe çok zaman harcamaktadır. Özellikle sıkıcı ve zaman alıcı olması nedeniyle hemşire nöbet problemi veya hemşire çizelgeleme problemi birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Hemşire çizelgeleme problemi periyodik olarak yasal kısıtlar, personel politikaları, hemşire beklentileri ve buna benzer her hastaneye özgü birçok kısıt olabilmektedir [1,2].

Yapılan çalışmada hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemi çözmek için Azaiez ve Al Sharif’in [3] yaptığı çalışmada kullanılan ağırlıklı hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlamanın ağırlıkları ise Analitik ağ prosesi (ANP) yöntemi kullanılmıştır. Kurulan model Kırıkkale’de bir devlet hastanesinde uygulanmıştır. Üroloji-KBB servisinde yapılan bu çalışmada çalışanların vardiyalı çalışmaları bilimsel yöntemlerle çizelgenmiştir. Bu çizelgelemeyi yaparken hemşire sayısını yeterli tutmaya çalışarak hasta memnuniyetini ve çalışanların tercihlerini de dikkate alarak, çalışan memnuniyetini ve verimliliğini arttırmak amaçlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde hemşire çizelgeleme problemi anlatılmıştır. Hedef programlama üçüncü bölümünde bahsedilmiştir. Ağırlıkları bulmak için kullanılan ANP yöntemi dördüncü bölümde açıklanmıştır. Beşinci bölümde örnek uygulama verilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışma anlatılmış ve gelecekte yapılacak çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2. HEMŞİRE ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Hastaneler, tüm tatillerde de 24 saat haftanın 7 günü hizmet üretmek zorundadır. Bu nedenle hastanelerde çalışan personel arasında çalışma saatleri nedeniyle pek çok hoşnutsuzluklar oluşmaktadır. Hatta hemşireleri sırf çalışma saatlerinin getirdiği zorluklar nedeniyle hastanelerde tutmak zor olmaktadır ve pek çok hastanelerde yeterli sayıda ve

deneyimde hemşire bulunamadığından hastaya bakım kalitesinde düşmeler olmaktadır. [4-6]

Hemşire çizelgeleme problemi literatürde en çok ilgi görmüş konulardan biridir. Yapılan bir çok literatür taramasında bulunmaktadır [7-11]. Hemşire çizelgeleme problemi genel olarak üç yöntemle çözülmüştür. Optimizasyon yaklaşımları, yapay zeka ve sezgisel yöntemlerdir. Optimizasyon yaklaşımlarında tamsayı ve doğrusal programlama yöntemleri [12-22] ile hedef programlama yöntemleri [23-29] kullanılmıştır. Yapay zeka teknikleri ile de yapılmış bir çok çalışma mevcuttur [30-38]. Sezgisellerden ise; probleme özgü sezgisel yaklaşımlar [39-43] meta sezgisellerden tavlama benzetimi [44,45] Tabu arama [46-52] genetik algoritma [53-58] ve memetic [59] ile yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

3. HEDEF PROGRAMLAMA

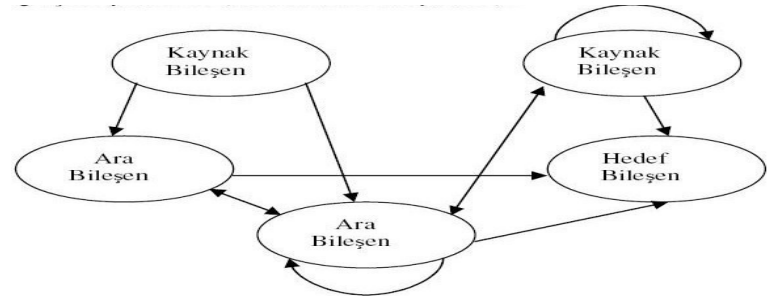
Hedef programlamanın ilk çıkışı, 1955 yılında Charnes vd. [60] tarafından yapılan çalışmaya dayanır. Hdef programlamanın ilk tanımı ise Charnes ve Cooper [61] tarafından yapılmıştır. 1970'lerin ortalarına kadar literatürde kısıtlı sayıda hedef programlama uygulamalarına rastlanmaktadır. Daha sonra Lee [62] ve Ignizio [63]'nün çalışmalarına dayanan gelişmeler olmuştur. Bu çalışmalarda Hedef programlama uygulamalarının ve teknik gelişmelerinin artışı öne çıkmıştır. Hedef programlama günümüzde en yaygın kullanılan çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biridir. Romeo [64,65], Scnieederjans [66] ve Tamiz [67,68]'in yaptığı çalışmalarda daha etkili uygulama alanlarının olduğunu ortaya konulmuştur. Hedef programlamanın birçok uygulama alanları bulunmaktadır[69]. Hemşire çizelgelemede bu alanlardan biridir. Bu çalışmada da Azaiez ve Al Sharif [3]'in hedef programlama modeli kullanılacaktır. Model beşinci bölümde uygulama üzerinde anlatılacaktır.

4. ANP YÖNTEMİ

Analitik ağ prosesi (ANP), Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yaklaşımından daha genel bir yaklaşım olarak Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. ANP de ikili karşılaştırmalar esasına dayanmaktadır. Karar verme kriterleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığı esas almaktadır. Dolayısıyla karmaşık karar durumlarının daha doğru bir şekilde modellenebildiği bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. Karar sürecindeki her bir ölçüt birer küme, kontrol kriterlerini meydana getiren faktörler de bu kümelerin birer bileşeni olarak ele alınır. Kümeler ve bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimler ve geri bildirimlerle aralarındaki karşılıklı ilişkiler tespit edilir. Bir problemde yer alan bileşenler arasındaki ilişkiler tek yönlü değil karşılıklı olduğu zaman, hiyerarşik tanımlamalar yeterli olmaz. Bu nedenle AHP' deki hiyerarşik yapıdan farklılık gösterir. Hiyerarşik yapıda bulunan seviyeleri ortadan kaldırarak oluşturulan ağlarla bir örümcek ağı yapısını andırmaktadır. Şekil 1'de olası geri bildirim ağı gösterilmiştir. Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır. Sonrasında ise birbirine etki eden bileşenler ve kümeler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak

birbirlerine etki derecelerine yönelik bir çıkarsama yapılır. Sistemdeki geri bildirim, birbirleriyle doğrudan bağlantılı olmayan bileşenlerin de birbirlerini dolaylı olarak etkilemesine yol açan çift yönlü etkileşimlerle gerçekleşmektedir [70,71].

Ele alınan problemde ANP yöntemi hedeflerin katsayılarını belirlemek için kullanılacaktır.



Şekil 1. Olası geri bildirim ağı

5. ÖRNEK UYGULAMA

Kırıkkale'de bir Devlet Hastanesinde Üroloji-KBB Servisinde 11 hemşire ve 4 erkek sağlık memuru çalışmaktadır. 62 yataklı Üroloji-KBB servisinde ihtiyacı karşılamak için günde ortalama 5-7 personel görev yapmalıdır. Bulunduğu çevrenin ve hizmet verilen kliniğin koşulları göz önüne alındığında hastanede 24 saat boyunca bir erkek sağlık memurunun bulunması şarttır. Yani gündüzler dışında gecelerde de en az bir hemşire ve sağlık memuruna ihtiyaç duyulur. Problemi çözmek için 15 çalışan 3 gruba ayrılmıştır. 11 hemşire ve 4 sağlık memuruna olan ihtiyaçları belirlemek için hemşireler ayrı 2 grupta (alt grup 1:6 hemşire-alt grup 2:5 hemşire şeklinde) modellenmiş, sağlık memurları ayrı bir grupta modellenmiştir ve çözüme gidilmiştir.

Önerilen Model

Parametreler:

- n : Çizelgelenecek gün sayısı $n=28$
 m : İlgili bölüm için mevcut hemşire sayısı
 i : Gün indeksi, $i = 1,2, \dots, n$.
 k : Hemşire indeksi, $k = 1,2, \dots, m$.
 D_i Gündüz vardiyası için gerekli personel sayısı, $i = 1,2, \dots, n$.
 N_i Gece vardiyası için gerekli personel sayısı, $i = 1,2, \dots, n$.

Karar değişkenleri:

$$XD_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{k. hemşire gündüz vardiyasına atanmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumda}(dd) \end{cases}$$

$$XN_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{k. hemşire gece vardiyasına atanmışsa} \\ 0, & dd \end{cases}$$

$$XR_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{k. hemşire çalışmıyorsa} \\ 0, & dd \end{cases}$$

Kısıtlar:**Günlük personel ihtiyacını karşılama kısıtları:**

$$\sum_{k=1}^m XN_{ik} \geq N_i$$

$$\sum_{k=1}^m XD_{ik} \geq D_i$$

İki ardışık vardiyadan kaçınma kısıtları:

$$XD_{ik} + XN_{ik} + XR_{ik} = 1$$

$$XD_{i+1,k} + XN_{ik} \leq 1$$

En fazla 4 ardışık gün çalışması kısıtları:

$$XR_{ik} + XR_{i+1,k} + XR_{i+2,k} + XR_{i+3,k} + XR_{i+4,k} \geq 1$$

$$i = 1, 2, \dots, n-4. \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Hafta sonlarını içeren 4 haftalık bir çizelge boyunca en az 4 tatil günü olmasını sağlama kısıtları:

$$XR_{6k} + XR_{7k} + XR_{13k} + XR_{14k} + XR_{20k} + XR_{21k} + XR_{27k} + XR_{28k} \geq 4$$

$$k = 1, 2, \dots, m.$$

4 haftalık program için minimum ve maksimum çalışma günü sayısını belirleme kısıtları:

$$\sum_{i=1}^n (XD_{ik} + XN_{ik}) \geq 14 \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

$$\sum_{i=1}^n (XD_{ik} + XN_{ik}) \leq 16 \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Çizelgeleme periyodundaki minimum gece vardiyası sayısını belirleme kısıtı:

$$\sum_{k=1}^m XN_{ik} \geq 4$$

Hedefler:

Hedef 1: Bir hemşire 4 haftalık bir çizelgede 15 günlük çalışma süresini tamamlamaya çalışmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n (XD_{ik} + XN_{ik}) - (d_{1k}^+ - d_{1k}^-) = 15 \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Hedef 2: Gündüz vardiyasının gece vardiyasından fazla olmasını sağlar.

$$\sum_{i=1}^n XD_{ik} - \sum_{i=1}^n XN_{ik} - (d_{2k}^+ - d_{2k}^-) = 1 \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Hedef 3: Bir gündüz vardiyasının ardından devam eden günde gece vardiyasının olmamasını sağlar.

$$XD_{ik} + XN_{i+1,k} - (d_{3k}^+ - d_{3k}^-) = 1$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1. \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Hedef 4: Hafta tatilinin arka arkaya 2 gün olmasını sağlar.

$$XR_{ik} + XD_{i+1,k} + XN_{i+1,k} + XR_{i+2,k} - (d_{4k}^+ - d_{4k}^-) = 2$$

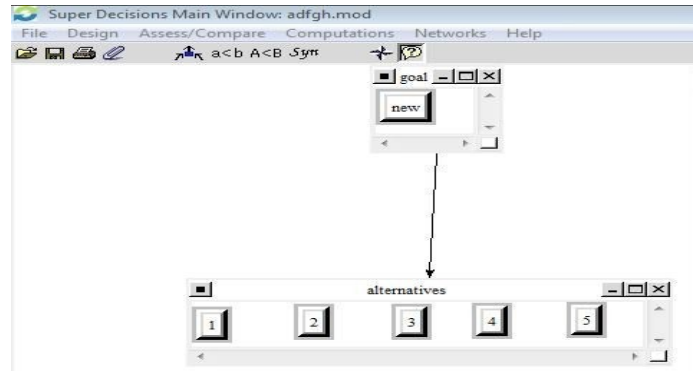
$$i = 1, 2, \dots, n-2. \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Hedef 5: Ardışık 2 günden fazla tatil günü sayısını minimize etmeyi sağlar.

$$XD_{ik} + XN_{ik} + XR_{i+1,k} + XD_{i+2,k} + XN_{i+2,k} - (d_{5k}^+ - d_{5k}^-) = 2$$

$$i = 1, 2, \dots, n-2. \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

ANP yöntemi ile hedeflerin ağırlıklarının bulunması için Super Decisions [72] programı kullanılmıştır. Şekil 2’de tüm bileşenleri, elemanları ve aralarındaki etkileşimlerin belirlendiği karar modeli görülmektedir. Problem genel karar verme problemlerinden farklı olduğundan, hedefler birbirlerine göre değerlendirilip katsayılar bulunmuştur. Çünkü bunların değerlendirileceği kriterler söz konusu değildir.



Şekil 2. ANP’ de tüm bileşenler, elemanları ve etkileşimlerin karar modeli

Bu şekilde ağ tasarımı yapıldıktan ve karşılaştırma matrisleri girildikten sonra ise Şekil 3’ deki sonuçlar bulunmuştur. Şekilde “NORMALS” sütunu normalize edildikten sonra ise katsayılar şu şekilde belirlenmiştir: P1=30, P2=8, P3=4, P4=2 ve P5=1. Bu adımdan sonra hedefler önceliklendirilmiş olup artık model kurulumuna geçilmiştir.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1		1.000000	0.666667	0.666667
2		0.266667	0.177778	0.177778
3		0.133333	0.088889	0.088889
4		0.066667	0.044444	0.044444
5		0.033333	0.022222	0.022222

Şekil 3. ANP sonuçları

Amaç fonksiyonu:

$$P_1 \sum_{k=1}^m d_{1k}^+$$

$$+ P_2 \sum_{k=1}^m d_{2k}^- + P_3 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=1}^m d_{3ik}^+ + P_4 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{k=1}^m d_{4ik}^+ + P_5 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{k=1}^m d_{5ik}^+$$

Tablo 1: Hemşirelerin çalışma çizelgesi (önerilen modele göre)

emşir	GÜNLER																												DAY	NIGHT	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	GÜN	GECE	PLA
1			D	D	D					D	D			D	D	D	D				N	N	N	N			D	D	11	4	15
2			N	N	N	N				D	D	D	D			N	N				D	D			D	D	D		9	6	15
3		D	D	D			N	N	N			N	N			D	D			D	D	D			D	D			10	5	15
4	D	D			D	D	D			N	N			N	N		D	D	D	D			D	D					11	4	15
5	N	N						D	D			D	D	D	D			N	N	N			D	D	D		D	10	5	15	
6	D				D	D	D	D			D				D	D	D	D							N	N	N	N	10	4	14
7	D	D	D	D											D	D			D	D	D	D			N	N	N	N	10	4	14
8	N	N	N			D	D	D	D			N	N			D	D	D					N	N			D		7	7	14
9				D	D	D	D			D	D	D	D			N	N				N	N			D	D			10	4	14
10	D	D	D			N	N			D	D			N	N			N	N	N			D	D	D				8	7	15
11				N	N			N	N	N	N			D	D				D	D	D	D			D	D			8	6	14
GÜN	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	5	5	3	4	4	4	4	3	3	5	4	3	3			
GECE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

Tablo 2: Sağlık memurlarının çalışma çizelgesi

MEMUR	GÜNLER																												DAY	NIGHT	TOPLAM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	GÜNDÜZ	GECE	
1	N	N	N			N	N			D	D				N	N			D	D	D	D			D	D			8	7	15
2	D			N	N			N	N			D	D				D	D			N	N	N			D	D	D	8	7	15
3	D	D	D			D	D			N	N			D	D	D			N	N			N	N	N				8	7	15
4		D	D	D	D			D	D			N	N	N			N	N					D	D			N	N	8	7	15
GÜNDÜZ	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			
GECE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Matematiksel modelde bulunan sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2'de görüldüğü gibi Hemşire ve memur nöbet çizelgesi amaç fonksiyonlarına uygun şekilde dengeli olarak dağıtıldığı görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada 0-1 tamsayı hedef programlama ile hemşire çizelgeleme yapılmıştır. Çalışmada 5 hedef kullanılmış ve hedeflerin ağırlıkları ANP çok ölçütlü karar tekniği ile belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda mevcut durum karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda daha karmaşık kısıtlar dikkate alınarak çözüm yöntemleri geliştirilebilir. Ayrıca hedeflerin belirlenmesinde ANP yöntemi dışında diğer çok ölçütlü karar verme yöntemleri de kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] M. Karaatlı, İ. Güngör, "Hemşire çizelgeleme sorununa bir çözüm önerisi ve bir uygulama", Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 2 (1), 22-52, 2010.
- [2] İ. Güngör, "Hemşire görevlendirme ve çizelgeleme sorununa bir model önerisi", SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7 (2), 77-94, 2002.
- [3] M.N. Azaiez, S.S. Al Sharif, "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling", Computers & Operations Research, 32 (3), 491-507, 2005.
- [4] I. Ozkarahan, "A Disaggregation Model of A Flexible Nurse Scheduling Support System", Journal of Socio-Economic Planning Sciences, 25 (1), 9-26, 1991.
- [5] I. Ozkarahan, "Integrated Nurse Scheduling Model", IEEE Journal of the Society for Health Systems, 3 (2), 79-101, 1992.

- [6] M. Narlı, "Hemşirelerin çalışma vardiyalarının değerlendirilmesi ve çizelgelemesi", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [7] B. Cheang, H. Li, A. Lim, B. Rodrigues, "Nurse rostering problems-a bibliographic survey", European Journal of Operational Research, 151, 447-460, 2003.
- [8] A. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, D. Sier, "Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods, and models", European Journal of Operations Research, 153, 3-27, 2004.
- [9] A. Ernst, H. Jiang, M.K.B. Owens, D. Sier, "An annotated bibliography of personnel scheduling and rostering", Annals of Operations Research, 127, 21-144, 2004.
- [10] E.K. Burke, P. De Causmaecker, G. Vanden Berghe, H. Van Landeghem, "The state of the art of nurse rostering", Journal of Scheduling, 7 (6), 441-499, 2004.
- [11] A.G. Celia, A.K. Roger, "The nurse rostering problem: a critical appraisal of the problem structure", European Journal of Operational Research, 202 (2), 379-389, 2010.
- [12] W.J. Abernathy, N. Baloff, J.C. Hershey, S. Wandel, "A three-stage manpower planning and scheduling model—A service-sector example", Operations Research, 22, 693-711, 1973.
- [13] J. Bailey, J. Field, "Personnel scheduling with flexshift models", Journal of Operations Management, 5, 327-338, 1985.
- [14] M. Isken, "An implicit tour scheduling model with applications in healthcare", Annals of Operations Research, 128, 91-109, 2004.
- [15] B. Jaumard, F. Semet, T. Vovor, "A generalized linear programming model for nurse scheduling", European Journal of Operational Research, 107, 1-18, 1998.
- [16] H. H. Millar, M. Kiragu, "Cyclic and non-cyclic scheduling of 12h shift nurses by network programming", European Journal of Operational Research, 104 (3), 582-592, 1998.
- [17] H.E. Miller, W. Pierskalla, G. Rath, "Nurse scheduling using mathematical programming", Operations Research, 24, 857-870, 1976.
- [18] M. Moz, M. Pato, "Solving the problem of rostering Nurse schedules with hard constraints: New multicommodity flow models", Annals of Operations Research, 128, 179-197, 2004.
- [19] E.S. Rosenbloom, N.F. Goertzen, "Cyclic Nurse scheduling", European Journal of Operational Research, 31, 19-23, 1987.
- [20] V.M. Trivedi, M. Warner, "A branch and bound algorithm for optimum allocation of float nurses", Management Science, 22 (9), 972-981, 1976.

- [21] M. Warner, "Scheduling Nursing personnel according to Nursing preference: A mathematical programming approach", *Operations Research*, 24, 842–856, 1976.
- [22] M. Warner, J. Prawda, "A mathematical programming model for scheduling Nursing personnel in a hospital", *Management Science*, 19, 411–422, 1972.
- [23] J. Arthur, A. Ravindran, "A multiple objective nurse scheduling model", *AIIE Transactions*, 13 (1), 55–60, 1981.
- [24] I. Berrada, J. Ferland, P. Michelon, "A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints", *Socio-Economic Planning Science*, 30, 183–193, 1996.
- [25] J.G. Chen, T. Yeung, "Hybrid expert system approach to Nurse scheduling", *Computers in Nursing*, 11 (4), 183–192, 1993.
- [26] L.S. Franz, H.M. Baker, G.K. Leong, T.R. Rakes, "Mathematical model for scheduling and staffing multiclinic health regions", *European Journal of Operational Research*, 41 (3), 277–289, 1989.
- [27] A. Jaskiewicz, "Ametaheuristic approach to multiple objective nurse scheduling", *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 22 (3), 169–184, 1997.
- [28] I. Ozkarahan, "An integrated Nurse scheduling model", *Journal of the Society for Health Systems*, 3 (2), 79–101, 1991.
- [29] I. Ozkarahan, J.E. Bailey, "Goal programming model subsystem of a flexible nurse scheduling support system", *IEEE Transactions*, 16, 306–316, 1988.
- [30] P.C. Bell, G. Hay, Y. Liang, "A visual interactive decision support system for workforce (Nurse) scheduling", *Information Systems and Operational Research*, 24 (2), 133–144, 1986.
- [31] J.G. Chen, T. Yeung, "Development of a hybrid expert system for Nurse shift scheduling", *Journal of Industrial Ergonomics*, 9 (4), 315–328, 1992.
- [32] B.M.W. Cheng, J.H.M. Lee, J.C.K. Wu, "A nurse rostering system using constraint programming and redundant modeling", *IEEE Transactions in Information Technology in Biomedicine*, 1 (1), 44–54, 1997.
- [33] S.J. Darmoni, A. Fajner, N. Mahe, A. Leforestier, O. Stelian, M. Vondracek, M. Baldenweck, "Horoplan: Computerassisted nurse scheduling using constraint based programming", *Journal of the Society for Health Systems*, 5, 41–54, 1995.
- [34] H. Li, A. Lim, B. Rodrigues, "A hybrid AI approach for Nurse rostering problem", in *Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Applied Computing*, 730–735, 2003.
- [35] A. Meisels, E. Gudes, G. Solotorevski, "Employee timetabling, constraint networks and knowledge-based rules: A mixed approach," in E. K. Burke and P. Ross (eds.), *Practice and Theory of Automated Timetabling*, First International Conference, Edinburgh, Springer, *Lecture Notes in Computer Science*, 1153, 93–105, 1996.
- [36] M. Okada, M. Okada, "Prolog-based system for Nursing staff scheduling implemented on a personal computer," *Computers and Biomedical Research*, 21, 53–63, 1988.
- [37] L.D. Smith, D. Bird, A. Wiggins, "A computerised system to schedule nurses that recognises staff preferences", *Hospital & Health Service Administration*, 19–35, 1979.
- [38] L.D. Smith, A. Wiggins, D. Bird, "Post implementation experience with computer-assisted nurse scheduling in a large hospital", *Information Systems and Operational Research*, 17, 309–321, 1979.
- [39] G. Weil, K. Heus, P. Francois, M. Poujade, "Constraint programming for Nurse scheduling", in *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 417–422, 1995.
- [40] M. Kostreva, K. Jennings, "Nurse scheduling on a microcomputer", *Computers and Operations Research*, 18, 731–739, 1991.
- [41] L.D. Smith, "The application of an interactive algorithm to develop cyclical rotational schedules for Nursing personnel," *INFOR*, 14, 53–70, 1976.
- [42] M. Anzai, Y. Miura, "Computer program for quick work scheduling of nursing staff", *Medical Informatics*, 12, 43–52, 1987.
- [43] R. Blau, A. Sear, "Nurse scheduling with a microcomputer", *Journal of Ambulance Care Management*, 1–13, 1983.
- [44] M.J. Brusco, L.W. Jacobs, "Cost analysis of alternative formulations for personnel scheduling in continuously operating organisations," *European Journal of Operational Research*, 86, 249–261, 1995.
- [45] M.W. Isken, W. Hancock, "A heuristic approach to Nurse scheduling in hospital units with non-stationary, urgent demand, and a fixed staff size", *Journal of the Society for Health Systems*, 2 (2), 24–41, 1991.
- [46] U. Aickelin, P. White, "Building better nurse scheduling algorithms", *Annals of Operations Research*, 128, 159–177, 2004.
- [47] F. Bellanti, G. Carello, F. Della Croce, R. Tadei, "A greedy-based neighborhood search approach to a nurse rostering problem", *European Journal of Operational Research*, 153 (1), 28–40, 2004.
- [48] E.K. Burke, P. De Causmaecker, G.V. Berghe, "A hybrid tabu search algorithm for the Nurse rostering problem," in B. McKay et al. (eds.), *Simulated Evolution and Learning*, Springer, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1585, 187–194, 1999.
- [49] K. Dowsland, "Nurse scheduling with Tabu search and strategic oscillation", *European Journal of Operations Research*, 106, 393–407, 1998.
- [50] K.A. Dowsland, J.M. Thompson, "Solving a nurse scheduling problem with knapsacks, networks and tabu search," *Journal of the Operational Research Society*, 51, 825–833, 2000.
- [51] A. Ikegami, A. Niwa, "A subproblem-centric model and approach to the Nurse scheduling problem", *Mathematical Programming*, 97 (3), 517–541, 2003.
- [52] C. Valouxis, E. Housos, "Hybrid optimisation techniques for the work shift and rest assignment of nursing personnel", *Artificial Intelligence in Medicine*, 20, 155–175, 2000.
- [53] U. Aickelinand, K. Dowsland, "An indirect genetic algorithm for a nurse scheduling problem," *Computers and Operations Research*, 31 (5), 761–778, 2004.
- [54] U. Aickelin, K. Dowsland, "Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem", *Journal of Scheduling*, 3 (3), 139–153, 2000.
- [55] F. Easton, N. Mansour, "A distributed genetic algorithm for employee staffing and scheduling problems," in *International Conference on Genetic Algorithms*, San Mateo, 360–367, 1993.
- [56] A. Jan, M. Yamamoto, A. Ohuchi, "Evolutionary algorithms for Nurse scheduling problem," in *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*, CEC00, San Diego, 196–203, 2000.
- [57] H. Kawanaka, K. Yamamoto, T. Yoshikawa, T. Shinogi, S. Tsuruoka, "Genetic algorithm with the constraints for Nurse scheduling problem," in *Proceedings of Congress on Evolutionary Computation*, Seoul, IEEE Press, 1123–1130, 2001.
- [58] J. Tanomaru, "Staff scheduling by a genetic algorithm with heuristic operators," in *Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation*, 456–461, 1995.
- [59] E. K. Burke, P. Cowling, P. De Causmaecker, G.V. Berghe, "A memetic approach to the nurse rostering problem", *Applied Intelligence*, 15 (3), 199–214, 2001.
- [60] A. Charnes, W.W. Cooper, R. Ferguson, "Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming", *Management Science*, 1, 138–151, 1955.
- [61] A. Charnes, W.W. Cooper, "Management Models and Industrial Applications of Linear Programming", Wiley, New York, 1961.
- [62] S.M. Lee, "Goal Programming for Decision Analysis", Auerbach, Philadelphia, 1972.
- [63] J.P. Ignizio, "Goal Programming and Extensions", Lexington Mass: Heath, Lexington Books, Lexington, MA, 1976.
- [64] C. Romero, "Handbook of Critical Issues in Goal Programming", Pergamon Press, Oxford, 1991.
- [65] C. Romero, "A Survey of Generalised Goal Programming", *European Journal of Operational Research*, 25, 183–191, 1986.
- [66] M.J. Schniederjans, "The Life Cycle of Goal Programming Research as Recorded in Journal Articles", *Operations Research*, 43, 551–557, 1995.
- [67] M. Tamiz, D.F. Jones, E.El-Darzi, "A Review of Goal Programming and Its Applications", *Annals of Operations Research*, 58, 39–53, 1993.
- [68] M. Tamiz, D. Jones, C. Romero, "Goal Programming For Decision Making: An Overview of The Current State-of-The-Art", *European Journal of Operational Research*, 111 (3), 569–581, 1998.
- [69] M. Dağdeviren, T. Eren, "Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (1-2), 41–52, 2001.
- [70] T.L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York, 1980.
- [71] T.L. Saaty, "Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process", RWS Publications, Pittsburgh, 1996.
- [72] <http://www.superdecisions.com>