

Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama ile bir üniversite kütüphanesindeki kısmi zamanlı personellerin çizelgelenmesi

Scheduling of part time personnel in a university library with analytic hierarchy process and goal programming

Aliye Ayça SUPÇİLLER^{1*} , Pınar ERBİLEK² 

^{1,2}Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
asupciller@pau.edu.tr, pinarerbilek@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 26.04.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 27.03.2020

Düzeltilme Tarihi/Revision: 12.02.2020

doi: 10.5505/pajes.2020.86383
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Personel çizelgeleme, müşteri beklentilerinin sağlanmasında ve işgücü gereksiniminin gerektiği gibi planlanmasında oldukça önemlidir. Vardiyalı olarak çalışan personellerin verilen hizmeti çok iyi bir şekilde yerine getirmesi için günlük çalıştıkları vardiyaların düzenli ve sistemli bir biçimde planlanması gerekmektedir. Bu çalışmada bir üniversite merkez kütüphanesinde kısmi zamanlı çalışan 42 öğrencinin haftalık vardiyaya düzeninin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Öğrencilerin haftalık ders programları da dikkate alınarak, uygun gün ve vardiyalara atamalarının yapılabilmesi için hedef programlama ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemleri kullanılmıştır. Problemin çözümü için GAMS 23.5 programı ile ağırlıklı hedef programlama modeli oluşturularak, istenen hedef ve kısıtları sağlayan bir çizelge elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hedef programlama, Analitik hiyerarşi prosesi, Personel çizelgeleme, Vardiya çizelgeleme, Kısmi zamanlı çalışan.

Abstract

Personnel scheduling is quite important in ensuring customer expectations and planning workforce requirements properly. The daily shifts should be planned in a regular and systematic manner so that shift workers would be able to perform their services as required. In this study, the problem of determining the weekly shift order of 42 students working part-time at a university central library was discussed. Goal programming and Analytic Hierarchy Process methods were used for assigning the students to the appropriate days and shifts by considering their weekly course schedules. The GAMS 23.5 program was used to develop a weighted goal programming model to solve the issue. A schedule providing the desired objectives and constraints was obtained.

Keywords: Goal programming, Analytic hierarchy process, Staff scheduling, Shift scheduling, Part time employee.

1 Giriş

Hizmet sektöründe, işletmeler daha başarılı olabilmek için sürekli rekabet halindedir. Bu dinamik rekabet ortamında işletme, elinde olan kaynakları en iyi şekilde kullanarak kaynak verimliliğinin artırılması, hizmet kalitesinin iyileştirilmesi ve dolayısıyla müşteri memnuniyetinin artırılmasını amaçlamaktadır. Müşteri beklentilerinin sağlanması da işgücü gereksiniminin gerektiği gibi planlanması ve sağlanması ile mümkün olmaktadır. Bunun için de kaynakların işletme hedeflerine göre uygun görevlere atanması çizelgeleme süreci ile yapılabilmektedir. Personel dağılımındaki düzenlemelerin yapılabilmesi için çizelgeleme problemleri kullanılmaktadır. Çizelgelemenin bir alt dalı olan personel çizelgeleme, var olan işgücünün en doğru yerde en doğru zamanda yapılabilmesi için personelin uygun yere atanmasıyla yapılmaktadır. Personel çizelgeleme, personelin ihtiyaçları ve tercihlerinin neden olduğu sınırlamalar ile çalışanların ne zaman çalışacağını belirleyen bir çizelgeleme türüdür. Personel çizelgelemenin amacı, gerekli olan işgücü ihtiyacının en iyi şekilde karşılanmasıdır.

Personel çizelgeleme problemleri içinde en çok karşılaşılan problem vardiyalı çizelgeleme problemidir. Vardiya çizelgeleme problemleri hem üretim hem de hizmet sektöründe karşılaşılan temel problemlerdendir. Vardiya çizelgeleme, çalışan personelin belirli çalışma günleri ve çalışma saatlerine uygun ve verimli şekilde atanmasıyla, her bir çalışan için uygunluk ve

yetkinliklerine göre görev başında olması gereken yer ve zamanları belirler. Bu yapılırken adaletli ve dengeli olmak, teknik ve yasal kısıtları göz önünde bulundurmak, çalışanların tercihlerini, özelliklerini ve psikolojik ihtiyaçları gibi birçok kriterleri göz önünde bulundurmak gereklidir. Ayrıca bu çizelgeler işletme giderleri, verimlilik, zaman gibi konularda iyileştirme yapabilmek için de kullanılabilir. Bu nedenle analitik yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Personel çizelgeleme hakkında çalışmalar incelendiğinde çözüm yöntemleri; matematiksel programlama (tamsayı, doğrusal, dinamik ve amaç dahil), yapıcı ya da iyileştirme sezgisel, simülasyon, kısıt programlama, sıraya koyma ve diğerleri olarak sınıflandırılabilir [2]. Çok fazla çeşitliliğin olduğu personel çizelgeleme konusunda planlama ve çizelgelemeyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu nedenle farklı faktörleri dikkate alarak karar vermek gerçek hayatta çok zordur. Karar vericiler için birden fazla hedefi dikkate alan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanmak ön planda yer almaktadır.

ÇKKV, eş zamanlı ve genellikle çelişen soyut veya somut niteliklere göre potansiyel karar seçeneklerinden en iyisini seçmek, sıralamak ya da sınıflandırmak için ilgili yöntemlerin kullanılmasıdır [3]. ÇKKV, tek kriterli optimizasyon yöntemlerine tepki olarak ortaya çıkmış olup karar vermenin yöneylem araştırması sınıfına ait en yaygın kolunu oluşturmaktadır [4].

*Yazışılan yazar/Corresponding author

ÇKKV yöntemlerinin en önemlilerinden biri olan hedef programlama, literatürde sıklıkla kullanılmış etkili bir araçtır. Bu yöntemin temeli doğrusal programlamaya dayanır. Fakat doğrusal programlama tek bir amacı dikkate almaktadır. Doğrusal programlamadan farklı olarak, hedef programlama, birden fazla amacı aynı zamanda hesaba katmaktadır [5].

ÇKKV yöntemlerinin en yaygın kullanılanlarından biri de ilk defa Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemidir. AHP birçok alternatif arasından karar vericinin belirlediği kriterler açısından karar seçeneklerini önem sırasına göre sıralayan bir tekniktir [6].

Bu çalışmada, bir üniversite kütüphanesindeki kısmi zamanlı çalışan öğrencilerin çizelgelenmesi amaçlanmıştır. Problemin çözümünde AHP ve hedef programlama yöntemleri birlikte kullanılmıştır. AHP yöntemiyle gerçekleşmesi istenen hedefler ağırlıklandırılmış, hedef programlama ile bu hedeflerden sapmalarını minimize edilmesi sağlanmıştır. Hedef programlamada sırasıyla matematiksel model oluşturulmuş, parametreler belirlenmiş, karar değişkeni tanımlanmış, öğrencilerin ders programları dikkate alınarak kısıtlar oluşturulmuş ve hedefler belirlenmiştir. Problem hem AHP hem de hedef programlama ile entegre bir şekilde çözülmüş, elde edilen sonuçlar çalışanların çizelgelenmesi açısından kütüphane yönetimine kolaylık sağlamıştır. Ayrıca sonuçlar, çalışanlar arasında da memnuniyet ile karşılanmıştır. Bu çalışma ile vardiya çizelgelenen farklı bir alanda uygulaması yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması, üçüncü bölümünde hedef programlamanın yapısı, dördüncü bölümünde AHP yöntemi, beşinci bölümünde uygulama, altıncı bölümünde elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2 Literatür Taraması

2.1 Hedef programlama ile gerçekleştirilen personel çizelgeleme çalışmaları

Personel çizelgeleme çalışmalarında en çok çalışılan problemin, hemşire çizelgeleme problemi olduğu görülmektedir. Arthur ve Ravindran [7], çok amaçlı hemşire çizelgeleme probleminin ilk aşamasında hedef programlama modelini kullanmışlardır. Chen ve Yeung [8], personel çizelgeleme problemini bir uzman sistem ile birleşik doğrusal 0-1 hedef programlama yöntemi ile çözmüşlerdir. Berrada ve diğ. [9], hemşire çizelgeleme problemini çok amaçlı hedef programlama yöntemiyle modellemişlerdir. Topaloğlu ve Özkarahan [1], esnek planlama kullanan bir model geliştirmişler ve modeli hedef programlama ile çözmüşlerdir. Azaiez ve Al-Sharif [10], Riyadh Al-Kharj Hastanesi'ndeki hemşire çizelgeleme problemini 0-1 tam sayılı hedef programlama yöntemi ile modellemişler, hemşirelerin isteklerini öğrenmek için anket çalışması yapmışlardır. Çalışmada hemşirelerin isteklerini de göz önünde bulundurularak, fazla mesai gibi istenmeyen durumları azaltmayı amaçlamışlardır. Jenal ve diğ. [11], hemşire çizelgeleme problemi için hedef programlama yöntemini kullanarak bir model kurmuşlardır. Modelde hastane tarafından belirlenen çalışma saatlerini karşılayacak şekilde hemşireler için dengeli bir atama yapılmasını amaçlamışlardır. Li ve diğ. [12], çalışmalarında, hemşire atamalarını dengeli ve adil olarak düzenlemek amacıyla hedef programlama ve meta sezgisel aramadan oluşan hibrid bir model önermişlerdir. Bağ ve diğ. [13], Kırıkkale'deki bir devlet hastanesindeki hemşire çizelgeleme probleminin çözümü için tam sayılı hedef programlama yöntemini kullanmışlar, hedeflerin ağırlıklarını

bulmak için analitik ağ prosesi (ANP) yöntemini uygulamışlardır. Atmaca ve diğ. [14], Ankara Güven Hastanesi A blok 2. katta çalışan hemşirelerin vardiya düzenlemesi için 0-1 hedef programlama modelini temel almışlardır. Wang ve diğ. [15], hemşire isteklerinin adil bir şekilde karşılanmasını amaçlayan 0-1 tam sayılı hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelde vardiyalar arasındaki dengesizliğin düzenlenerek maliyetlerin azaltılması amaçlanmıştır. Agyei ve diğ. [16], çalışmalarında hemşire isteklerini dikkate alan ve hemşireler arasındaki iş yükü dağılımını dengeli olarak sağlamayı amaçlayan 0-1 tam sayılı hedef programlama modelini geliştirmişler ve uygulama çalışması yapmışlardır. Elomri ve diğ. [17], bir hastanedeki stajyer doktorların onkoloji ve hematoloji bölümlerine dengeli dağıtılmalarını sağlamak amacıyla bir hedef programlama modeli sunmuşlardır. Sulak ve Bayhan [18], bir hastanedeki hemşirelerin vardiyalarını ve çalışma saatlerini dengeli olarak çizelgelemek amacıyla hedef programlamayı kullanmışlardır. Varlı ve Eren [19], hedef programlama yöntemi ile bir hastanenin yoğun bakım, acil ve ameliyathane birimlerinde çalışan hemşireleri dikkate alarak, hemşirelerin belirli bir periyotta çalışacakları vardiyaları düzenlemişlerdir. Varlı ve diğ. [20], çalışmalarında bir hastanedeki hemşirelerin özel izin talepleri göz önünde bulundurularak aylık çalışma çizelgelerinin en iyi şekilde yapılması için bir hedef programlama modeli sunmuşlardır. Aktürk ve diğ. [21], hedef programlama yöntemiyle Kırıkkale'de bir devlet hastanesinde çalışan hemşirelerin belirlenmiş olan dört vardiyaya olabildiği kadar dengeli bir şekilde atanmalarını sağlamak için bir model geliştirmişlerdir. Uslu ve diğ. [22], çalışmalarında vardiya sistemindeki dengesizlikleri ortadan kaldıran ve aynı zamanda hemşirelerin bazı özel durumlarını dikkate alan bir çizelge oluşturmuşlardır. Bir devlet hastanesinden alınan verileri kullanılarak 0-1 hedef programlama modeli kurmuşlardır.

Personel çizelgelenen yapıldığı farklı hizmet sistemleri de bulunmaktadır. Taylor ve Huxley [23], hedef programlama yöntemi ile San Francisco Polis Şubesi'nde çalışanlar için tur çizelgelemesi yapmışlardır. Todovic ve diğ. [24], hedef programlama yöntemini kullanarak polis memurları için bir çizelgeleme yapmışlardır.

Chu [25], Hong Kong Uluslararası Hava yolları çalışanları için hedef programlama ile iş gücü çizelgesi oluşturmuştur. Vardiyaları minimize etmeyi, esnek ve adaletli bir planlama oluşturmayı amaçlamıştır. Chu ve Zhu [26], havaalanındaki teslimat personeli planlamasını incelemişlerdir. Çalışma saatlerinde maksimum değişiklikleri sınırlamışlar ve hedef programlamayı kullanarak vardiya uzunluğunu azaltmışlardır. Orhan ve diğ. [27], uçak rotalarının belirlenmesi probleminin bakım ihtiyaçları ile değerlendirilmesini, böylelikle uçaklardan etkin faydalanmayı ve bakım maliyetlerinin en küçüklenmesini hedeflemişlerdir. Bunun için tam sayılı doğrusal hedef programlama modeli önermişlerdir.

Sungur [28], çalışmasında, güzellik salonunda çalışanların haftanın belirli günlerine ve günlerin belirli saatlerine hedef programlama ile atanmalarını gerçekleştirmiştir. Lin ve diğ. [29], Kuzey Tayvan'daki büyük bir mağazanın personel çizelgelemesi için doğrusal hedef programlama tekniğini kullanmışlardır. Doğru çalışanın doğru işe atanmasını ve vardiyaların memnun edici olmasını sağlamışlardır. Bektur ve Hasgül [30], bir restoranda çalışan personellerin çizelgelenmesi problemini incelemişlerdir. Çalışanların vardiyalara, tatil günlerine ve görevlere atanması için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelde çalışan

isteklerini ve becerilerini göz önünde bulundurmuşlardır. Geliştirilen hedef programlama modelinde kıdem seviyelerini dikkate alarak gevşek kısıtlardan sapmaları en küçüklemişlerdir. Aly ve Louly [31], bir telekomünikasyon firmasındaki mühendislerin vardiyalara atanması, izin günlerinin planlanması ve firmanın çalışma şartları açısından bazı hedeflerin uygulanması için bir model önermişlerdir. Labidi ve diğ. [32], bir bankadaki bilgi teknolojisi personeli çizelgelemesi için çok amaçlı hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Ünal ve Eren [33], hedef programlama yöntemini kullanarak bir devlet kurumundaki personel çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. İlgili çalışanların nöbetlerini, istedikleri günlere planlamasını gerçekleştirmişlerdir. Özder ve diğ. [34], bir üniversite hastanesinde temizlik personelinin atanması ve çizelgenmesi için hedef programlama modeli kurmuşlardır. Davras [35], çalışmasında hedef programlama yöntemiyle oteller için vardiya planlaması modeli geliştirmiştir. Yelek ve diğ. [36], çalışmalarında Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesi'nde kısmi zamanlı çalışan kırk öğrencinin bir aylık periyotta vardiya düzeninin belirlenmesi problemini ele almışlardır. Öğrencilerin özel isteklerini de dikkate alarak, problemin çözümünde hedef programlama yöntemini kullanmışlardır.

Hedef programlama ile güvenlik görevlilerinin çalışmalarını da düzenleyen çalışmalar mevcuttur. Ciritöglü ve diğ. [37], Kırıkkale Üniversitesi'nde çalışan güvenlik görevlileri için vardiya çizelgeleme problemini ve kadrolu erkek, sözleşmeli erkek ve sözleşmeli kadın güvenlik görevlilerinin çalışma koşullarını farklı açılardan ele almışlardır. Problemin çözümünde ise hedef programlama yönteminden yararlanmışlardır. Demirel ve diğ. [38], hedef programlama yöntemini kullanarak Ankaray metro hattındaki dört istasyonda çalışan kırk üç güvenlik personeli için çalışma planını oluşturmuşlardır.

Ayrıca hedef programlama enerji sektörü çalışanlarının vardiya çizelgelemesi için de kullanılmıştır. Özcan ve diğ. [39], hidroelektrik santrallerde vardiya çizelgeleme problemini çözmek amacıyla hedef programlamayı kullanmışlardır. Özder ve diğ. [40], çalışmalarında ANP ve hedef programlama yöntemlerini kullanarak, Türkiye'de toplam elektrik üretiminin %35.17'sini gerçekleştiren büyük ölçekli bir doğal gaz kombine çevrim enerji santralinde çalışan işçilerin vardiya çizelgesini oluşturmuşlardır.

2.2 AHP ve hedef programlama ile gerçekleştirilen personel çizelgeleme çalışmaları

Yapılan çalışmalar incelendiğinde personel çizelgeleme konusunda çok fazla çalışma bulmak mümkündür. Fakat AHP ve hedef programlama yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar literatürde nispeten daha az bulunmaktadır.

AHP ve hedef programlamanın birlikte kullanıldığı personel çizelgeleme çalışmalarının uygulamaları, ağırlıklı olarak hizmet sektöründe yapılmıştır. Topaloğlu [41], hemşirelerin bir aylık planlama dönemi için hem gevşek hem de zorunlu kısıtları dikkate alan bir model kurmuştur. Güler [42], fiziksel tıp ve rehabilitasyon bölümündeki kıdemli akademik personelin ayakta tedavi kliniklerine atamalarını planlamıştır. Güler ve diğ. [43], bir tıp fakültesinin bir anabilim dalı çalışanlarının vardiyalarını planlamak için bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Görevdeki vardiyaların sayısı veya blok vardiyalarının önlenmesi gibi, kesinlikle yerine getirilmesi gereken kuralları zor kısıtlar olarak formüle etmişlerdir. Çalışanların hafta sonu sayısının değişmeden artması ve aynı

gece aynı sosyal gruplara görev atanması gibi tercihleri gevşek kısıtlar olarak formüle ederek, gevşek kısıtlardan sapma cezalarını AHP yöntemiyle belirlemişlerdir. Ünal [44], hizmet sektöründeki bir devlet kurumunda, personel çizelgeleme problemini çözmüştür. Chen ve diğ. [45], çalışmalarında belirsiz ortamlarda tıbbi personel tahsisi ile entegre edilen personel çizelgeleme problemini incelemişlerdir. Gerekli olan minimum tıbbi personeli belirlemek ve en iyi programı oluşturmak için hedef programlamaya dayalı iki aşamalı bir yöntem geliştirmişlerdir. İkinci aşamada, gevşek kısıtların cezasını belirlemek için AHP metodunu uygulamışlardır. Bedir ve diğ. [46], çalışmalarında uluslararası piyasada 500'den fazla mağazası bulunan bir hazır giyim firmasının Kırıkkale'deki bir mağazası için ergonomik koşulları dikkate alan vardiya çizelgeleme problemini ele almışlardır. Problemden ergonomik risk faktörleri ve çalışma saatlerinin dengelenmesi hedeflenmiştir. Çalışma 5 görev biriminde 39 personel için aylık olarak yapılmıştır.

AHP ve hedef programlama yöntemleri hizmet sektörü dışında az da olsa üretim sektöründe de kullanılmıştır. Aksakal ve Dağdeviren [47], birbirine özdeş dört hat ve burada çalışma yeterliliği olan 20 çalışanın yetenek düzeylerine göre değerlendirilmesi ve atanması problemini ele almışlardır. Varlı ve Eren [48], bir fabrikada çalışan şefleri dengeli bir şekilde vardiyalara atanmasını gerçekleştirmişlerdir.

3 Hedef programlama

3.1 Hedef programlamanın tarihsel gelişimi

Hedef programlama, hedeflerin niteliklerinin belirli olduğu ve karar vericinin, hedeflerin ulaşılamayan bölümünün minimize edilmesine ait kolunu oluşturan karar verme problemlerini içeren analitik bir metottur. Diğer maksimizasyon ya da minimizasyon problemlerinden temel farkı, birden fazla ve çelişen amaçların amaç fonksiyonunda yer alabilmesidir. Bu şekilde istenen çözüme ulaşılmasını hedeflerden minimum sapma ile sağlamaktadır [49]. Bu nedenle hedef programlama, ÇKKV yöntemlerinin en önemlilerinden biridir [50].

Hedef programlama, ilk kez 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından yönetici maaşları için uygulanan çalışmayla literatürde yer almıştır. Daha sonra Charnes ve Cooper tarafından 1961'de açıkça tanımlanmıştır. 1970'li yıllarda bu konuda ilk kitaplar yazılmıştır [51]. Zamanla hedef programlamayı içeren çalışmalar günümüze kadar artarak geliştirilmiştir [52]. Bu doğrultuda, gelişmeleri inceleyen literatür taraması çalışmaları da yapılmıştır. Tamiz ve diğ. [53], iki tür hedef programlama yöntemi ile ilgili literatürü incelemişler ve toplam 70 çalışmayı analiz etmişlerdir. Tamiz ve diğ. [54], gelecekte yapılacak olan çalışmaları yönlendirmek için yaptıkları detaylı analizde uygulama alanlarını genel bir bakış açısı ile vurgulamışlardır. Jones ve Tamiz [55], hedef programlamaya ilişkin 280 çalışmanın derlemesini sunmuşlardır. Hedef programlama yöntemini anahtar kelime olarak belirleyerek, on yıllık dönem içerisindeki çalışmaların uygulama alanlarını analiz etmişlerdir. Azmi ve Tamiz [56], portföy seçimi odaklı hedef programlama çalışmalarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda, çelişen ve çoklu amaçların bulunduğu karar problemlerinin çözümünde, hedef programlamanın önemli ve etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda, hedef programlamanın farklı türlerde sınıflandırıldığı görülmektedir. Hedef programlama, matematiksel programlama türlerine göre doğrusal

programlama, tam sayılı programlama, doğrusal olmayan hedef programlama şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bunun dışında hedef programlama ele alınan hedeflerin hedeflerine göre de tek hedefli programlama, eşit ağırlıklı çok hedefli programlama, ağırlıklı çok hedefli programlama, öncelikli çok hedefli programlama, ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama olarak sınıflandırılmaktadır [57].

3.2 Hedef programlamanın yapısı

Hedef programlamanın amacı, tüm kısıtları sağlayan ve mümkün olduğu kadar tüm hedeflere ulaşan bir çözüm bulmaktır. Hedef programlamanın yapısını biçimlendiren temel kavramlar aşağıdaki gibidir:

3.2.1 Amaç fonksiyonu

Modelde, hedeflerden istenmeyen sapmaları minimize eden fonksiyondur [57].

3.2.2 Sapma değişkenleri

Klasik hedef programlama modellerinde kabul edilebilir çözüme ulaşmak için karar vericinin belirlediği hedef değerlerindeki istenmeyen sapmaları ölçen pozitif ve negatif sapma değişkenleridir. Hedefin başarısını veya başarısızlığını gösteren sapma değişkenleri için d_i^+ ve d_i^- simgeleri kullanılmaktadır [57].

3.2.3 Amaç

Bir sistemin arzu edilen bir durumunu tanımlamak için yönetim tarafından yapılan genel bir ifadedir [57].

3.2.4 Hedef

Bu amaç için, yönetimin başarmayı istediği kesin bir ifadedir [57].

3.2.5 Kısıt

Çeşitli karar değişkenlerinden oluşan, eşitlik veya eşitsizlik biçimindeki fonksiyonlardır [58]. Hedef kısıtlar ve sistem kısıtları şeklinde iki türdür. Sistem kısıtları, kesinlikle sağlanması gereken, değişmez kısıtlardır ve sapma değişkenleri bu kısıtta yer almamaktadır.

3.3 Hedef programlamanın formülasyonu

Hedef programlamada, hedef kısıtlarda kullanılan sapma değişkenler en küçükleme yapılmaya çalışılmaktadır. Doğrusal optimizasyondaki gibi amaç fonksiyonu doğrudan maksimize veya minimize yapılmaya çalışılmaz. d_i^- (negatif sapma değişkeni), hedef kısıttaki sol taraf değerinin, sağ taraf değerinin altında kalmasıdır. Eğer kısıtta yer alan eşitsizlik \geq tipindeyse hedef programlamanın amacı negatif sapma değişkenlerinin minimum kılınmasıdır. d_i^+ (pozitif sapma değişkeni), hedef kısıttaki sol taraf değerinin, sağ taraf değerini aşmasıdır. Kısıtta yer alan eşitsizlik \leq tipindeyse hedef programlamanın amacı pozitif sapma değişkenlerinin minimum kılınmasıdır. Hedef programlamanın matematiksel gösterimi Denklemler (1)-(4) olarak verilmiştir. [59].

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n k_{ij}y_j + d_i^+ + d_i^- = l_i \quad (2)$$

$$d_i^+ \times d_i^- = 0 \quad (3)$$

$$x_i, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1, \dots, k \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

3.4 Değişkenler

y_j : j. Karar değişkeni

k_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

l_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

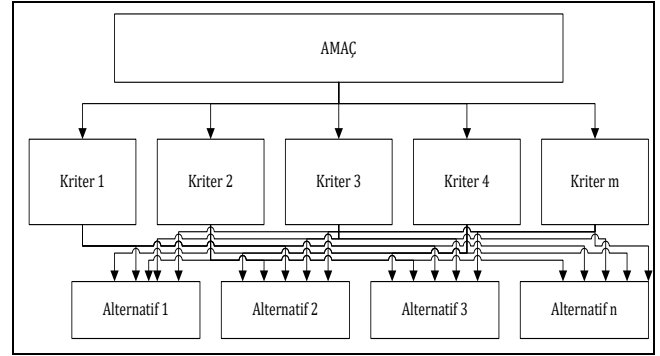
d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni.

4 Analitik hiyerarşi prosesi yöntemi

Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen AHP, birçok alternatif içerisinde karar vericinin belirlediği ölçütler açısından karar seçeneklerini önem sırasına göre sıralayan bir tekniktir [60]. Saaty'ye göre, "AHP, homojen elemanların ortak bir kriter veya niteliğe göre ikili karşılaştırmalarından baskın önceliklerin türetilmesiyle ilgili bir ölçüm teorisidir" [61]. AHP yöntemi, ölçülebilir somut kriterlerin yanında soyut kriterlerin de birbirleriyle karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır [62].

AHP'de ilk olarak amaç belirlendikten sonra bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen faktörlerin ve alt faktörlerin belirlenmesi gereklidir. Öncelikle hiyerarşinin kaç seviyeden oluşacağı saptanır ve her seviyenin alt kriterleri oluşturulur. Daha sonra alternatifler belirlenir. Böylelikle en alt basamakta karar seçenekleri yer alır. Sonuçta karar için Şekil 1'deki gibi hiyerarşik bir yapı ortaya çıkmaktadır [6].



Şekil 1. Genel hiyerarşik yapı.

Figure 1. General hierarchical structure.

AHP yöntemi aşağıda adım adım verilmiştir. Şekil 2 bu adımları akış şeması halinde özetlemektedir.

4.1 Kriterler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Hiyerarşik yapının belirlendikten sonra kriterleri ve alternatifleri kendi içlerinde karşılaştırmak amacıyla ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur. Kriterler arası oluşturulan karşılaştırma matrisi, $y \times y$ boyutlu bir kare matristir. Bu matrisin köşegen değerleri birdir. Aşağıda karar noktası x , kriterler ise y ile gösterilerek sembolize edilmiştir.

$$K = \begin{bmatrix} 1 & k_{12} & \dots & k_{1y} \\ k_{21} & 1 & \dots & k_{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ k_{y1} & k_{y2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Bu matriste kriterlerin karşılaştırılabilmesi için Saaty [6] tarafından önerilen önem skalası Tablo 1'de gösterilmiştir. Köşegenin üstünde kalan değerler için Tablo 1'deki değerler kullanıldıktan sonra köşegenin altında kalan değerler için de Denklem (5)'ten yararlanılmaktadır.

$$k_{ji} = \frac{1}{k_{ij}} \quad (5)$$

Tablo 1. Önem skalası.
Table 1. Significance scale.

Önem Derecesi	Tanımı
1	Eşit önemli
3	Orta derecede önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Kesin önemli

Önem derecesinde yer almayan 2, 4, 6, 8 değerleri ara değerlerdir. Karar verici kararsız kalırsa ara değerleri kullanabilir. Önem skalasındaki puanlar kullanılarak karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır.

4.2 Kriterlerin yüzde olarak önem dağılımlarının belirlenmesi

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için K ile belirtilen karşılaştırma matrisindeki sütun vektörlerinin her bir sütunu ilk olarak toplanır ve sütundaki her bir değer toplam değere bölünerek L vektörü elde edilir. Her sütunu toplayıp daha sonra her birini bölme işlemi aşağıda verilen Denklem (6) ile elde edilir. Karşılaştırma matrisindeki tüm sütunlar için bu işlem gerçekleştirilir. Aşağıda elde edilen matris gösterilmiştir.

$$L_i = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \vdots \\ l_{41} \end{bmatrix}$$

$$l_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{i=1}^y k_{ij}} \quad (6)$$

Denklem (6) ile elde edilen değerler bir araya getirilerek M matrisi oluşturulur. M matrisine Normalize Matris de denilmektedir.

$$M = \begin{bmatrix} m_{12} & m_{12} & \dots & m_{1y} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ m_{y1} & m_{y2} & \dots & m_{yy} \end{bmatrix}$$

M matrisi kullanılarak kriterlerin yüzde önem ağırlıkları belirlenir. Denklem (7) ile M matrisindeki her bir satırın aritmetik ortalaması alınır ve yeni oluşturulan matrise N sütun vektörü denilmektedir. N sütun vektörü aşağıda verilmiştir.

$$n_i = \frac{\sum_{j=1}^y m_{ij}}{y} \quad (7)$$

$$N = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_y \end{bmatrix}$$

4.3 Kriter kıyaslamasında tutarlılık ölçülmesi

Kriterler arasında karşılaştırma yaparken, karar vericinin karşılaştırma yargısının tutarlı olup olmadığını kontrol etmek için Tutarlılık Oranı'nın (CR) hesaplanması gerekmektedir. İlk önce elde edilen K karşılaştırma matrisi ile N sütun vektörü çarpılarak bir D vektörü elde edilir, daha sonra elde edilen D vektörü ile N sütun vektörü karşılıklı olarak bölünerek bir E temel değer vektörü bulunur. E vektörünün aritmetik ortalaması alınarak temel değer elde edilmektedir. Bulunan

temel değer λ ile gösterilmiştir. λ değerini kullanarak Denklem (10) ile Tutarlılık Göstergesi (CI) bulunur. Son olarak tutarlılık göstergesi ile rasgele gösterge tablosundaki uygun değer birbirine bölünerek Tutarlılık Oranı (CR) elde edilir. Tutarlılık oranı 0.10'dan küçük çıkması durumunda oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir. Bu oranın aşılması durumunda matrisin tutarsız olduğu düşüncesiyle ikili karşılaştırma matrisinin gözden geçirilerek farklı değerlerle yeniden düzenlenmesi gereklidir [6], [62]. Aşağıda anlatılan işlemler sırasıyla denklem olarak sunulmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} k_{12} & k_{12} & \dots & k_{1y} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ k_{y1} & k_{y2} & \dots & k_{yy} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_y \end{bmatrix}$$

E vektörünün elde edilmesi için Denklem (8) kullanılır, daha sonra Denklem (9) ile de temel değer elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^y E_i}{y} \quad (9)$$

Denklem (10) ile Tutarlılık Göstergesi (CI) hesaplanır ve Tablo 2'de verilen Rasgele Gösterge (RI) değerlerinden uygun olan değer seçilerek Denklem (11)'deki Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır. Tablo 2'de verilen rasgele gösterge değeri kriter sayısına göre seçilir.

$$CI = \frac{\lambda - y}{y - 1} \quad (10)$$

Tablo 2. Rastgele gösterge değerleri.

Table 2. Random indicator values.

N	RI	N	RI
1	0	8	1.41
2	0	9	1.45
3	0.58	10	1.49
4	0.60	11	1.51
5	1.12	12	1.48
6	1.24	13	1.56

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

4.4 Her bir kriter için, x karar noktasındaki yüzde önem dağılımlarının bulunması

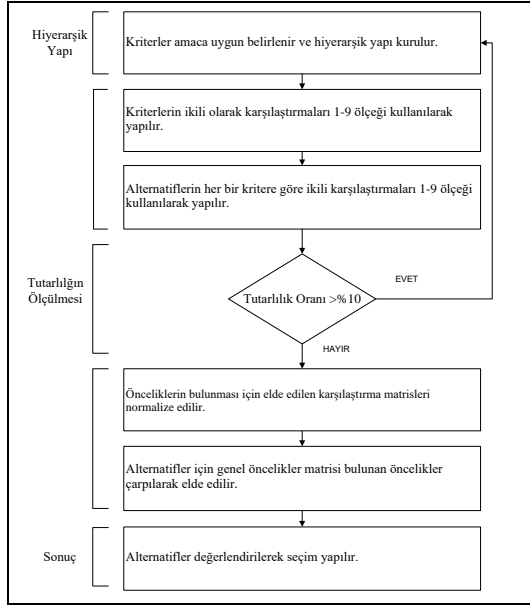
Bu aşamada alternatifler için her bir adım tekrarlanır. Her bir alternatif için sütun vektörü oluşturulur. Aşağıda sütun vektörü matrisi verilmiştir.

$$S_i = \begin{bmatrix} S_{i1} \\ S_{i2} \\ \vdots \\ S_{ix1} \end{bmatrix}$$

4.5 Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması

Elde edilen alternatif vektörler birleştirilerek T alternatifler matrisi oluşturulur ve kriterler için elde edilen N sütun vektörü ile T alternatifler matrisi birbirleriyle çarpılır. En yüksek değeri alan alternatif seçilir.

$$R = \begin{bmatrix} S_{12} & S_{12} & \dots & S_{1y} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2y} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ S_{x1} & S_{x2} & \dots & S_{xy} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{21} \\ \vdots \\ r_{x1} \end{bmatrix}$$

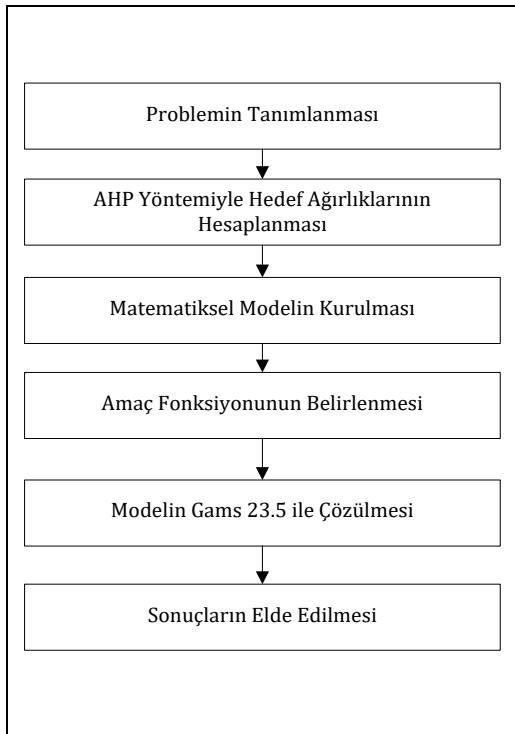


Şekil 2. AHP yönteminin aşamaları.

Figure 2. Steps of the AHP method.

5 Uygulama

Kısmi zamanlı çalışan öğrencilerin çizelgelenmesi probleminin uygulama süreci Şekil 3'te akış şemasında verilmiştir.



Şekil 3. Uygulama akış şeması.

Figure 3. Application flow chart.

5.1 Problemin tanımlanması

Bu çalışmada, AHP ve Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama yöntemleri ile bir üniversitenin merkez kütüphanesinde çalışan 42 kısmi zamanlı öğrencinin haftalık çalışma çizelgelerinin en verimli bir şekilde oluşturulması amaçlanmıştır. Kütüphaneyle ilgili veriler şu şekildedir: Kütüphanede (8:00-11:00), (11:00-14:00), (14:00-17:00), (17:00-20:00), (20:00-23:00) şeklinde 5 vardiya bulunmaktadır. Kütüphane haftanın 7 günü hizmet vermektedir. Öğrenciler ise haftanın 4 günü çalışmaktadır. Bir öğrenci çalıştığı günlerde sadece bir vardiyaya atanabilmektedir. Bir vardiyada çalışan öğrencilerin sayısı en az 2 en fazla 7 olması istenmektedir. Öğlen saatlerinde kütüphane daha yoğun olduğu için (11:00-14:00) ve (14:00-17:00) vardiyalarında çalışan öğrenci sayısının diğer vardiyalardan daha fazla olması hedeflenmektedir. Öğrencilerden birine ait haftalık ders programı ek olarak verilmiştir (Ek A). Öğrencilerin ders programlarından kaynaklanan özel kısıtlar dikkate alınarak model oluşturulmuştur. Hedeflerde yer alan sapmaların ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hedeflerin birbirlerine göre önemleri, kütüphane çalışanlarından oluşan üç kişilik grup tarafından tartışılarak belirlenmiştir.

5.2 AHP yöntemiyle hedef ağırlıklarının hesaplanması

Karar verme problemi, amaçtaki 6 hedefin ağırlıklarının belirlenmesidir. Hedefler aşağıda sırasıyla verildiği gibidir:

- Hedef 1 : 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olmasıdır,
- Hedef 2 : 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olmasıdır,
- Hedef 3 : 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olmasıdır,
- Hedef 4 : 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olmasıdır,
- Hedef 5 : 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olmasıdır,
- Hedef 6 : 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olmasıdır.

İlk olarak hedefler belirlendikten sonra AHP ile hedef ağırlıklarının hesaplanması için Bölüm 4'te verilen adımlardan ilk üçü sırasıyla aşağıdaki gibi uygulanmıştır.

5.2.1 Adım 1: Faktörler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Hedefleri kendi içlerinde karşılaştırmak için Saaty'nin kullandığı önem skalası (Tablo 1) kullanılarak ikili karşılaştırmalar ile Tablo 3'te verilen K karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3. Hedefler arası karşılaştırma matrisi.

Table 3. Comparison matrix between targets.

	Hedef 1	Hedef 2	Hedef 3	Hedef 4	Hedef 5	Hedef 6
Hedef 1	1	2	3	4	5	6
Hedef 2	1/3	1	1/3	1/3	3	1/2
Hedef 3	4	3	1	3	5	2
Hedef 4	1/5	3	1/3	1	2	1/2
Hedef 5	1/4	1/3	1/5	1/2	1	1/3
Hedef 6	1/3	2	1/2	2	3	1

5.2.2 Adım 2: Faktörlerin yüzde önem ağırlıklarının belirlenmesi

Karşılaştırma matrisinden Denklem (6) ile elde edilen aşağıdaki M matrisi oluşturulmuştur.

$$M = \begin{bmatrix} 0.163 & 0.243 & 0.096 & 0.423 & 0.222 & 0.409 \\ 0.054 & 0.081 & 0.127 & 0.028 & 0.167 & 0.068 \\ 0.654 & 0.243 & 0.382 & 0.254 & 0.278 & 0.273 \\ 0.033 & 0.243 & 0.127 & 0.085 & 0.111 & 0.068 \\ 0.041 & 0.027 & 0.076 & 0.042 & 0.056 & 0.045 \\ 0.054 & 0.162 & 0.191 & 0.169 & 0.167 & 0.136 \end{bmatrix}$$

M matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları, Denklem (7) kullanılarak öncelik vektörü olarak adlandırılan N sütun vektörü elde edilmiştir.

$$N = \begin{bmatrix} 0.25831 \\ 0.08071 \\ 0.37233 \\ 0.10317 \\ 0.04684 \\ 0.13863 \end{bmatrix}$$

Her 6 hedefin birbirine göre değerlendirilmesi sonucunda N öncelik vektörü hesaplanmıştır. Burada Hedef 1'in %25.83, Hedef 2'nin %8.07, Hedef 3'ün %37.23, Hedef 4'ün %10.31, Hedef 5'in %4.68 ve Hedef 6'nın %13.86 öneme sahip olduğu hesaplanmıştır.

5.2.3 Adım 3: Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılığın ölçülmesi

Daha önce elde edilen K karşılaştırma matrisi ile N sütun vektörü çarpılarak aşağıda verilen D vektörü elde edilmiştir.

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/4 & 5 & 4 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 & 1/2 \\ 4 & 3 & 1 & 3 & 5 & 2 \\ 1/5 & 3 & 1/3 & 1 & 2 & 1/2 \\ 1/4 & 1/3 & 1/5 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1/2 & 2 & 3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.25831 \\ 0.08071 \\ 0.37233 \\ 0.10317 \\ 0.04684 \\ 0.13863 \end{bmatrix}$$

Denklem (8) ile elde edilen E temel değer vektörü elde edilmiştir.

$$E = \begin{bmatrix} 6,630105 \\ 6,630508 \\ 6,630328 \\ 6,630484 \\ 6,630697 \\ 6,630443 \end{bmatrix}$$

E vektörü ve Denklemler (9)-(11) kullanılarak hesaplanan tutarlılık oranı, karşılaştırmanın tutarlı olduğunu göstermektedir.

5.3 Çözüm yönteminin belirlenmesi ve matematiksel modelin oluşturulması

Bu bölümde, kısmi zamanlı öğrencilerin çizelgelenmesi probleminin en uygun çözümünü elde etmek için bütün kısıtların dikkate alındığı ağırlıklı hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

5.4 Parametreler

n	: Kütüphanede çalışan öğrenci sayısı	$n = 42$
m	: Gün sayısı	$m = 7$
l	: Vardiya sayısı	$l = 5$

i	: Öğrenci indeksi	$i = 1, 2, \dots, n$
j	: Gün indeksi	$j = 1, 2, \dots, m$
k	: Vardiya indeksi	$k = 1, 2, \dots, l$

5.5 Karar değişkenleri

- $x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{i. öğrenci j. gündeki k. vardiyaya atanmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$
- $d1_j^+$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d1_j^-$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri,
 $d2_j^+$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d2_j^-$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri,
 $d3_j^+$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d3_j^-$: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri,
 $d4_j^+$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d4_j^-$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri,
 $d5_j^+$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d5_j^-$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 4. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri,
 $d6_j^+$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olma hedefinden pozitif sapma değeri,
 $d6_j^-$: 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 5. vardiyadan fazla olma hedefinden negatif sapma değeri.

5.6 Amaç fonksiyonu

$$\text{Minimize } Z = 0.25831d1_i^- + 0.08071d2_i^- + 0.37233d3_i^- + 0.10317d4_i^- + 0.04684d5_i^- + 0.13863d6_i^- \quad (12)$$

5.7 Kısıtlar

$$\sum_{k=1}^l x_{ijk} \leq 1 \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ijk} = 4 \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ijk} \leq 7 \quad j = 1, \dots, m \quad k = 1, \dots, l \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq 2 \quad j = 1, \dots, m \quad k = 1, \dots, l \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
 &x_{121} + x_{123} + x_{131} + x_{132} + x_{142} + x_{143} + x_{151} + x_{152} = 0 \quad (17) \\
 &x_{214} + x_{224} + x_{225} + x_{234} + x_{235} + x_{244} + x_{245} + x_{255} = 0 \quad (18) \\
 &x_{311} + x_{312} + x_{313} + x_{323} + x_{324} + x_{325} + x_{331} + x_{332} + x_{333} + x_{334} + x_{335} + x_{341} = 0 \quad (19) \\
 &x_{411} + x_{421} + x_{423} + x_{431} + x_{432} = 0 \quad (20) \\
 &x_{511} + x_{512} + x_{521} + x_{522} + x_{523} + x_{531} + x_{532} + x_{541} + x_{542} + x_{543} + x_{551} + x_{552} = 0 \quad (21) \\
 &x_{612} + x_{613} + x_{633} + x_{642} + x_{643} = 0 \quad (22) \\
 &x_{711} + x_{712} + x_{721} + x_{722} + x_{723} + x_{732} + x_{742} + x_{743} + x_{751} + x_{752} = 0 \quad (23) \\
 &x_{811} + x_{812} + x_{831} + x_{832} + x_{833} + x_{842} + x_{843} = 0 \quad (24) \\
 &x_{911} + x_{912} + x_{913} + x_{921} + x_{922} + x_{923} + x_{931} + x_{932} + x_{933} + x_{941} + x_{942} + x_{943} = 0 \quad (25) \\
 &x_{1011} + x_{1012} + x_{1013} + x_{1021} + x_{1022} + x_{1023} + x_{1031} + x_{1032} + x_{1033} + x_{1041} + x_{1042} + x_{1043} + x_{1053} + x_{1054} = 0 \quad (26) \\
 &x_{1114} + x_{1115} + x_{1124} + x_{1125} + x_{1134} + x_{1145} + x_{1154} + x_{1155} = 0 \quad (27) \\
 &x_{1211} + x_{1212} + x_{1213} + x_{1221} + x_{1222} + x_{1223} + x_{1231} + x_{1232} + x_{1233} + x_{1241} + x_{1242} + x_{1243} + x_{1253} = 0 \quad (28) \\
 &x_{1311} + x_{1312} + x_{1313} + x_{1321} + x_{1322} + x_{1323} + x_{1331} + x_{1332} + x_{1342} + x_{1343} + x_{1351} + x_{1352} + x_{1353} = 0 \quad (29) \\
 &x_{1411} + x_{1412} + x_{1413} + x_{1421} + x_{1422} + x_{1423} + x_{1431} + x_{1432} + x_{1442} = 0 \quad (30) \\
 &x_{1512} + x_{1513} + x_{1521} + x_{1522} + x_{1523} + x_{1532} + x_{1542} + x_{1543} = 0 \quad (31) \\
 &x_{1611} + x_{1613} + x_{1622} + x_{1623} + x_{1641} + x_{1642} + x_{1643} + x_{1651} + x_{1652} = 0 \quad (32) \\
 &x_{1711} + x_{1713} + x_{1721} + x_{1722} + x_{1731} + x_{1742} + x_{17433} + x_{1751} + x_{1753} = 0 \quad (33) \\
 &x_{1811} + x_{1812} + x_{1822} + x_{1823} + x_{1831} + x_{1841} + x_{1842} + x_{1843} + x_{1851} + x_{1852} = 0 \quad (34) \\
 &x_{1912} + x_{1913} + x_{1921} + x_{1922} + x_{1923} + x_{1931} + x_{1932} + x_{1941} + x_{1951} + x_{1952} = 0 \quad (35) \\
 &x_{2014} + x_{2015} + x_{2024} + x_{2025} + x_{2034} + x_{2044} + x_{2045} = 0 \quad (36) \\
 &x_{2114} + x_{2115} + x_{2124} + x_{2125} + x_{2134} + x_{2135} + x_{2144} + x_{2145} = 0 \quad (37) \\
 &x_{2214} + x_{2215} + x_{2224} + x_{2225} + x_{2234} + x_{2244} + x_{2245} = 0 \quad (38) \\
 &x_{2311} + x_{2312} + x_{2321} + x_{2322} + x_{2323} + x_{2331} + x_{2332} + x_{2333} + x_{2341} + x_{2342} + x_{2343} + x_{2351} + x_{2352} + x_{2353} = 0 \quad (39) \\
 &x_{2411} + x_{2412} + x_{2413} + x_{2422} + x_{2423} + x_{2431} + x_{2432} + x_{2433} + x_{2441} + x_{2442} + x_{2443} + x_{2451} = 0 \quad (40) \\
 &x_{2532} + x_{2533} + x_{2542} + x_{2543} + x_{2551} + x_{2552} = 0 \quad (41) \\
 &x_{2611} + x_{2612} + x_{2613} + x_{2621} + x_{2622} + x_{2623} + x_{2631} + x_{2632} + x_{2633} + x_{2642} + x_{2643} = 0 \quad (42) \\
 &x_{1711} + x_{2713} + x_{2721} + x_{2722} + x_{2732} + x_{2733} + x_{2741} + x_{2742} + x_{2743} + x_{2752} + x_{2753} = 0 \quad (43) \\
 &x_{2812} + x_{2813} + x_{2821} + x_{2822} + x_{2823} + x_{2831} + x_{2832} + x_{2833} + x_{2841} + x_{2842} + x_{2851} + x_{2852} = 0 \quad (44) \\
 &x_{2912} + x_{2913} + x_{2921} + x_{2922} + x_{2923} + x_{2931} + x_{2932} = 0 \quad (45) \\
 &x_{3012} + x_{3013} + x_{3021} + x_{3022} + x_{3023} + x_{3031} + x_{3032} + x_{3033} + x_{3041} + x_{3042} + x_{3043} + x_{3051} + x_{3052} = 0 \quad (46) \\
 &x_{3111} + x_{3112} + x_{3121} + x_{3122} + x_{3131} + x_{3132} + x_{3141} + x_{3142} + x_{3151} + x_{3152} = 0 \quad (47) \\
 &x_{3211} + x_{3212} + x_{3213} + x_{3223} + x_{3231} + x_{3232} + x_{3233} + x_{3241} + x_{3242} + x_{3243} + x_{3252} = 0 \quad (48) \\
 &x_{3311} + x_{3312} + x_{3313} + x_{3321} + x_{3322} + x_{3323} + x_{3332} + x_{3333} + x_{3341} + x_{3342} + x_{3343} + x_{3351} + x_{3352} + x_{3353} = 0 \quad (49) \\
 &x_{3411} + x_{3412} + x_{3413} + x_{3421} + x_{3422} + x_{34331} + x_{3432} + x_{3433} + x_{3442} + x_{3443} + x_{3451} + x_{3452} + x_{3453} = 0 \quad (50) \\
 &x_{3511} + x_{3512} + x_{3513} + x_{3531} + x_{3532} + x_{3541} + x_{3542} + x_{3543} = 0 \quad (51) \\
 &x_{3611} + x_{3612} + x_{3613} + x_{3621} + x_{3622} + x_{3623} + x_{3631} + x_{3632} + x_{3633} + x_{3651} + x_{3652} + x_{3653} = 0 \quad (52) \\
 &x_{3711} + x_{3712} + x_{3731} + x_{3732} + x_{3733} + x_{3752} + x_{3753} = 0 \quad (53) \\
 &x_{3811} + x_{3812} + x_{3821} + x_{3822} + x_{3831} + x_{3832} + x_{3841} + x_{3842} + x_{3851} + x_{3852} = 0 \quad (54) \\
 &x_{3911} + x_{3912} + x_{3921} + x_{3922} + x_{3931} + x_{3932} + x_{3941} + x_{3942} + x_{3951} + x_{3952} = 0 \quad (55)
 \end{aligned}$$

$$x_{4011} + x_{4012} + x_{4021} + x_{4022} + x_{4031} + x_{4032} + x_{4041} + x_{4042} + x_{4051} + x_{4052} = 0 \quad (56)$$

$$x_{4111} + x_{4112} + x_{4121} + x_{4122} + x_{4131} + x_{4132} + x_{4141} + x_{4142} + x_{4151} + x_{4152} = 0 \quad (57)$$

$$x_{4223} + x_{4233} + x_{4244} = 0 \quad (58)$$

5.8 Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij2} - x_{ij1}) - d1_j^+ + d1_j^- = 1 \quad (59)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij2} - x_{ij4}) - d2_j^+ + d2_j^- = 1 \quad (60)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij2} - x_{ij5}) - d3_j^+ + d3_j^- = 1 \quad (61)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij3} - x_{ij1}) - d4_j^+ + d4_j^- = 1 \quad (62)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij3} - x_{ij4}) - d5_j^+ + d5_j^- = 1 \quad (63)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{ij3} - x_{ij5}) - d6_j^+ + d6_j^- = 1 \quad (64)$$

$$d1_j^+, d1_j^-, d2_j^+, d2_j^-, d3_j^+, d3_j^-, d4_j^+, d4_j^-, d5_j^+, d5_j^-, d6_j^+, d6_j^- \geq 0 \quad (65)$$

Modelde yer alan (12) amaç fonksiyonunu temsil etmektedir. Amaç fonksiyonunda sapma değişkenlerinin minimize edilmesi istenmektedir. Problemden, öğlen saatlerinde kütüphane daha yoğun olduğu için (11:00-14:00) ve (14:00-17:00) vardiyalarında çalışan öğrenci sayısının diğer vardiyalardan daha fazla olması hedeflenmektedir. Bu nedenle 6 hedef bulunmaktadır. Örneğin birinci hedef şu şekildedir. "Hedef 1: 2. vardiyada çalışan öğrenci sayısının 1. vardiyadan fazla olmasıdır." Burada yer alan hedef, ulaşılmak istenilen düzeyden eşit veya daha fazlası olduğu için, negatif sapmanın minimum değerde olması gereklidir. Tüm hedefler benzer şekildedir. Bu nedenle amaç fonksiyonunda negatif sapma değerleri minimize edilmiş, pozitifler yer almamıştır. Sapma değişkenlerinin ağırlıkları olarak AHP yöntemiyle Bölüm 5.2'te elde edilen değerler kullanılmaktadır. Kısıt (13), her öğrencinin günde bir vardiyaya atanmasını ya da hiç atanmamasını sağlamaktadır. Kısıt (14) her öğrencinin haftanın 4 günü çalışmasını sağlamaktadır. Kısıt (15) de bir vardiyada çalışması gereken öğrenci sayısının 7'den büyük olmasını, Kısıt (16) ise vardiyada çalışması gereken öğrenci sayısının 2'den az olmasını engellemektedir. Kısıt (17)'den (58)'e kadar olan kısımlarda ise her öğrencinin ders programlarından kaynaklı atanamayacağı vardiyalar yer almaktadır. Kısıt (59)'dan (64)'e kadar olan kısıtlar ile kütüphane öğle saatlerinde daha kalabalık olduğu için 2. vardiya ve 3. vardiyada çalışan öğrenci sayısının diğer vardiyalarda çalışan öğrenci sayısından fazla olması sağlanmaktadır.

Geliştirilen model 1482 değişken ve Modelin çözümünde "Intel (R) Core (TM) i5-4210M CPU@2.60 GHz" işlemcili, 6 GB bellek ve Windows 10 işletim sistemine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. İlgili verilerin girilmesiyle model GAMS 23.5 paket programında yazılmış ve çözülmüştür. Model 42 öğrenci için haftanın 7 günü ve her gün 5 vardiya için çözülmüştür. Çözüm sonucunda haftalık bir çalışma planı oluşturulmuştur. Bu çalışma planı Tablo 4'te verilmiştir.

Her sayı bir öğrenciyi temsil etmektedir. Öğrencilerin haftalık ders programları ve diğer kısıtları dikkate alınarak dengeli bir şekilde atanmaları sağlanmıştır. Mevcut modelin kısıt sayısı 490, değişken sayısı 1554 olup öğrenci sayısı arttıkça bu sayılar

daha da artacaktır. Bu şekilde problemin çözüm süresi uzayacak ve programın hesaplaması zorlaşacaktır. Ancak birim olarak öğrenci çalışan sayısının daha fazla artırılması düşünülmeyeceği için bu sonuçlar şu an yeterlidir. Sayının fazlaşması durumunda çözüm için sezgisel yöntemler kullanılabilir.

6 Sonuç

Bu çalışmada bir üniversitenin merkez kütüphanesinde kısmi zamanlı çalışan öğrencilerin uygun gün ve vardiyalara atanması problemi ele alınmıştır. Bu problem, her bir vardiyada en az 2, en fazla 7 öğrenci çalışması kısıtının, her öğrencinin haftanın 4 günü çalışabileceği kısıtının ve her öğrencinin ders programlarından kaynaklı özel kısıtların ihlal edilmeden, öğrencilerin planlanması olarak ifade edilen özel bir çizelgeleme problemidir. Bu amaçla öğrencilerin vardiyalara atanmasını sağlamak için her öğrencinin haftalık ders programları ve sistem kısıtları dikkate alınarak, AHP yöntemi ile gerçekleşmesi istenen hedeflerdeki sapmaların ağırlıkları belirlenmiş ve ardından 0-1 tam sayılı ağırlıklı hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Böylece personelin ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamakta zorlanan çizelgelemeler yerine, bilgisayar ortamında makul süreler içinde gerekli kısıtları sağlayarak ihtiyaç duyulan çözümleri verebilecek bir model ve program hazırlanması sağlanmıştır. Geliştirilen model için GAMS 23.5 paket programı kullanılarak 42 öğrencinin çalışma çizelgesi oluşturulmuştur. Sonuç olarak (11:00-14:00), (14:00-17:00) vardiyalarında çalışan öğrenci sayısının diğer vardiyalarda çalışan öğrenci sayısından fazla olması hedefinin ve diğer kısıtların sağlandığı görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında AHP ile entegre edilen hedef programlama yönteminin sunduğu avantajların oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi birden fazla amaca sahip modeller hedef programlama ile çözülebilir. Doğrusal programlamada çözüm bulunmadığında, hedef programlama ile uygun bir çözüme yakın sonuç elde edilebilir. Hedef programlama kullanıcıya, amacın öncelikleri (üstünlükleri) bakımından en uygun bir çözüm sunarken, birbirine zıt amaçların amaç fonksiyonunda yer almasına fırsat vermez. Hedef programlamada kullanılan simpleks yöntemi sayesinde hesaplamaların hızlı ve sonuçların etkin olması sağlanır. Bu çalışmada ayrıca AHP yöntemiyle, farklı önemlere sahip hedeflerin kendi önemlerine göre ağırlık olarak karar vermede bu ağırlıkların da dahil edilmesi sağlanmıştır. Bu avantajların yanı sıra karar vericiler tarafından belirlenen hedef değerlerin subjektif bir nitelik taşıması nedeniyle, elde edilen sonuç her zaman beklenen veya istenilen sonuçları doğurmayabilir. Bu nedenle hedef programlama kullanılırken bu dezavantajlar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışma ile vardiya çizelgelemenin farklı bir alanda uygulaması yapılmıştır. Problem hem AHP hem de hedef programlama ile bütünleşmiş bir şekilde çözülmüş, elde edilen sonuçlar çalışanların çizelgelemesi açısından kütüphane yönetimine kolaylık sağlamış, çalışanları memnun etmiştir.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, farklı programlar kullanılarak öğrencilerin ilave isteklerini dikkate alan yeni kısıtlar ve yeni hedefler eklenmesi planlanmaktadır. Modelin orta ve büyük ölçekli problemlere uygulanması zordur, çünkü hesaplamalarda bilgisayarın fazla çalışma süresi ve hafızaya gereksinimi olacaktır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda meta-sezgiseller kullanılarak daha kısa sürede hesaplama yapılabilir. Ayrıca grafik ara yüzü kullanılarak daha kullanıcı dostu bir hesaplama yöntemi oluşturulabilir.

Tablo 4. Haftalık çalışma planı.

Table 4. Weekly work plan.

Saatler	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
08:00-11:00	1	18	7	4	27	23	3
	19	21	22	8	42	31	7
	28					39	34
							42
11:00-14:00	4	2	6	2	2	6	19
	25	3	11	21	3	13	26
	27	4	16	22	6	18	29
	42	6	17	36	12	25	31
		22	18	37	14	26	32
		35	20		20	28	38
		37		29	37	39	
14:00-17:00	7	11	1	3	5	10	12
	22	20	14	28	7	11	14
	37	25	15	29	11	15	15
	38	27	21	38	32	30	23
	40	34	39		34	34	33
		38	41		40	40	40
		39		41	41	41	
17:00-20:00	5	5	13	5	4	9	2
	35	8	25	23	8	17	9
		9	30	31	9	19	16
		10	32		15	24	30
		13	36		31	26	20
		19		33	32		
					42		
20:00-23:00	3	1	8	12	10	1	10
	14	17	12	17	16	16	24
	29	24	33	33	18	35	27
		26	35		21		28
		30			23		36
		36		24			

7 Conclusions

In this study, the problem of assigning part-time students in the central library of a university to suitable days and shifts is addressed. This problem is a special scheduling problem that is expressed as the planning of students without violating the restriction of at least 2 and a maximum of 7 students working in each shift, the restriction that each student can work 4 days a week, and the special constraints of each student due to the curriculum. For this purpose, in order to ensure that students are assigned to shifts, taking into account the weekly course schedules and system constraints of each student, the weights of the deviations in the goals to be achieved with the AHP method were determined and then a 0-1 weighted goal programming model was developed. Thus, instead of scheduling difficulties in meeting the needs and demands of the personnel, a model and program were prepared in the computer environment within reasonable periods of time to provide the required solutions. For the developed model, 42 students' work schedules were created by using the GAMS 23.5 package program. As a result, it is seen that the target and other constraints have been achieved to have more students working in (11: 00-14: 00), (14: 00-17: 00) shifts than the number of students working in other shifts.

Considering the results obtained, it is understood that the advantages offered by the goal programming method integrated with AHP are quite high. As in this study, models with more than one purpose can be solved by goal

programming. While there is no solution in linear programming, a result close to a suitable solution can be obtained with goal programming. Goal programming provides the user with the most appropriate solution in terms of the priorities (advantages) of the goal, while allowing opposing goals to take place in the goal function. Thanks to the simplex method used in goal programming, calculations are fast, and results are effective. In this study, it was also provided to include these weights in decision-making by taking weight of goals with different importance according to their own importance with the AHP method. In addition to these advantages, since the target values determined by the decision makers have a subjective nature, the results obtained may not always produce the expected or desired results. Therefore, these disadvantages should be considered while using goal programming.

With this study, shift scheduling has been applied in a different area. The problem was solved in an integrated way with both AHP and goal programming, the results obtained facilitated the library management in terms of scheduling the employees and pleased the employees.

8 Kaynaklar

- [1] Topaloğlu S, Özkarahan I. "An implicit goal programming model for the tour scheduling problem considering the employee work preferences". *Annals of Operations Research*, 128(1-4), 135-158, 2004.

- [2] Bergh JV, Beliën J, Bruecker PD, Demeulemeester E, Boeck LD. "Personnel scheduling: A literature review". *European Journal of Operational Research*, 226(3), 367-385, 2013.
- [3] Mendoza GA, Prabhu R. "Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: A case Study". *Forest Ecology and Management*, 131(1-3), 107-126, 2000.
- [4] Greene R, Devillers R, Luther JE, Eddy BG. "GIS-based multiple-criteria decision analysis". *Geography Compass*, 5(6), 412-432, 2011.
- [5] Ahern A, Anandarajah G. "Railway projects prioritisation for investment: Application of goal programming". *Transport Policy*, 14(1), 70-80, 2006.
- [6] Saaty TL. *The analytic Hierarchy Process*. New York, USA, McGraw-Hill, 1980.
- [7] Arthur JL, Ravindran A. "A multiple objective nurse scheduling model". *AIIE Transactions*, 13(1), 55-60, 1981.
- [8] Chen JG, Yeung TW. "Hybrid expert system approach to nurse scheduling". *Computers in Nursing*, 11(4), 183-90, 1993.
- [9] Berrada I, Ferland JA, Michelon P. "A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints". *Socio-Economic Planning Sciences*, 30(3), 183-193, 1996.
- [10] Azaiez MN, Al-Sharif SS. "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling". *Computers and Operations Research*, 32(3), 491-507, 2005.
- [11] Jenal R, İsmail WR, Yeun LC, Oughalime A. "A cyclical nurse schedule using goal programming". *ITB Journal of Science*, 43(3), 151-164, 2011.
- [12] Li J, Burke ES, Curtois T, Petrovic S, Qu R. "The falling tide algorithm: A new multi objective approach for complex workforce scheduling". *Omega*, 40(3), 283-293, 2012.
- [13] Bağ N, Özdemir NM, Eren T. "0-1 Hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü". *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 2-6, 2012.
- [14] Atmaca E, Pehlivan C, Aydoğdu B, Yakıcı M. "Hemşire çizelgeleme problemi ve uygulaması". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(4), 351-358, 2012.
- [15] Wang SP, Hsieh YS, Zhuang ZY. "Solving an outpatient nurse scheduling problem by binary goal programming". *Journal of Industrial and Production Engineering*, 31(1), 41-50, 2014.
- [16] Agyei W, Obeng-Denteh W, Andaam EA. "Modeling nurse scheduling problem using 0-1 goal programming: A case study of tafo hospital, Sumasi-Ghana". *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(3), 5-10, 2015.
- [17] Elomri A, Elthlatiny S, Mohamed ZS. "A goal programming model for fairly scheduling medicine residents". *International Journal of Supply Chain Management*, 4(2), 6-10, 2015.
- [18] Sulak H, Bayhan M. "A model suggestion and an application for nurse scheduling problem". *Journal of Research in Business, Economics and Management*, 5(5), 755-760, 2016.
- [19] Varlı E, Eren T. "Hemşire çizelgeleme problemi ve hastanede bir uygulama". *Journal of Engineering and Science*, 5(1), 34-40, 2017.
- [20] Varlı E, Ergişi B, Eren T. "Özel kısıtlı hemşire çizelgeleme problemi: Hedef programlama yaklaşımı". *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 49, 189-206, 2017.
- [21] Aktürk MS, Varlı E, Eren T. "Tam gün vardiyalı ve özel izin istekli hemşire çizelgeleme probleminin hedef Programlama ile çözümü". *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 1-16 2017.
- [22] Uslu B, Bedir N, Gür Ş, Eren T. "0-1 Hedef programlama yöntemi kullanılarak hemşire çizelgeleme probleminin çözümü". *Sağlık Akademisi Kastamonu*, 3(3), 1-23, 2018.
- [23] Taylor PE, Huxley, SJ. "A break from tradition for the San Francisco police: Patrol officer scheduling using an optimization based decision support system". *Franz Edelman Award Papers*, 19(1), 4-24, 1989.
- [24] Todovic D, Makajic-Nikolic D, Sostic-Stankovic, M, Martic M. "Police officer scheduling using goal programming". *Policing: An International Journal*, 38(2), 295-313, 2015.
- [25] Chu SCK. "Generating, scheduling and rostering of shift crew-duties: Applications at the Hong Kong International Airport". *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1764-1778, 2007.
- [26] Chu SCK, Zhu M. (2008), "Data and GP modeling framework for manpower planning the case of fixed-length duties". *2008 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Singaore, 08-11 December 2008.
- [27] Orhan İ, Sapanoğlu M, Karakoç TH. "Hedef programlama ile bütünlük uçak rotalama ve bakım çizelgeleme". *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 11-26, 2012.
- [28] Sungur B. "Bir güzellik salonunun tur çizelgeleme problemi için karma tam sayılı hedef programlama modelinin geliştirilmesi". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(1), 49-64, 2008.
- [29] Lin HT, Chen YT, Chou TY, Liao YC. "Crew rostering with multiple goals: An empirical study". *Computers and Industrial Engineering*, 63(2), 483-493, 2012.
- [30] Bektur G, Hasgöl S. "Kıdem seviyelerine göre işgücü çizelgeleme problemi: Hizmet sektöründe bir uygulama". *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari ve Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 385-402, 2013.
- [31] Aly M, Louly O. "A goal programming model for staff scheduling at a telecommunications center". *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, 12(2), 167-178, 2013.
- [32] Labidi M, Mrad M, Gharbi A, Louly MA. "Scheduling IT Staff at a Bank: A Mathematical Programming Approach". *Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal*, 10, 1-10, 2014.
- [33] Ünal FM, Eren T. "Hedef programlama ile nöbet çizelgeleme probleminin çözümü". *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 4(1), 28-37, 2016.
- [34] Özder EH, Varlı E, Eren T. "Hedef programlama yaklaşımı ile temizlik personeli çizelgeleme problemi için bir model önerisi". *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 14-127, 2017.
- [35] Davras GM. "Konaklama işletmelerinde alternatif vardiya çizelgeleme modeli". *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 471-489, 2017.
- [36] Yelek A, Demirel B, Alağaç HM, Eren T. "Kısmi zamanlı çalışan personellerin çizelgelenmesi: Kırıkkale Üniversitesi Merkez Kütüphanesi örneği". *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 313-330, 2018.
- [37] Ciritöğlü C, Akgün S, Varlı E, Eren T. "Kırıkkale Üniversitesi güvenlik görevlileri için vardiya çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi". *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(2), 1-23, 2017.

- [38] Demirel B, Yelek A, Alağaç HM, Eren T. "Ankaray güvenlik personelinin vardiya çizelgeleme probleminin hedef programlama yöntemi ile çözümü". *Demiryolu Mühendisliği Dergisi*, 8(8), 1-17, 2018.
- [39] Özcan EC, Varlı E, Eren T. "Hidroelektrik santrallerde vardiya çizelgeleme problemleri için hedef programlama yaklaşımı". *Bilişim Teknolojisi Dergisi*, 10(4), 363-370, 2017.
- [40] Özder EH, Özcan E, Eren T. "Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant". *Mathematics*, 7(2), 1-26, 2019.
- [41] Topaloğlu Ş. "A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents". *Computers and Industrial Engineering*, 51(3), 375-388, 2006.
- [42] Güler MG. "A hierarchical goal programming model for scheduling the outpatient clinics". *Expert System with Applications*, 40(12), 4906-4914, 2013.
- [43] Güler MG, İdin S, Güler EY. "A Goal Programming model for scheduling residents in an anesthesia and reanimation department". *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, 12(2), 167-178, 2013.
- [44] Ünal FM. Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama ile Nöbet Çizelgeleme Probleminin Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2015.
- [45] Chen PS, Lin YJ, Peng NC. "A two-stage method to determine the allocation and scheduling of medical staff in uncertain environments". *Computers and Industrial Engineering*, 99, 174-18, 2016.
- [46] Bedir N, Eren T, Dizdar EN. "Ergonomik personel çizelgeleme ve perakende sektöründe bir uygulama". *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(3), 657-674, 2017.
- [47] Aksakal E, Dağdeviren M. "Yetenek yönetimi temelli personel atama modeli ve çözüm önerisi". *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 249-262, 2015.
- [48] Varlı E, Eren T. "Vardiya çizelgeleme problemi ve bir örnek uygulama". *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 185-197, 2016.
- [49] Türkoğlu SP. "Karar vermede hedef programlama yöntemi ve uygulamaları". *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 29-46, 2017.
- [50] Özcan U, Toklu B. "Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models". *Computers and Operations Research*, 36(6), 1955-1965, 2009.
- [51] Sinha B, Sen N. "Goal programming approach to tea industry of Barak Valley of Assam." *Applied Mathematical Sciences*, 5(29), 1409-1419, 2011.
- [52] Ignizio JP, Romero C. "Goal programming". *Encyclopedia of information systems*, 2, 489-500, 2003.
- [53] Tamiz M, Jones D, El-Darzi E. "A review of goal programming and its applications". *Annals of Operations Research*, 58(1), 39-53, 1995.
- [54] Tamiz M, Jones D, Romero C. "Goal Programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art". *European Journal of Operational Research*, 111(3), 569-581, 1998.
- [55] Jones DF, Tamiz M. *Goal Programming in the Period 1990-2000*. Editor: Gandibleux X. Multiple Criteria Optimization State of the Art Annotated Bibliographic Surveys, 129-170, Berlin, Germany, Springer, 2003.
- [56] Azmi R, Tamiz M. *A Review of Goal Programming for Portfolio Selection*. Editors: Jones M, Ries J. (Eds): New Developments in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 638, 15-34, Berlin, Germany, Springer, 2010.
- [57] Öztürk A. *Yöneylem Araştırması*. Bursa, Türkiye, Ekin Yayınevi, 2009.
- [58] Jones D, Tamiz M. *Practical Goal Programming*. New York, USA, Springer, 2010.
- [59] Charnes A, Cooper WW. "Goal programming and multiple objective optimizations". *European Journal of Operational Research*, 1(1), 39-54, 1977.
- [60] Saaty TL, Niemira MP, "A framework for making a better decision". *Research Review*, 13(1), 1-4, 2006.
- [61] Saaty TL. "How to make a decision: The analytic hierarchy process". *European Journal of Operations Research*, 48(1), 9-26, 1989.
- [62] Özbek A. *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Çözümü*. 1. Baskı, Ankara, Türkiye, Seçkin Yayıncılık, 2007.

EKA

1 No.lu öğrencinin haftalık ders programı.

Weekly course schedule of student No. 1.

	1.Ders	2.Ders	3.Ders	4.Ders	5.Ders	6.Ders	7.Ders	8.Ders	9.Ders	10.Ders	11.Ders
Pazartesi											
Salı			MAKRO İKTİSAT - II		TEKNOLOJİ (UZAKTAN EĞİTİM)			MİKRO İKTİSAT - II			
Çarşamba			REGRESYON ANALİZİ								
Perşembe					MATEMATİKSEL İSTATİSTİK - II						
Cuma											