



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

0-1 Tamsayılı Programlama İle Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Çözümü: Bir Yükseköğretim Kurumunda Uygulama

A 0-1 Integer Programming Model For Solving Course Scheduling Problem: Application in a University

Yazar(lar) (Author(s)): Cemre TAŞ, Neşet BEDİR, Tamer EREN

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Taş C., Bedir N. ve Eren T., “ 0-1 Tamsayılı Programlama İle Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Çözümü: Bir Yükseköğretim Kurumunda Uygulama”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 166-175, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

0-1 Tamsayılı Programlama İle Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Çözümü: Bir Yükseköğretim Kurumunda Uygulama

Cemre TAŞ¹, Neşet BEDİR², Tamer EREN^{3*}

^{1,2,3} Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 71450, Kırıkkale, Türkiye

*e-posta: tamereren@gmail.com

Geliş Tarihi: 13.05.2018

Kabul Tarihi: 11.11.2018

Özet

Üniversiteler ülkelerin kalkınmalarında çok önemli bir yer teşkil etmektedirler. Bilimsel araştırmaların yanı sıra ülkenin eğitim, sağlık, savunma, mühendislik gibi alanlarında çalışmak üzere gençleri yetiştirme görevini üstlenmektedir. Üniversitelerde ders programı hazırlanması gerek öğretim üyeleri için gerek de öğrenciler için oldukça önemlidir. Derslerin verimli olabilmesi için ders programlarının analitik bir bakışla planlanması gerekmektedir. Ders programının hazırlanmasında ders veren akademik personelin gün tercihlerinin dikkate alınması ve benzeri kriterler motivasyonun dolayısıyla da ders veriminin artmasına katkısı bulunur. Bu amaçla Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde ders programı çizelgeleme problemi akademik personelin gün tercihleri gibi kriterler dikkate alınarak ele alınmıştır. Bölümde normal ve ikinci öğretimde toplam 58 ders, 21 öğretim elemanı bulunmaktadır. Mevcut durum analizinden elde edilen memnuniyet oranında yaklaşık %17 artış göstermiştir. Problemi çözmek için 438.480 değişkenli 553.044 kısıtlı 0-1 tamsayılı programlama modeli kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çizelgeleme, Ders programı, Optimizasyon, 0-1 Tamsayılı programlama

A 0-1 Integer Programming Model For Solving Course Scheduling Problem: Application in a University

Abstract

Universities are a very important place in the development of countries. In addition to scientific research, he is responsible for training young people to work in fields such as education, health, defense and engineering of the country. Preparing a curriculum at universities is very important for the academic members as well as for the students. In order for the courses to be fruitful, the curriculum needs to be planned analytically. In the preparation of the course program, academic staff should take into account the preferences of the day and similar criteria will contribute to increase the efficiency of the course by the end of the motivation. For this purpose, the curriculum scheduling problem of Kırıkkale University Department of Industrial Engineering was dealt with by considering criteria such as day preferences of academic staff. The department has a total of 58 lessons and 21 teaching staff in the normal and second education. The satisfaction rate from the current situation analysis has increased by about 17%. To solve the problem 438.480 variable 553.044 constrained 0-1 integer programming model was used.

Keywords: Scheduling, Timetabling, Optimization, 0-1 Integer programming

1. Giriş

Ders programı çizelgeleme problemi üniversitelerde her eğitim öğretim döneminde karşılaşılan bir problemdir. Üniversitede ders programı hazırlanırken derslerin mevcut durumuna göre atanacağı sınıflar, öğretim elemanı ile ilgili kısıtlar, zor derslerin aynı güne atanmaması gibi isteklerden dolayı problem karmaşık hale gelmektedir. Bu karmaşık yapısından dolayı optimal çözümü bulmak oldukça zorlaşmaktadır.

Literatürde bu problemi çözmek için yöneylem araştırması tekniklerinden; doğrusal, tamsayılı, 0-1

tamsayılı, hedef programlama gibi yöntemler kullanılmıştır.

Bu çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünün Güz yarıyılı için ders programı hazırlanmıştır. Ders programı hazırlanırken 11'i bölüm içi 10'u dışardan olmak üzere bölümde ders veren toplam 21 akademisyenin gün tercihlerini göz önünde bulunduran bir ders programı oluşturulmuştur. Program oluşturulmasında öğrenci istekleri de göz önüne alınarak ders yükleri dengelenmiştir. Problem 0-1 tamsayılı programlama

ile modellenmiş ve CPLEX ILOG 12.6.2.0 [33] ile çözülmüştür.

Çalışmanın planı şu şekildedir. İkinci bölümde ders programı çizelgeleme problemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde tamsayı programlama probleminden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde literatürde tamsayı programlama modeli kullanılan ders programı çizelgeleme problemi çalışmaları incelenmiştir. Beşinci bölümde yapılan uygulamaya yer verilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar yorumlanmıştır.

2. Ders Programı Çizelgeleme Problemi

Çok boyutlu bir atama problemi olan ders programı çizelgeleme problemi; ders, öğretim üyesi ve derslik gibi sınırlı sayıda kaynağın verimli kullanılması olarak ifade edilir. Üniversitelerde ders programı çizelgeleme problemi her dönem karşılaşılan bir problemdir. Bir üniversitenin herhangi bir bölümü veya fakültesine ait ders programı çizelgeleme probleminin çözülebilmesi için öncelikle; ders, derslik ve öğretim üyeleri gibi kaynakların özelliklerinin doğru tanımlanmış olması gerekmektedir. Uygun bir ders programı çizelgesi oluşturabilmek için üniversite derslerinin yapısı, ders

içerikleri ve kullanılan kaynaklar (insanlar ve sınıflar) net bir şekilde Tablo 1’de gösterildiği gibi tanımlanmalıdır.

Tablo 1’de elde edilen veriler için özel kısıtlar oluşturulur. Oluşturulan bu kısıtlar zorunlu ve esnek kısıtlar olarak iki durumda incelenir. Zorunlu kısıtlar; derslerin uygun zaman dilimlerine atanmasını sağlayan çizelgenin oluşturulabilmesi için kesinlikle sağlanması gereken kısıtlardır. Esnek kısıtlar ise zorunlu olmayan, ancak uygulanması halinde çözümün kalitesine katkı sağlayacak nitelikte olan hedefleri ifade etmektedir. Üniversitelerde ders programı çizelgeleme problemlerinde sıklıkla kullanılan zorunlu ve esnek kısıtlar Tablo 2’de gösterilmektedir. Esnek kısıtların kullanım amacı, oluşturulan çizelgelerin kalitesini olabildiğince üst seviyeye çıkarmaktır. Modele ait bu yapılar genellikle amaç fonksiyonu ifadesine öncelik katsayıları ile birlikte dâhil edilerek kullanılmaktadır [1]. Öğretim görevlileri ve öğrenciler ile görüşmeler sonucunda bu problemde öğretim görevlilerin ders günü ve öğrencilerin ders yoğunluğu ile ilgili istekleri dikkate alınmıştır.

Tablo 1. Başlangıç aşamasında toplanması gereken veriler

Ders Bilgileri	Derslik Bilgileri	Öğretim Üyesi Bilgileri	Diğer Bilgiler
Ders saati	Dersliğin kapasitesi	Sorumlu olduğu dersler	Günlük ders saati bilgisi
Zorunlu ve seçmeli dersler	Dersliğin kullanılabilir zaman aralığı	Çalışma durumu	Öğle arası veya ders araları haricinde kalan uygun zaman dilimleri
Dersin öğretim üyesi	Dersliğin özelliği(Laboratuvar vs.)	Ders saati için uygun zaman dilimleri	

Tablo 2 Üniversitelerde ders programı çizelgeleme problemleri için zorunlu kısıtlar

ZORUNLU KISITLAR	ESNEK KISITLAR
Hiçbir öğrenci grubu veya öğretim üyesi aynı zaman diliminde birden fazla ders veya dersliğe atanamaz.	Öğretim üyelerinin olabildiğince tercih ettikleri zaman dilimleri ve dersliklere atanması,
Bir öğrenci grubunun sorumlu olduğu herhangi bir derse birden fazla öğretim üyesi atanamaz.	Herhangi bir öğrenci grubu için gün içinde sadece bir ders atanmasının engellenmesi
Program içerisindeki bütün derslerin atamaları eksiksiz olarak tamamlanmalıdır.	Öğrenci gruplarının ardışık derslerinin atandığı dersliklerin aynı binada olması,
Derslerin atandığı dersliğin kapasitesi, dersten sorumlu öğrenci sayısına eşit veya büyük olmalıdır	Görece kavranması zor derslerin sabah saatlerine atanması,
Herhangi bir dersliğe, aynı zaman dilimi içerisinde birden fazla ders atanamaz.	Gün içerisindeki; ilk ders ve son ders arasındaki sürenin olabildiğince kısa tutulması,
Bir öğretim üyesinin önceden belirlenmiş bir zaman dilimi veya güne atanması gerekebilir.	Programın, haftanın en azından bir gününü boşaltacak şekilde hazırlanması,
	Öğretim üyelerinin ders yüklerinin olabildiğince eşit dağıtılması

3. 0-1 Tamsayı Programlama Yöntemi

Tamsayı programlama, yöneylem araştırmasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Matematiksel programlama modellerinde kısıtlara bağlı olarak amaç fonksiyonunu en iyileyen çözümler aranır. Tamsayı programlamanın matematiksel modeli, doğrusal programlama modeline, değişkenlerin tamsayı olma kısıtının eklendiği model olarak tanımlanabilir. Tamsayı programlama problemlerinin çoğunda değişkenler bir veya sıfır olarak seçilir. Bunun sebebi değişkenlerin bir işin yapılması veya yapılmaması olarak tanımlanmasıdır. Doğrusal programlama problemlerinde sonuçlar genellikle tam sayı olmayan rastgele pozitif sayılardır. Ancak gerçek hayat problemlerinde sonuçların tam sayı olmasını gerektiren durumlar mevcuttur. Örneğin; masa, sandalye gibi üretilecek ürünlerin üretim miktarı tam sayı olarak ifade edilmelidir.

Tüm değişkenlerin 0 ve 1 değerini aldığı bir programlama, tamamen tamsayı programlama olarak isimlendirilir. Eğer değişkenlerin bazıları tamsayı, bazıları kesirli ise söz konusu sorun karma tamsayı programlama adını alır. Bazı durumlarda tamsayı değişkenler sadece 0 veya 1 değerlerini alabilir. Bu tip sorunlar da karma 0-1 programlama veya karma ikili tamsayı programlama olarak isimlendirilir. 0-1 Tamsayı programlama modelinin genel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$z_{enb(enk)} = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} (\leq; =; \geq) b_i \quad i = (1, 2, \dots, m)$$

$$X_{ij} = 1 - 0$$

4. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Bu bölümde ders programı çizelgeleme problemi ile ilgili literatürde yer alan tamsayı modelleme ile yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Akkoyunlu [2] çalışmasında üniversitede bir bölümde ders çizelgesi oluşturmak için doğrusal programlama modeli önermiştir. Harwood ve Lawless [3] ders programı çizelgesi için kurdukları doğrusal programlama modelinde öğretim üyelerinin memnuniyetini göz önünde bulundurmışlardır. Shih ve Sullivan [4] çok dönemli ders çizelgeleme problemini 0-1 programlama

modeli olarak formüle etmektedir. Ders tercihleri ve zaman dilimi gibi kısıtları en iyi seviyede sağlamışlardır. Tripathy [5] çalışmasında Lagrange gevşetmesi tekniğinden yararlanarak çözüme ulaşmıştır. McClure [6] çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak modelde karar değişkenleri, öğretim üyelerine derslerden ziyade eksiksiz öğretim programlarının atanmasını temsil eder. Makalede önerilen model uygulanmak için diğer modeller ile karşılaştırılmaktadır. Ferland ve Roy [7] ders programı çizelgeleme probleminde belirledikleri iki alt problem için matematiksel bir programlama yaklaşımı sunmuşlardır. Laporte ve Desrochers [8] Ecole Polytechnique de Montreal Üniversitesinde ders programı çizelgeleme problemi için öğrenci sayısı ve derslik kapasitesi gibi kısıtları göz önünde bulundurarak bir program tasarladılar. Gosselin ve Truchon [9] çalışmalarında derslik tahsisi için doğrusal bir programlama modeli önermişlerdir. Dinkel [10] çalışmasında akademik ders çizelgeleme probleminin en genel biçimi olan ağ tabanlı bir karar destek sistemi yaklaşımı sunmuştur. Johnson [11] bir eğitim kurumunda zaman çizelgesi oluşturma görevi için bilgisayar destekli destek sistemlerini araştırmıştır. Loughborough Üniversitesi İşletme Fakültesi'nde uygulanmış ve çok etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Ferland ve Fleurent [12] çalışmalarında zaman çizelgesinde insan faktörünü dikkate alarak bir karar destek sistemi geliştirmişler. Geliştirilen sistem o yıllarda Montreal ve Sherbrooke'daki iki büyük Kanada Üniversitesinde kullanılmıştır. Badri [13] çalışmasında ders programı çizelgeleme problemi için çok amaçlı 0-1 tamsayı programlama modeli kurmuştur. United Arab Emirates Üniversitesinde uygulanan model ile başarılı sonuç elde etmiştir. Boronico [14] çalışmasında Monmouth Üniversitesi İşletme Fakültesi'ndeki yöneticilere lisans dersi programlamasına yardımcı olan çok amaçlı hiyerarşik bir matematiksel model sunmuştur. Dimopoulou ve Miliotis [15] çalışmalarında ders-sınav takvimi çizelgesinin oluşturulmasına yardımcı olmak için PC tabanlı bir bilgisayar sistemini tasarlamış ve uygulanmışlardır. Tüm sistem esneklik ve kullanıcı tarafından belirtilen koşullara kolay uyum sağlamasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışma Atina Ekonomi ve İşletme Üniversitesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Baker vd. [16] ders programı çizelgeleme problemi için hem tamsayı

programlama hem de sınırlama programlama modelleri önermektedirler. Özdemir ve Gasimov [17] çalışmalarında 0-1 doğrusal olmayan çok amaçlı programlama problemi olan genel bir model sunmuşlardır. Sorunların çözümü için Analitik Hiyerarşi Süreci, skalerizasyon ve alt dereceli yöntemden oluşan yeni geliştirilmiş üç adımlı bir süreç uygulamışlardır. Martin [18] çalışmasında Ohio Üniversitesi İşletme Fakültesi için tamsayı programlama modeli ile ders programı çizelgesi oluşturmuştur. Şahin [19] Türk Harp Akademisi'nde ders programı çizelgesi problemini çözmek için bir hedef programlama modeli önermiştir. Önerilen model akademisyenlerin tercihlerinden ve öğretim yüklerinden sapmaları en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Daskalaki ve Birbas [20] çalışmalarında gerçek problemlerin boyutundan kaynaklanan hesaplama zorluklarından dolayı çizelgeleme probleminde tamsayı programlama modelini verimli bir şekilde çözen iki aşamalı gevşeme prosedürünü uygulamışlardır. Çizelgenin kalitesinde bir değişiklik olmadan hesaplama zamanında ciddi oranda bir iyileşme olduğunu gözlemlemişlerdir. Avella ve Vasiliev [21] ders programı çizelgeleme problemi için kesme düzlemi algoritması kullanmışlardır. Çalışmalarında, en fazla 69 ders, 59 öğretmen ve 15 sınıf ile en iyi çözümün üretilebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Sarin vd. [22] çalışmalarında üniversitenin kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak için ders programı çizelgesinde Benders yaklaşımıyla modelleme kullanmışlardır. Günalay ve Şahin [23] ders programı çizelgeleme için karar destek sistemi geliştirmişler ve örnek bir uygulama ile test etmişlerdir. MirHassani [24] çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayı programlama formülasyonu sunmuştur. Modelde çoğu akademik kurumda bulunan bir takım kural ve gereksinim için kısıtlamalar getirmiştir. Ismayilova vd. [25] çalışmalarında ders programı çizelgeleme problemi için oluşturdukları 0-1 tamsayı modeli, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemleri ile önem derecelerinin testini yapmışlardır. Schimmelpfeng ve Helder [26] Almanya'daki bir Üniversitenin ders programı çizelgesi için tamsayı programlama modeli kullanmışlardır. Burke vd. [27] çalışmalarında ders programı çizelgeleme için ceza kuralları ile çalışan yeni tamsayı programlama formülasyonu kullanmışlardır. Bakır ve Aksop [28] mevcut bir ders

çizelgeleme problemini 0-1 tamsayı programlama ile modellemişlerdir. Çalışmalarını Gazi Üniversitesi İstatistik Bölümü ders programı için yapmışlardır. Öğrencilerin ve öğretim üyelerinin memnuniyeti ön planda tutulmuştur. Ayrıca üretilen model, yeni kurallar ve kriterlerin benimsenmesi açısından esnekliğe sahiptir. Van Den Broek vd. [29] çalışmalarında gerçek bir ders programı çizelgeleme problemi için sorunları dört alt problem olarak ele almışlar ve tamsayı programlama modeli kurmuşlardır. Çalışmalarının sonunda rapor sunmuşlardır. Sarin vd. [30] ders programı çizelgeleme problemi için oluşturdukları tamsayı programlama modelini Virginia Tech Üniversitesinde uygulamışlar ve ders programının kalitesindeki iyileşmeyi gözlemlemişlerdir. Cacchiani vd. [31] ders programı çizelgeleme probleminde alt sınırların belirlenmesinde yeni bir yöntem önermişler ve bulunan yöntemin literatürde bulunan önceki yöntemlerden çok daha iyi bir sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. Altunay ve Eren [32] Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü için güz dönemi ders programını hazırlamışlardır. Çalışmada öğretim elemanlarının ders yüklerini, ders günü isteklerini de ele alarak hangi öğretim elemanın hangi derse ne zaman atacağına karar veren bir model önermişlerdir.

5. Bir Yükseköğretim Kurumunda Uygulama

Bu çalışmada üniversitede ders programı çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Literatürden ders programı çizelgelemeye örnek çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada mevcut yöntem endüstri mühendisliği bölümüne uygulanmıştır.

5.1 Problemin tanımlanması

Uygulamada Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde ders programı çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Bölümde 10'u öğretim üyesi olmak üzere 15 akademik personel bulunmaktadır. Bölüm 1999 yılından itibaren eğitim-öğretim faaliyetlerinde bulunmaktadır. Ders programı hazırlanırken öğretim elemanlarının tercihlerini göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca öğrencilerin ders yükünün dengelendiği bir ders programı hazırlanmıştır.

5.2 Problem verilerinin toplanması

Endüstri Mühendisliği Bölümünde örgün öğretim programında 9 ders 1. sınıfta, 6 ders 2. sınıfta, 6 ders 3. Sınıfta, 4 derste 4. Sınıfta olmak üzere toplamda 25 zorunlu (Z) ders verilmektedir. Bölümde aynı zamanda ikinci öğretim programı olduğundan aynı dersler akşam programında da açılmaktadır. 3. Sınıflar üniversitenin ortak seçmeli derslerinden 1 tane sosyal seçmeli (SS) ders almaktadır. 4. Sınıflar ise teknik seçmeli(S) 6 dersten 2 ders almaktadır. Endüstri Mühendisliği Bölümünde verilen dersler Tablo 3’de gösterilmektedir.

Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde ders veren 1 Prof. Dr., 4 Doç. Dr., 5 Yrd. Doç. Dr. ve 1 Arş. Gör. Dr. olmak üzere 11 öğretim elemanı bulunmaktadır. Alan dışında ise üniversitenin diğer bölümlerinden 10 öğretim

elemanı bölümde ders vermektedir. Bölüme mühendislik fakültesinde 1 laboratuvar, 4 amfi ve 6 sınıf olmak üzere 11 derslik tahsis edilmiştir. Ayrıca Türk Dili-1 ve AİTT-1 dersleri uzaktan eğitim sisteminden verilmektedir. Endüstri mühendisliğine ait derslikler Tablo 4’de gösterilmektedir.

Derslerin yapısına göre kullanılan derslik farklılık göstermektedir. Örneğin Esnek imalat sistemleri dersi laboratuvar ortamında verilmesi gerek bir ders olduğundan Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (CIM) laboratuvarında verilmektedir. Diğer bir örnek olarak AİTT-1 dersi internet ortamında çevrimiçi olarak verildiği için Uzaktan Eğitim Sistemi’ni kullanmaktadır. Derslerin hangi dersliklerde yapılabileceği Ek-1 de gösterilmektedir.

Tablo 3. Endüstri Mühendisliği Bölümü Güz Yarıyılı dersleri

1. SINIF		2. SINIF		3. SINIF		4. SINIF	
TBTK	Z	İş Etüdü	Z	Yönetim Bilgi Sistemleri	Z	Mühendislik Ekonomisi	Z
Türk dili-I	Z	Maliyet Muhasebesi	Z	Yöneylem Araştırması-1	Z	Üretim Sistemleri	Z
Mühendisliğe Giriş	Z	Lineer Cebir	Z	Üretim Planlama-1	Z	AİTT-1	Z
Teknik Resim	Z	Statik ve Mukavemet	Z	Benzetim	Z	Endüstri Projesi 1	Z
Fizik	Z	Bilgisayar Programlama	Z	Malzeme	Z	Çizelgeleme	S
Matematik-I	Z	Olasılık	Z	Araştırma Projesi-1	Z	Esnek İmalat Sistemleri	S
İngilizce-I	Z			Sosyal Seçmeli	SS	Enerji Sistemleri Planlaması	S
Ölçme Teknikleri	Z					Yalın 6 Sigma	S
Ekonomi	Z					Montaj Hattı Dengeleme	S
						Yön. Arş. Özel Konular	S

Tablo 4. Endüstri Mühendisliği Derslikleri

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Derslik	A100	A200	CIM	D001	D002	D100	D102	D103	D208	DUMLUPINAR	SAKARYA	UE

5.3 Öğretim elemanları ve öğrencilerin isteklerinin alınması

Bölümde ders veren öğretim elemanları ile yapılan görüşmeler sonucunda öğretim elemanlarının ders programı hazırlanırken isteklerinin ders günü olduğu saptanmıştır. Ders günü istekleri Tablo 5'te gösterilmektedir. Öğretim elemanlarının gün tercihleri 1-5 skalasında değerlendirilmiştir. Burada öğretim elemanlarının 5 puan vermesi, o günün öncelikli olarak ders ataması yapılmasını ifade etmektedir.

Öğrenciler ile yapılan görüşmelerde öğrencilerin motivasyonunu etkileyen önemli faktörlerden birinin ders yoğunluğu olduğu saptanmıştır. Bu problemin giderilmesi amacıyla 3 saat ve daha fazla sürede olan derslerden her gün en fazla iki tane verilmesi sağlanmıştır.

Tablo 5. Öğretim elemanlarının gün tercihleri

Öğrt. Üy.	Gün				
	1	2	3	4	5
1	5	4	3	2	1
2	5	4	3	2	1
3	5	4	3	2	1
4	5	5	5	5	5
5	4	5	5	5	1
6	2	5	4	2	1
7	5	5	5	1	1
8	5	5	5	5	3
9	5	5	5	5	5
10	1	1	1	1	5
11	5	5	5	4	4
12	3	3	3	3	3
13	5	5	1	1	1
14	5	4	3	2	1
15	4	4	4	4	4
16	3	3	3	5	4
17	4	4	5	4	4
18	4	4	5	4	4
19	4	4	5	4	4
20	4	4	5	4	4
21	3	3	3	5	5

5.4 Matematiksel modelin kurulması

Notasyon ve parametreler:

i =Öğretim üyesi=1,2,...,n	$n=21$
j =Ders=1,2,...,m	$m=58$
k =Derslik=1,2,...,x	$x=12$
l =Gün=1,2,...,y	$y=5$
m =Zaman dilimi=1,2,...,z	$z=6$

A_{ij} =i. öğretim elemanının j. dersi verebilme durumu

$$\forall i, j$$

B_{kj} = k. dersliğin j. Dersin koşullarına uygunluğu

$$\forall k, j$$

T_{il} = Her bir öğretim elemanı için oluşturulan gün bazındaki tercih matrisi (her bir öğretim üyesi için daha çok tercih edilen günler daha yüksek tercih değeri almaktadır).

$$\forall i, l$$

C_j =

j. dersin ders yükünün 3 veya daha büyük olması durumu

$\forall j$

D_{mj} = m. zaman diliminde j. dersin yapılabiliğini gösteren parametre $\forall j, m$

Karar değişkeni:

$$X_{ijklm} \begin{cases} 1, i. \text{ öğretim elemanı, } j. \text{ dersi, } k. \text{ derslikte,} \\ l. \text{ gün, } m. \text{ zaman dilimine atanırsa} \\ 0, \text{ diğer durumda} \end{cases} \forall i, j, k, l, m$$

Amaç fonksiyonu

$$\text{Maksimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^x \sum_{l=1}^y \sum_{m=1}^z T_{il} * X_{ijklm}$$

Literatürdeki benzer çalışmalar dikkate alınarak amaç fonksiyonunda öğretim üyelerinin memnuniyeti göz önünde bulundurulmuştur. Öğrencilerin istekleri kısıt olarak değerlendirilmiştir.

Kısıtlar:

Her öğretim elemanı için herhangi bir gün, herhangi bir zaman diliminde yalnızca bir dersi bir derslikte vermesi durumunu gösteren kısıt:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^x X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall i, l, m \quad (1)$$

Herhangi bir derslikte, herhangi bir gün, herhangi bir zaman diliminde yalnızca bir dersi bir öğretim elemanının vermesi durumunu gösteren kısıt:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall k, l, m \quad (2)$$

Herhangi bir dersi yalnızca bir gün, bir zaman diliminde bir öğretim elemanının vermesi durumunu gösteren kısıt:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^x \sum_{l=1}^y \sum_{m=1}^z X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall j \quad (3)$$

Her dersin mutlaka verilmesini gösteren kısıt:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^x \sum_{l=1}^y \sum_{m=1}^z A_{ij} X_{ijklm} = 1 \quad \forall j \quad (4)$$

Her ders, dersin gerekliliklerine uygun dersliklerde verilmesini sağlayan kısıt:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^x \sum_{l=1}^y \sum_{m=1}^z B_{jk} X_{ijklm} = 1 \quad \forall j \quad (5)$$

Normal öğretim derslerinin sabah ders dilimlerine (1,2,3) ikinci öğretim derslerinin akşam ders dilimlerine (4,5,6) atanmasını sağlayan kısıt:

$$X_{ijklm} \leq D_{mj} \quad \forall i, j, k, l, m \quad (6)$$

Çalışmada 1-9 1. sınıf normal öğretim, 10-18 1. sınıf ikinci öğretim, 19-24 2. sınıf normal öğretim, 25-30 2. sınıf ikinci öğretim, 31-35 3. sınıf normal öğretim, 36-40 3. sınıf ikinci öğretim, 41-49 4. sınıf normal öğretim, 50-58 4. sınıf ikinci öğretim derslerini ifade etmektedir. Herhangi bir sınıfa(1.,2.,3.,4. Sınıf Normal Öğretim, İkinci Öğretim) bir zaman diliminde atanabilecek ders sayısı kısıtı:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{18} \sum_{k=1}^x X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall l, m \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=19}^{30} \sum_{k=1}^x X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall l, m \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=31}^{40} \sum_{k=1}^x X_{ijklm} \leq 1 \quad \forall l, m \quad (9)$$

10-23 arasında belirtilen kısıtlar 4. Sınıf derslerinin aynı anda olmaması gerekliliği kısıtıdır. 16 ve 23 kısıtları seçmeli derslerin en fazla 3 ünün aynı saate konabileceğini gösteren kısıttır.

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(44)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (10)$$

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(45)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (11)$$

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(46)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (12)$$

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(47)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (13)$$

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(48)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (14)$$

$$X_{i(41)klm} + X_{i(42)klm} + X_{i(43)klm} + X_{i(49)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (15)$$

$$X_{i(44)klm} + X_{i(45)klm} + X_{i(46)klm} + X_{i(47)klm} + X_{i(48)klm} + X_{i(49)klm} \leq 3 \quad \forall i, k, l, m \quad (16)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(53)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (17)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(54)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (18)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(55)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (19)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(56)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (20)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(57)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (21)$$

$$X_{i(50)klm} + X_{i(51)klm} + X_{i(52)klm} + X_{i(58)klm} \leq 1 \quad \forall i, k, l, m \quad (22)$$

$$X_{i(53)klm} + X_{i(54)klm} + X_{i(55)klm} + X_{i(56)klm} + X_{i(57)klm} + X_{i(58)klm} \leq 3 \quad \forall i, k, l, m \quad (23)$$

Her gün her sınıfa 3 ve 3 saatten fazla olan 2 ders atanabileceğini gösteren kısıt:

$$\sum_{j=1}^9 \sum_{m=1}^z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (24)$$

$$\sum_{j=10}^{18} \sum_{m=1}^z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (25)$$

$$\sum_{j=19}^{24} \sum_{m=1}^z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (26)$$

$$\sum_{j=25}^{30} \sum_{m=1}^Z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (27)$$

$$\sum_{j=31}^{35} \sum_{m=1}^Z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (28)$$

$$\sum_{j=36}^{40} \sum_{m=1}^Z C_j X_{ijklm} \leq 2 \quad \forall i, k, l \quad (29)$$

5.5 Model çıktısı ve mevcut çizelge ile kıyaslanması

Kurulan matematiksel model CPLEX ILOG 12.6.2.0 programında çalıştırılmıştır. Model 553.044 kısıt altında çözülmüştür. Modelin çözümünde “Intel (R) Core (TM) i5-5200 U CPU@2.2 GH” işlemcisi, 8 GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. Problemin çözüm süresi 19,62 saniyedir. Önerilen ders programı Tablo 6’da gösterilmektedir. Önerilen ders programında sosyal seçmeli ders saati üniversite genelinde aynı olduğu için manuel olarak eklenmiştir. Mevcut durumdaki ders programı bölümün sayfasında bulunmaktadır. Mevcut durumdaki haftalık programa göre akademisyenlerin tercih puanları toplamı 240 iken uygulama sonucunda elde edilen çizelgede amaç fonksiyon değeri 280 olarak hesaplanmıştır. Yapılan uygulama sonucunda öğretim elemanlarının memnuniyetinde yaklaşık %16’lık bir artış sağlanmıştır.

6. Sonuç

Tablo 6. Önerilen haftalık ders programı

	1. SINIF			2. SINIF			3. SINIF			4. SINIF			
	DERS ADI	OGRT GÖR	DERSLİK	DERS ADI	OGRT GÖR	DERSLİK	DERS ADI	OGRT GÖR	DERSLİK	DERS ADI	OGRT GÖR	DERSLİK	
P T E S İ	1	Fizik	K.G. SAKARYA	Olasılık	B.B.	A100	Benzetim	A.K.T	D100	Esnek İmalat Sistemleri	A.A.	CTM	
	2	Teknik Resim	H.M.A.	D102						Mühendislik Ekonomisi	S.E.	A100	
	3	Mühendisliğe Giriş	B.B.	SAKARYA				Yönetim Bilgi Sistemleri	S.E.	A200	Yön. Arş. Özel Konular	A.K.T	DUMLUPINAR
	4	Fizik	K.G. SAKARYA	Olasılık	B.B.	A100	Benzetim	A.K.T	D100	Esnek İmalat Sistemleri	A.A.	CIM	
	5	Teknik Resim	H.M.A.	D102						Mühendislik Ekonomisi	S.E.	A100	
	6	Mühendisliğe Giriş	B.B.	SAKARYA				Yönetim Bilgi Sistemleri	S.E.	A200	Yön. Arş. Özel Konular	A.K.T	D208
S A L I	1	Matematik-1	H.G.	D100			Yöneylem Araştırması-1	Ü.S.S	A100	Montaj Hatı Dengeleme	H.M.A.	D208	
	2	Türk dili-1	B.O.	Uzaktan Eğitim			Üretim Planlama-1	T.E.	D001				
	3	TBTK	V.A.	A200	Maliyet Muhasebesi	K.B.	A100						
	4	Matematik-1	H.G.	D100			Yöneylem Araştırması-1	Ü.S.S	A100	Montaj Hatı Dengeleme	H.M.A.	D208	
	5	Türk dili-1	B.O.	Uzaktan Eğitim			Üretim Planlama-1	T.E.	D001				
	6	TBTK	V.A.	A200	Maliyet Muhasebesi	K.B.	A100						
C A R	1	Ekonomi	S.O.	D001	Lineer Cebir	İ.A.	A100	Malzeme	T.A.	DUMLUPINAR			
	2						ARAŞTIRMA PROJESİ 1				Yalm & Sigma	Ü.S.S	A200
	3	Ölçme Teknikleri	H.M.A.	D002	Statik ve Mukavemet	A.Y.	A200				ENDÜSTRİ PROJESİ 1		
	4	Ekonomi	S.O.	D001	Lineer Cebir	İ.A.	A100	ARAŞTIRMA PROJESİ 1	T.A.	DUMLUPINAR	Yalm & Sigma	Ü.S.S	A100
	5				Statik ve Mukavemet	A.Y.	A200				ENDÜSTRİ PROJESİ 1		
	6	Ölçme Teknikleri	H.M.A.	D002									
P E R	1	İng ilizce-1	M.Ş.	A100							İnkılap-1	M.K.A.	Uzaktan Eğitim
	2										Çizelgeleme	T.E.	D001
	3				Bilg. Programlama	V.A.	SAKARYA	sosyal seçmeli		DUMLUPINAR	Üretim Sistemleri	A.A.	A100
	4	İngilizce-1	M.Ş.	A100				sosyal seçmeli		DUMLUPINAR	İnkılap-1	M.K.A.	Uzaktan Eğitim
	5										Çizelgeleme	T.E.	D001
	6				Bilg. Programlama	V.A.	SAKARYA				Üretim Sistemleri	A.A.	A100
C U M	1										Enerji Sistemleri Planlaması	E.C.Ö.	A100
	2				İş Etiđü	H.M.A.	DUMLUPINAR						
	3												
	4										Enerji Sistemleri Planlaması	E.C.Ö.	A100
	5				İş Etiđü	H.M.A.	DUMLUPINAR						
	6												

Kaynaklar

- [1] Altunay H, Eren T. (2017). "Ders programı çizelgeleme problemi için bir literatür taraması". Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23(1), 55-70.
- [2] Akkoyunlu EA. (1973). "A linear algorithm for computing the optimum university timetable". The Computer Journal, 16(4), 347-350.
- [3] Harwood GB, Lawless RW. (1975). "Optimizing organizational goals in assigning faculty teaching schedules". Decision Sciences, 6(3), 513-524.
- [4] Shih W, Sullivan JA. (1977). "Dynamic course scheduling for college faculty via zero-one programming". Decision Sciences, 8(4), 711-721.
- [5] Tripathy A. (1980). "A lagrangean relaxation approach to course timetabling". Journal of Operations Research Society, 31(7), 599-603.
- [6] McClure RH, Wells CE. (1984). "A mathematical programming model for faculty course assignment". Decision Sciences, 15(3), 409-420.
- [7] Ferland JA, Roy S. (1985). "Timetabling problem for university as assignment of activities to resources". Computers and Operations Research, 12(2), 207-218.
- [8] Laporte G, Desrochers S. (1986). "The problem of assigning students to course sections in a large engineering school". Computational and Operations Research, 13(4), 387-394.
- [9] Gosselin K, Truchon M. (1986). "Allocation of classrooms by linear programming". The Journal of the Operational Research Society, 37(6), 561-569.
- [10] Dinkel JJ, Mote J, Venkataramanan MA. (1989). "An efficient decision support system for academic course scheduling". Operations research, 37(6), 853-864.
- [11] Johnson D. (1993). "A database approach to course timetabling". Journal of the Operational Research Society, 44(5), 425-433.
- [12] Ferland JA, Fleurent C. (1994). "SAPHIR: A decision support system for course scheduling". Interfaces, 24(2), 105-115.
- [13] Badri MA. (1996). "A two-stage multiobjective scheduling model for faculty-course-time assignments". European Journal of Operational Research, 94(1), 16-28.
- [14] Boronico J. (2000). "Quantitative modeling and technology driven departmental course scheduling". Omega, 28(3), 327-346.
- [15] Dimopoulou M, Miliotis P. (2001). "Implementation of a university course and examination timetabling system". European Journal of Operational Research, 130(1), 202-213.
- [16] Baker KR, Magazine MJ, Polak GG. (2002) "Optimal block design models for course timetabling". Operations Research Letters, 30(1), 1-8.
- [17] Özdemir MS, Gasimov RN. (2004). "The analytic hierarchy process and multiobjective 0-1 faculty course assignment". European Journal of Operational Research, 157(2), 398-408.
- [18] Martin CH. (2004). "Ohio University's college of business uses integer programming to schedule classes". Interfaces, 34(6), 460-465.
- [19] Şahin T. Goal Programming Approach to Solve the Timetabling Problem at Turkish Military Academy. Master Thesis, Bilkent University Department of Management, Ankara, Turkey, 2004.
- [20] Daskalaki S, Birbas T. (2005). "Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming". European Journal of Operational Research, 160(1), 106-120.
- [21] Avella P, Vasiliev I. "A computational study of a cutting plane algorithm for university course timetabling". Journal of Scheduling, 8(6), 497-514, 2005
- [22] Sarin SC, Wang Y, Varadarajan A. (2005). "Solving a timetabling Problem Using Benders' Decomposition". 2nd Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2005), New York, USA, 18-21 July.
- [23] Günalay Y, Şahin T. (2006). "A decision support system for the university timetabling problem with instructor preferences". Asian Journal of Information Technology, 5(12), 1479-1484. [28] Bakır MA, Aksop C. (2008). "A 0-1 integer programming approach to a university timetabling problem". Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 37(1), 41-55.
- [24] Mirhassani SA. (2006). "A Computational approach to enhancing course timetabling with integer programming". Applied Mathematics and Computation, 175(1), 814-822.
- [25] Ismayilova NA, Sagir M, Gasimov RN. (2007). "A multiobjective faculty-course-time slot assignment problem with preferences". Mathematical and Computer Modelling, 46(7-8), 1017-1029.
- [26] Schimmelpfeng K, Helber S. (2007) "Application of a real-world university-course timetabling model solved by integer programming". OR Spectrum, 29(4), 783-803.
- [27] Burke EK, Marecek J, Parkes AJ, Rudová H. (2007). "Penalising patterns in timetables: Novel integer programming formulations". International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Saarbrücken, Germany, 5-7 September.
- [28] F. Zhang, T. D. Todd, D. Zhao, and V. Kezys, "Power saving access points for IEEE 802-11 wireless network infrastructure," *Mobile Computing, IEEE Transactions on*, vol. 5, pp. 144-156, 2006.
- [29] Van Den Broek J, Hurkens C, Woeginger G. (2009). "Timetabling problems at the TU Eindhoven". European Journal of Operational Research, 196(3), 877-885.
- [30] Sarin SC, Wang Y, Varadarajan A. (2010). "A university timetabling problem and its solution using benders' partitioning: A case study". Journal of Scheduling, 13(2), 131-141.

- [31] Cacchiani V, Caprara A, Roberti R, Toth P. (2013). "A new lower bound for curriculum-based course timetabling". *Computers & Operations Research*, 40(10), 2466-2477.
- [32] Altunay, H, Eren T. (2016). "Ders programı çizelgeleme problemi için 0-1 tamsayılı programlama modeli ve bir örnek uygulama". *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(6), 473-488.
- [33] Optimizer, I. I. C. (2015). 12.6. 3. IBM ILOG.