

TELAFİ DERSİ ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN (TDÇP) MATEMATİKSEL MODELLE ÇÖZÜMÜ: GERÇEK BİR UYGULAMA

Ukbe Üsame UÇAR, Selçuk Kürşat İŞLEYEN

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara
ukbeusameucar@gmail.com , islevens@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 22.07.2015; Kabul/Accepted: 18.03.2016)

ÖZET

Üniversitelerde bazı dersler dönem içerisinde; sempozyum, teknik gezi, öğretim elemanının akademik görevde olması, gibi çeşitli nedenlerden dolayı yapılamamaktadır. Eğitimin belirlenmiş olan müfredata göre akademik takvim içerisinde tamamlanabilmesi için yapılamayan derslerin sonraki haftalarda telafi edilmesi gerekmektedir. Bu durum klasik ders çizelgeleme probleminden farklı yeni bir ders çizelgeleme probleminin doğmasına neden olmaktadır. Bu problem, telafi dersi çizelgeleme problemi (TDÇP) olarak adlandırılmaktadır. Çalışmada bu problemin çözümü için yeni bir matematiksel model geliştirilmiş ve Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde uygulanmıştır. Mevcut bir zaman çizelgesinden hareketle çeşitli telafi dersi senaryoları hazırlanmış ve bu senaryolar geliştirilen matematiksel model yardımıyla çözülmüştür. Sonuçta derslerin uygun haftalara, günlere, saatlere ve dersliklere atandığı çizelgeler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üniversite ders çizelgeleme problemi, matematiksel modelleme, tamsayı programlama, telafi dersi çizelgeleme problemi

SOLVING MAKEUP COURSE TIMETABLING PROBLEM (MCTP) WITH MATHEMATICAL MODELLING: A REAL CASE APPLICATION

ABSTRACT

Several courses in university cannot be performed due to various reasons such as symposium, technical tour, academic mission of teaching staff in education period. The unrealized courses must makeup in subsequent weeks to complete the specified curriculum of education in academic calendar. This situation leads to a new timetabling problem different from Classic Course Timetabling Problem and it is named as Makeup Course Timetabling Problem. In this study, a new mathematical model is proposed to solve the stated problem and the model is applied on the Industrial Engineering Department of the Gazi University. Several test problem instances are obtained by identifying various makeup course scenarios in the existing timetabling and these instances are solved by using the proposed mathematical model. As a result, the schedules which the courses assigning the appropriate weeks, days, hours and classrooms are obtained.

Keywords: University course timetabling problem, mathematical modelling, integer programming, makeup course timetabling problem

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Üniversitelerde kayıt tarihleri, ders başlama-bitiş tarihleri ve sınav tarihleri gibi akademik konular, eğitim öğretim yılının başında planlanarak akademik takvim oluşturulur. Akademik takvime bağlı kalarak ilgili akademik yılda, standart bir yapı içerisinde

eğitim ve öğretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Ancak akademik faaliyetler özellikle dersler çeşitli nedenlerden dolayı planlanan biçimde yapılamamaktadır. Üniversite ya da bölüm çapında düzenlenen sempozyumlar, yapılan teknik geziler, öğretim elemanına ilişkin durumlar (akademik görevde olması, hastalık, vb.), sınıf ve ders

materyallerinde meydana gelen aksaklıklar bu nedenlerden bazılarıdır. Genel olarak üniversitelerde yapılamayan derslerin temel nedenleri aşağıdaki gibidir. Bir öğretim elemanının planlanmamış bir ameliyat veya rahatsızlığı (ayak kırılması, omuz çıkması vb.) nedeniyle ya da bayan ise hamileliğinden dolayı dönem içerisinde ders yapamaması ve bu derse atanan öğretim elemanı ile bu dersi alan öğrencilerin durumu dikkate alınarak ders programının yeniden çizelgelenmesi, olumsuz hava şartları nedeniyle eğitime ara verilmesi (24 Ocak 2016 - Kocaeli Üniversitesi [1]). Dönem içerisinde üniversitenin bulunduğu şehirde herhangi bir deprem nedeniyle binalarda hasar meydana gelmesi ve bu hasarın giderilmesi için öğrencilerin belirli bir süre tahliye edilmesi. Bu süre zarfında eğitim duracak ve gerekli tahliye işlemi geçtikten sonra eğitim başlayacak ve müfredatın tamamlanması açısından yapılamayacak derslerin tekrar yapılması gerekecektir. Aksi halde öğrenciler dönem kaybedebilecektir. (Nepal’de 25 Nisan 2015 de meydana gelen depremden dolayı üniversitelerin mayısın ortasına kadar tatil edilmesi [2]). Çeşitli zamanlarda üniversitelerde siyasi olaylardan dolayı (gezi olayları vb.) dersler yapılamamakta ve üniversiteler, bu kaos ortamı geçinceye kadar birkaç gün ya da hafta için tatil edilebilmektedir. Bu süre zarfında yapılamayan derslerin çizelgelenmesi gerekmektedir.(Ege Üniversitesinde eğitime verilen üç günlük ara [3]). Bazı zamanlar üniversiteler, bulunduğu ülkedeki seçim faaliyetlerinden dolayı tatil edilebilmektedir. (Türkiye’de 7 Haziran 2015 deki milletvekili seçimlerinden dolayı üniversitelerin tatil edilmesi [4]). Ülkelerde veya şehirlerde meydana gelen tsunami, sel, kasırga vb. nedeniyle eğitime ara verilmesi durumunda (Bangladeş’te hortum nedeniyle üniversitelerin tatil edilmesi [5]). Üniversitelerin bazı zamanlar çeşitli olimpiyatlara ev sahipliği yapmasından dolayı eğitimi erken tamamlaması (2011 Dünya Üniversiteler Arası Kış Olimpiyatları nedeniyle misafirlerin konaklaması için öğrenci yurtlarını tahsis etmesi ve öğrencilerin mağdur olmasını engellemek amacıyla da 15 haftalık eğitim dönemini 9 haftalık bir süre içerisinde tamamlamak zorunda kalması).

Eğitimin akademik takvim içerisinde belirlenmiş olan müfredata göre tamamlanması ve öğrencilerin mesleki yetersizliğe sahip olmasını engellemek amacıyla yapılamayan derslerin sonraki haftalar içerisinde telafi edilmesi gerekmektedir. Bu durum telif derslerinin çizelgelenmesi problemini ortaya çıkarmıştır.

Telif dersi çizelgeleme problemi (TDÇP), ilgili bölümde herhangi bir haftanın, herhangi bir gün ve saatinde yapılamayan dersin mevcut ders programı korunarak belirli kısıtlar altında akademik takvim kapsamında sonraki haftalarda uygun bir zaman periyodu ve derslik içerisinde çizelgelenmesi

problemidir. TDÇP, üniversite ders çizelgeleme probleminin (ÜDÇP) bir uzantısıdır. ÜDÇP, her eğitim dönemi başında karşılaşılan, derslerin belirli kısıtlar altında uygun zaman periyodu, öğretim elemanı ve dersliklere atanmasının gerçekleştirildiği NP-Tam [6] bir problemidir. ÜDÇP için literatürde birçok çalışma mevcuttur. Ancak her eğitim kurumunun kendine özgü yapısı, kısıtları ve kuralları farklı olduğundan uygulanabilir standart bir çözüm yaklaşımı geliştirilememiştir. Literatürde ÜDÇP çözümü için; Matematiksel Modelleme [7-14], Yapay Arı Kolonisi Algoritması [15], Genetik Algoritma [16], Tavlama Benzetimi [17], Kısıt Programlama [18, 19], Hibrit Metotlar [20-29], Parçacık Sürü Optimizasyonu [30], Göçmen Kuşlar Optimizasyon Algoritması [31] gibi birçok yaklaşım önerilmiştir.

Telif dersi çizelgeleme problemi için bilindiği kadarıyla literatürde iki çalışma bulunmaktadır. Fakat önerdiğimiz çalışma, tanım ve kapsam bakımından bu iki çalışmadan ayrılmakta ve telif dersi çizelgeleme probleminin farklı şekilde yorumlanmasına neden olmaktadır. Bu çalışmalardan birincisi Shimazaki ve ark. [32] yaptıkları çalışmayken, ikincisi ise “Chaudry ve ark. [33]” yaptıkları çalışmadır. Shimazaki ve ark. [32], yaptıkları çalışmada telif dersi çizelgeleme problemini, öğretim elemanlarının istekleri doğrultusunda yapılamayan derslerin, normal eğitim periyodunun dışında, kendileri için ayrılmış olan 5-6 günlük bir zaman dilimi içerisinde çizelgelenmesi şeklinde ifade etmişlerdir. Bu zaman dilimi içerisinde mevcut ders programı dikkate alınmamış, yalnızca yapılamayan dersler tamamen boş zaman dilimlerinde çizelgelenmeye çalışılmıştır. Boş zaman dilimlerinden kasıt herhangi bir dersin, öğretim elemanının ve dersliğin atanmadığı zaman dilimleridir. Bizim çalışmamızda ise telif derslerinin çizelgelenmesi için normal eğitim periyodu dışında herhangi bir zaman dilimi ayrılmamıştır. Çizelgeler, yapılamayan derslerin, eğitim periyodu içerisinde (14 ya da 15 hafta) sonraki haftalarda çizelgelenmesi esas alınarak oluşturulmaktadır. Atama yapılırken de her bir haftadaki mevcut ders programı dikkate alınmış, yapılamayan dersler, telif dersini alan öğrenciler, dersi veren öğretim elemanları ve mevcut ders programı ile çakıştırmada çizelgelemeye çalışmıştır. İki çalışmada ele alınan sıkı kısıtlar Tablo 1’de, esnek kısıtlar ise Tablo 2’de belirtilmiştir.

Bu çalışma dışında literatürde telif dersi çizelgeleme problemi ile ilgili bir çalışma daha tespit edilmiştir. Chaudry vd. [33], yaptıkları çalışmada Telif Ders Çizelgeleme Problemini, CBR (Case Based Reason) ve tabu arama yöntemi ile çözmeye çalışmışlardır. Tabu arama yöntemi ile optimum çözümü bulmaya çalışılırken, CBR yöntemi ile de çözümleri iyileştirilmeye çalışılmışlardır. Probleme mevcut bir zaman çizelgesi girilmiş ve bir haftalık bir süre içerisinde yalnızca 15 adet dersin çizelgelenmesi için çizelgeleri oluşturulmuştur. Haftalık zaman

Tablo 1. İki çalışmada ele alınan sıkı kısıtlar (Strict constraints dealt with in two studies)

Kısıt	Bu çalışma	Shimazaki vd. [32]
1	Akademik takvim kapsamında sekizinci hafta vize haftası olarak belirlenmiştir. Bu hafta içerisinde herhangi bir telafi dersinin yapılmasına izin verilmemektedir.	Her ders bir zaman boşluğuna atanmalıdır.
2	Telafi dersleri mevcut ders programı koruncak şekilde uygun hafta, gün, saat ve dersliklere atanmalıdır.	Bir ders, belirlenen zaman boşluklarında ardışık bir şekilde çizelgelenmelidir.
3	Bir telafi dersi aynı hafta, gün ve saat içerisinde yalnızca bir derslikte yapılabilir.	Bir öğretim elemanı aynı zaman boşluğu içerisinde ikiden fazla derse giremez.
4	Bir şubeye aynı hafta, gün ve saat içerisinde yalnız bir telafi dersi atanabilir.	Bir öğretim elemanı aynı derslikte iki tane ders işleyemez.
5	Bir öğretim elemanı aynı hafta, gün ve saat içerisinde tek bir şubeye ve tek bir dersliğe atanabilir.	Derslik kapasitesi aşılamaz.
6	Bir günde telafi dersine ait en fazla üç kredi yapılabilir ve eğitim yalnızca hafta içi yapılmaktadır.	Yapay zaman boşluklarına atama yapılamaz.
7	Zorunlu derslerin seçmeli derslerle çakışmasına izin verilmemektedir.	

Tablo 2. İki çalışmada ele alınan esnek kısıtlar (Flexible constraints dealt with in two studies)

Kısıt	Bu çalışma	Shimazaki vd. [32]
1	Derslik kapasitesinin aşılmaması istenmektedir.	Bir ders, tercih edilme değerine göre bir zaman boşluğuna atanmalıdır.
2	Telafi derslerine ait kredilerin aynı hafta ve gün içerisinde, aynı dersliklerde, ardışık saatlerde yapılması istenmektedir.	Bir öğrenci aynı zaman boşluğu içerisinde ikiden fazla derse atanmamalıdır.
3	İlgili bölümde dersler en az iki krediye sahiptir ve aynı hafta ve gün içerisinde ilgili derse ait en az iki kredinin çizelgelenmesi istenmektedir.	Birbirine yakın zamanlarda çizelgelenmesi istenen dersler, yakın zaman dilimlerinde çizelgelenmelidir.
4	Telafi dersine ait tüm kredilerin belirlenen sıkı kısıtlardan dolayı çizelgelenmesi mümkün olmayabilir. Çizelgede olabildiğince telafi dersine ait tüm kredilerin yapılması amaçlanmaktadır. Örneğin zorunlu kalırsa 3 kredilik bir dersin 2+1 saatlik blok şeklinde işlenmesine müsaade edilmektedir.	Birbirinden uzak zamanlarda çizelgelenmesi istenen dersler, ayırık zamanlarda çizelgelenmelidir.
5		Akşam saatlerine (11. ve 12. zaman boşluklarına) atama yapılmamalıdır.
6		İlk olarak öncelik değeri yüksek olan telafi dersleri çizelgelenmelidir.

dilimlerinin dikkate alınmaması, yalnızca belirli dersler için tek bir hafta içerisinde çizelgelerin oluşturulması ve problemin sezgisel bir yöntemle çözülmeye çalışması Chaudry vd. [33] yapmış olduğu çalışmayı, bu çalışmadan ayırmaktadır.

Bu çalışmada Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünün hem lisans ders programının oluşturulması hem de sonrasında çeşitli senaryolar altında telafi derslerinin çizelgelenmesi için 2 yeni matematiksel model önerilmiş ve çözümleri sunulmuştur. Bu çalışma, Telafi Dersi Çizelgeleme Problemini, mevcut ders çizelgesi ve haftalık zaman dilimlerini dikkate alınarak yeniden

tanımlanması ve problemin çözümü için önerilen matematiksel model nedeniyle literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2’de uygulama yapılan yere ilişkin ders çizelgeleme problemi tanımlanarak, problemin çözümü için matematiksel model önerilmiştir. Matematiksel model çözülerek Lisans ders programı oluşturulmuştur. Bölüm 3’de TDÇP’e ilişkin genel özellikler ortaya konmuş ve telafi derslerinin çizelgelenmesi için geliştirilen matematiksel model detaylı olarak anlatılmıştır. 4. bölümde farklı senaryolar üretilerek TDÇP için uygulama çalışması gerçekleştirilmiş, son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. ÜNİVERSİTE DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİ (ÜDÇP) VE MATEMATİKSEL MODELİ (UNIVERSITY COURSE TIMETABLING PROBLEM (UCTP) AND MATHEMATICAL MODEL)

Üniversite ders çizelgeleme problemi, ilgili eğitim kurumunun fiziki ve idari koşulları altında derslerin, uygun zaman dilimi ve dersliklere atanması problemidir. Çoğu eğitim kurumunda bu problem ilgili personeller tarafından el ile hazırlanmakta ve haftalarca sürebilmektedir. Ayrıca üniversite ders çizelgeleme problemi uygulama açısından yaklaşık 6 aylık bir dönemi kapsadığından taktiksel seviyede karar vermeye girmektedir. Probleme sağlanması gereken birçok kısıt, ulaşılmak istenen birçok amaç bulunmaktadır. Bu kısıt ve amaçlar eğitim kurumlarının yapısına göre farklılık gösterebilmektedir. Ders çizelgeleme problemi için ele alınan kısıtlar, sıkı ve esnek kısıtlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sıkı kısıtlar ihlal edilmesi mümkün olmayan kısıtlardır. Öğretim elemanlarının çakışmaması, derslik kapasitelerinin aşılması, bilgisayar uygulaması gerektiren derslerin bilgisayar laboratuvarında yapılması bu kısıtlardan bazılarıdır. Esnek kısıtlar ise ihlal edilmesi istenmeyen fakat ihlal edilse bile çözümün uygunluğunu bozmayan kısıtlardır. Öğlen saatine ders atanmaması, seçmeli derslerin çakışmaması, derslerin aynı derslik binası içinde yapılması, öğretim elemanlarının tercih ettiği zaman dilimlerine atanması örnek esnek kısıtlardan bazılarıdır. Esnek kısıtların karşılanması amaç fonksiyonuna olumlu yönde etki yapmaktadır.

Tablo 3. Üniversite Ders Çizelgeleme Problemi kapsamında ele alınan sıkı kısıtlar (Hard constraints discussed under University Course Timetabling Problem)

- Bilgisayar laboratuvarına yalnızca bilgisayar uygulaması gerektiren dersler atanabilir.
- Bir öğretim elemanı aynı gün ve saat içerisinde yalnızca bir şubeye ders verebilir.
- Bir dersliğe herhangi bir gün ve saatte yalnızca bir ders atanabilir.
- Bir ders bir gün içerisinde yalnızca bir saatte yapılabilir.
- Bir şubeye aynı gün ve saat içerisinde yalnızca bir ders atanabilir.
- Zorunlu derslerin seçmeli derslerle çakışmasına izin verilmemektedir.
- Bir dersin tüm kredileri o hafta içerisinde yapılmalıdır.
- İlgili bölümde dersler en az iki krediye sahiptir. Bir günde ilgili derse ait en az iki kredinin en fazla üç kredinin çizelgelenmesi gerekmektedir. Üç krediden daha fazla krediye sahip olan dersler farklı günlerde çizelgenecektir.
- Ardışık olarak çizelgelenmesi gereken dersler, aynı gün ve derslik içerisinde ardışık saatlerde çizelgenmelidir.
- Dersi alan öğrenci sayısı, derslik kapasitesini aşmamalıdır. Eğitim yalnızca hafta içi yapılmaktadır.

Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2014-2015 Bahar Dönemi Lisans Ders Programı Çizelgeleme Problemi uygulama kapsamında ele alınan problemidir. Bölümde her bir sınıf normal öğretim ve ikinci öğretim olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Normal öğretim ve ikinci öğretimde kendi içerisinde iki ayrı şubeye ayrılmaktadır. Genel olarak bir dönemde bir sınıfa ait dört şube olmak üzere toplamda 16 adet şubeye, 43 tane öğretim elemanı tarafından, 8 adet derslikte, 08:30 ile 19:20 saatleri arasında eğitim verilmektedir. Dersler 50' şer dakikalık zaman periyotlarından oluşmakta ve derslerin çizelgeneneceği 11 adet zaman boşluğu bulunmaktadır. İlgili bölümde ders çizelgeleme problemi kapsamında ele alınan sıkı kısıtlar Tablo 3'de belirtilmiştir:

İkinci, üçüncü ve dördüncü sınıfın aldığı seçmeli derslerin, kendi içlerinde birbiriyle çakışmama durumu ise esnek kısıt olarak değerlendirilmiştir. ÜDÇP çözümü için Köçken vd. [9] geliştirmiş oldukları matematiksel model temel alınmış üzerinde çeşitli değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. Yapılan değişiklikler ve eklenen özellikler aşağıda verilmiştir.

Köçken vd. [9] yapmış oldukları çalışmada iki ve üç saatlik dersleri tek oturumluk dersler, dört ve beş saatlik dersler ise iki oturumluk dersler olarak ayrılmaktadır. Bizim çalışmamızda kredi ayırımı yapılmaksızın dersler bir bütün olarak dikkate alınmakta, model ilgili kısıtlar doğrultusunda dersleri 4 saatlik dersleri 2+2 şeklinde, 5 saatlik dersleri ise 3+2 şeklinde ayırıp uygun zaman boşluklarına atamaktadır. Köçken vd. [9] yapmış oldukları çalışmada öğrenci grupları için seçmeli ders çakışmaları esnek kısıt olarak dikkate alınmışken, bizim çalışmamızda 2. 3. ve 4. sınıflar için tüm zorunlu derslerin, seçmeli derslerle çakışmasına izin verilmemiş, her bir sınıftaki seçmeli derslerin kendi aralarındaki çakışmaları minimize edilmeye çalışılmıştır. İki modelde de ortak kullanılan değişken " $x_{i,j,m,n}$ " değişkenidir. " $gs_{i,m,n}$ ", " $dc_{i,j}$ ", " $uc_{i,j}$ ", " $ic_{i,j}$ " değişkenleri ise diğer çalışmadan farklı olarak model içinde kullanılan değişkenlerdir.

Model içerisinde kullanılan indisler aşağıdaki gibidir.

i	= Gün indisi	$i \in I = \{1, 2, \dots, i_{son}\}$
j	= Zaman indisi	$j \in J = \{1, 2, \dots, j_{son}\}$
m	= Ders indisi	$m \in M = \{1, 2, \dots, m_{son}\}$
n	= Derslik indisi	$n \in N = \{1, 2, \dots, n_{son}\}$
k	= Sınıf indisi	$k \in K = \{1, 2, \dots, k_{son}\}$
v	= Öğretim zamanı indisi (normal ve ikinci öğretim)	$v \in V = \{1, 2, \dots, v_{son}\}$
q	= Şube indisi	$q \in Q = \{1, 2, \dots, q_{son}\}$
g	= Öğretim elemanı indisi	$g \in G = \{1, 2, \dots, g_{son}\}$

Lisans derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan kümeler aşağıdaki gibidir.

Z	=	iki ve üç krediye sahip m dersleri
R	=	üç ve beş krediye sahip m dersleri
L	=	dört ve beş krediye sahip m dersleri
G	=	bilgisayar laboratuvarında yapılması gereken m dersleri
T	=	bilgisayar laboratuvarında yapılmaması gereken m dersleri
U	=	atıl t zamanları
P	=	atama yapılacak zamanlar
M _g	=	g öğretim elemanının vereceği m dersleri
M _{k,v,q}	=	k. sınıf, v. öğretim, q. şubenin alacağı m dersleri
B _k	=	k. sınıfın alabileceği m seçmeli dersleri
O _k	=	k. sınıfın alacağı temel dersler

Lisans derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir.

w _m	=	m dersine ait kredi sayısı
d _m	=	m dersini alan öğrenci sayısı
r _n	=	n dersliğinin kapasitesi

Lisans derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibidir.

x _{i,j,m,n}	=	1, m. ders, i. gün, j. saatte n. dersliğe atanırsa
----------------------	---	--

g _{s_{i,m,n}}	=	0, diğer durumda 1, m. ders, i. gün, n. derslikte yapılırsa 0, diğer durumda
dc _{i,j}	=	i. gün, j. saatte, dördüncü sınıftaki seçmeli derslere ait çakışan kredi sayısı
uc _{i,j}	=	i. gün, j. saatte, üçüncü sınıftaki seçmeli derslere ait çakışan kredi sayısı
ic _{i,j}	=	i. gün, j. saatte, ikinci sınıftaki seçmeli derslere ait çakışan kredi sayısı

Modeldeki amaç fonksiyonu (2.1) uygun ders programı oluşturulurken seçmeli derslerin çakışma sayısını en aza indirerek öğrencilerin seçenek sayısını arttırmaktır. Kısıt kümesi (2.2) ve (2.3) laboratuvar da yapılması gereken derslerin atanmalarını sağlar. Kısıt kümesi (2.4) öğretim elemanı-derslik atamasını kısıt kümeleri (2.5) ve (2.6) ise ders-derslik atamalarını gerçekleştirir. Kısıt kümesi (2.6), bir dersin aynı anda birden fazla dersliğe atanmasını, kısıt kümesi (2.7), bir şubenin aynı gün ve saat içerisinde, birden fazla ders ve dersliğe atanmasını engeller. Kısıt kümesi (2.8), bir şubenin zorunlu dersleri ile seçmeli derslerinin çakışmamasını sağlarken, kısıt kümeleri (2.9), (2.10) ve (2.11) her bir sınıftaki seçmeli derslerin birbiriyle çakışmasını engelleyen esnek bir kısıttır. Kısıt kümesi (2.13), (2.14) ve (2.15) sırasıyla iki ve üç krediye sahip derslerin ardışık zaman dilimlerinde ve aynı dersliklerde çizelgelenmesini sağlar. Bu çalışmada iki ve üç krediye sahip olan dersler tek oturumluk derslerken, dört kredilik dersler

Lisans derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (dc_{i,j} + uc_{i,j} + ic_{i,j}) \quad (2.1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{i,j,m,n} = w_m \quad \forall m \in G, n \in \{1\} \quad (2.2)$$

$$g_{s_{i,m,n}} = 0 \quad \forall i \in I, \forall m \in T, \forall n \in \{1\} \quad (2.3)$$

$$\sum_{m \in M_g} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall g \in G \quad (2.4)$$

$$\sum_{m \in M} x_{i,j,m,n} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall n \in N \quad (2.5)$$

$$\sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M \quad (2.6)$$

$$\sum_{m \in M_{k,v,q}} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K, \forall v \in V, \forall q \in Q \quad (2.7)$$

$$\sum_{n \in N} (x_{i,j,m \in B_k,n} + x_{i,j,m \in O_k,n}) \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (2.8)$$

$$\sum_{m \in B_k} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 + dc_{i,j} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, k \in \{4\} \quad (2.9)$$

$$\sum_{m \in B_k} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 + uc_{i,j} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, k \in \{3\} \quad (2.10)$$

$$\sum_{m \in B_k} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 1 + ic_{i,j} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, k \in \{2\} \quad (2.11)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} = w_m \quad \forall m \in M \quad (2.12)$$

$$x_{i,j,m,n} = 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in U, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.13)$$

$$x_{i,j+1,m,n} - x_{i,j,m,n} - x_{i,j+2,m,n} \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in P, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.14)$$

$$x_{i,j+1,m,n} - x_{i,j,m,n} - x_{i,j+3,m,n} \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in P, \forall m \in R, \forall n \in N \quad (2.15)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{n \in N} g_{s_{i,m,n}} = 2 \quad \forall m \in L \quad (2.16)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{n \in N} g_{s_{i,m,n}} = 1 \quad \forall m \in Z \quad (2.17)$$

$$\sum_{j \in P} x_{i,j,m,n} \leq 3 \times g_{s_{i,m,n}} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.18)$$

$$\sum_{j \in P} x_{i,j,m,n} \geq 2 \times g_{s_{i,m,n}} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.19)$$

$$\sum_{j \in P} \sum_{n \in N} x_{i,j,m,n} \leq 3 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (2.20)$$

$$x_{i,j,m,n} \times d_m \leq r_n \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.21)$$

$$x_{i,j,m,n} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.22)$$

$$g_{s_{i,m,n}} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (2.23)$$

$$dc_{i,j}, uc_{i,j}, ic_{i,j} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.24)$$

iki oturumluk dersler olarak nitelendirilmiştir. İki oturuma sahip olan derslerin farklı günlerde çizelgelenmesi gerekmekte ve bu şart kısıt kümesi (2.16) ile sağlanmaktadır. Kısıt kümesi (2.17) tek oturuma sahip derslerin tek bir günde çizelgelenmesini sağlar. Kısıt kümesi (2.18), (2.19) ve (2.20) ders-derslik ve ders kredisi ilişkisini sağlarken aynı zamanda 4 saatlik derslerin 2+2 şeklinde ve 5 saatlik derslerin 2+3 şeklinde ayrılmasını gerçekleştirirler. Son olarak (2.21) kısıdı ile bir dersliğe kapasitesinden fazla öğrenci atanması engellenir. Problemden çizelgelenmesi gereken 242 kredi, 78 adet ders, 16 adet şube ve 43 adet öğretim elemanı vardır. Geliştirilen model 47011 değişken ve 151120 adet kısıttan oluşmaktadır. Model, 4 GB RAM, 3.20 GHz işlemcili bir bilgisayarda, IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.6.0.0 programında 2 saat koşuturulmuş, amaç fonksiyon değeri 9 ve Gap değeri %66,67 olan bir çözüm çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12, Tablo 13 ve Tablo 14 olarak ekte belirtilmiştir. Örneğin Tablo 10'da "Pazartesi" günü, "404" numaralı derslikte, "08:30-11:20" saatleri arasında "ENM467(3)(3)(1)" ifadesi atanmıştır. "ENM467(3)(3)(1)" ifadesinde, "ENM" ifadesinden sonraki ilk rakam dersi alan sınıfı, "ENM467" ifadesinden sonraki ilk parantez içi dersin verildiği öğretim zamanını (normal/ikinci), ikinci parantez içi dersi alan şubeyi, üçüncü parantez içi ise dersin tek oturuma mı yoksa iki oturuma mı sahip olduğunu göstermektedir. Birinci parantez içerisinde yer alabilecek değerler, "1", "2" ve "3" tür. "1", ifadesi normal öğretimi, "2" ifadesi ikinci öğretimi, "3" ifadesi ise her iki öğretim zamanını da içerdiğini göstermektedir. İkinci parantez içerisinde yer alabilecek değerler, "1", "2" ve "3" tür. "1", ifadesi, dersi "1. şubenin" aldığını, "2" ifadesi dersi "2. şubenin" aldığını, "3" ifadesi ise dersi her iki şubenin de aldığını göstermektedir. Son olarak üçüncü parantezin içi ise dersin kaç oturuma sahip olduğunu ifade etmektedir. Parantez içerisindeki ifadenin "1" olması dersin tek bir oturuma sahip olduğunu, "2" olması dersin iki oturuma sahip olduğunu göstermektedir.

3. TELAFİ DERSİ ÇİZELGELEME PROBLEMİ (TDÇP) VE MATEMATİKSEL MODELİ (MAKEUP COURSE TIMETABLING PROBLEM (MCTP) AND MATHEMATICAL MODEL)

TDÇP yapılamayan dersin, mevcut ders programı içerisinde herhangi bir öğretim elemanı ve şube çakışmasına izin vermeksizin uygun zaman dilimlerinde çizelgelenmesi gerekmektedir. Bu durum birçok kısıdı da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada TDÇP için ele alınan kısıtlar, ÜDÇP'de olduğu gibi sıkı ve esnek kısıtlar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. TDÇP için bu çalışmada ele alınan sıkı kısıtlar Tablo 4'de, esnek kısıtlar Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 4. TDÇP kapsamında ele alınan sıkı kısıtlar (Hard constraints discussed under MCTP)

• Akademik takvim kapsamında sekizinci hafta vize haftası olarak belirlenmiştir. Bu hafta içerisinde herhangi bir telafi dersinin yapılmasına izin verilmemektedir.
• Telafleri dersleri mevcut ders programı korunacak şekilde uygun hafta, gün, saat ve dersliklere atanmalıdır.
• Bir telafi dersi aynı hafta, gün ve saat içerisinde yalnızca bir derslikte yapılabilir.
• Bir şubeye aynı hafta, gün ve saat içerisinde yalnız bir telafi dersi atanabilir.
• Bir öğretim elemanı aynı hafta, gün ve saat içerisinde tek bir şubeye ve tek bir dersliğe atanabilir.
• Bir günde telafi dersine ait en fazla üç kredi yapılabilir ve eğitim yalnızca hafta içi yapılmaktadır.
• Zorunlu derslerin seçmeli derslerle çakışmasına izin verilmemektedir.

Tablo 5. TDÇP kapsamında ele alınan esnek kısıtlar (Soft constraints discussed under MCTP)

• Derslik kapasitesinin aşılmaması istenmektedir.
• Telafleri derslerine ait kredilerin aynı hafta ve gün içerisinde, aynı dersliklerde, ardışık saatlerde yapılması istenmektedir.
• İlgili bölümde dersler en az iki krediye sahiptir ve aynı hafta ve gün içerisinde ilgili derse ait en az iki kredinin çizelgelenmesi istenmektedir.
• Telafleri dersine ait tüm kredilerin belirlenen sıkı kısıtlardan dolayı çizelgelenmesi mümkün olmayabilir. Çizelgede olabildiğince telafi dersine ait tüm kredilerin yapılması amaçlanmaktadır. Örneğin zorunlu kalırsa 3 kredilik bir dersin 2 saatlik blok şeklinde işlenmesine müsaade edilmektedir.

Telafleri derslerinin çizelgelenmesi için kısıt ihlallerinin minimize edilmeye çalışıldığı yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Modele ilişkin indis, küme, parametre ve kısıtlar aşağıda verilmiştir.

Telafleri derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan indisler aşağıdaki gibidir.

h	=	Hafta indisi	$h \in H = \{1, 2, \dots, h_{son}\}$
i	=	Gün indisi	$i \in I = \{1, 2, \dots, i_{son}\}$
j	=	Zamanindisi	$j \in J = \{1, 2, \dots, j_{son}\}$
m	=	Telafleri ders indisi	$m \in M = \{1, 2, \dots, m_{son}\}$
n	=	Derslik indisi	$n \in N = \{1, 2, \dots, n_{son}\}$

Telafleri derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan kümeler aşağıdaki gibidir.

Z	=	İki ve üç krediye sahip m dersleri
R	=	Üç ve beş krediye sahip m dersleri
L	=	Dört ve beş krediye sahip m dersleri
K_m	=	m. telafi dersinin aynı anda çizelgelenemeyeceği telafi dersleri
S_m	=	m. telafi dersinin yapılamayacağı günler
V_m	=	m. telafi dersinin yapılamayacağı saatler
Y	=	Tüm telafi derslerinin yapılamayacağı saatler
O	=	Tüm telafi derslerinin yapılamayacağı günler
C	=	Tüm telafi derslerinin yapılamayacağı saatler
F	=	Tüm telafi derslerinin yapılamayacağı derslikler

T_m	= m. telafi dersinin yapılamayacağı haftalar	$iki_{h,i,j,m,n}$	= h. hafta, i. gün, j. saatte, n derslikte m. telafi dersine ait ardışık iki saatte çizelgelenemeyen kredi sayısı
U	= atıl t zamanlarının kümesi	$üç_{h,i,j,m,n}$	= h. hafta, i. gün, j. saatte, n derslikte m. telafi dersine ait ardışık üç saatte çizelgelenemeyen kredi sayısı
P	= atama yapılacak zamanların kümesi	$kap_{h,i,j,m,n}$	= h. hafta, i. gün, j. saatte m. telafi dersinden kaynaklı n. dersliğin kapasitesini aşan öğrenci sayısı
Telafi derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir.		$taban_{h,i,m,n}$	= h. hafta, i. gün, n derslikte m. telafi dersine ait iki krediden aşağı yapılan kredi sayısı
v_m	= m telafi dersine ait kredi sayısı	$kr_{h,i,m,n}$	= h. hafta, i. gün, n derslikte, m. telafi dersine ait yapılamayan kredi sayısı
d_m	= m telafi dersini alan öğrenci sayısı	azl_m	= m. telafi dersine ait yapılamayan kredi sayısı
r_n	= n dersliğin kapasitesi	$kredisagla_m$	= m. telafi dersinin fazladan atandığı hafta sayısı
Telafi derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibidir.		$fazlahafta_m$	= m. telafi dersinin fazladan atandığı hafta, gün ve derslik sayısı
$x_{h,i,j,m,n}$	= 1, m. ders, h. hafta, i. gün, j. saatte, n. derslikte yapılırsa 0, diğer durumda		
$y_{h,i,m,n}$	= 1, m. ders, h. hafta, i. gün, n. derslikte yapılırsa 0, diğer durumda		
$z_{h,m}$	= 1, m. ders, h. hafta yapılırsa 0, diğer durumda		

Telafi derslerinin çizelgelenmesinde kullanılan kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
 & \min 0,5 * \\
 & \sum_{h \in H} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M} \sum_{n \in N} (iki_{h,i,j,m,n} + üç_{h,i,j,m,n} + kap_{h,i,j,m,n}) + 0,5 * \\
 & \sum_{h \in H} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \sum_{n \in N} (taban_{h,i,m,n} + kr_{h,i,m,n}) + 41 * \sum_{m \in M} (azl_m) + 20 * \sum_{m \in M} (fazlahafta_m) + \\
 & 10 * \sum_{m \in M} (kredisagla_m) \quad (3.1) \\
 & x_{h,i,j,m,n} = 0 \quad \forall h \in Y, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.2) \\
 & x_{h,i,j,m,n} = 0 \quad \forall h \in T_m, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.3) \\
 & x_{h,i,j,m,n} \times d_m \leq r_n + kap_{h,i,j,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.4) \\
 & \sum_{n \in N} x_{h,i,j,m,n} = 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in S_m, \forall j \in V_m, \forall m \in M \quad (3.5) \\
 & \sum_{n \in N} (x_{h,i,j,m,n} + x_{h,i,j,m \in K_m,n}) \leq 1 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall m \in K_m \quad (3.6) \\
 & \sum_{m \in M} x_{h,i,j,m,n} \leq 1 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall n \in N \quad (3.7) \\
 & \sum_{h \in H} z_{h,m} = 1 + fazlahafta_m \quad \forall m \in M \quad (3.8) \\
 & x_{h,i,j,m,n} \leq z_{h,m} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.9) \\
 & x_{h,i,j,m,n} = 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in U, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.10) \\
 & x_{h,i,j+1,m,n} - x_{h,i,j,m,n} - x_{h,i,j+2,m,n} \leq iki_{h,i,j,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in P, \quad \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.11) \\
 & x_{h,i,j+1,m,n} - x_{h,i,j,m,n} - x_{h,i,j+3,m,n} \leq üç_{h,i,j,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in P, \quad \forall m \in R, \forall n \in N \quad (3.12) \\
 & \sum_{h \in H} \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} y_{h,i,m,n} = 1 + kredisagla_m \quad \forall m \in M \quad (3.13) \\
 & \sum_{j \in P} x_{h,i,j,m,n} \leq 3 \times y_{h,i,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.14) \\
 & \sum_{j \in P} x_{h,i,j,m,n} \geq 2 \times y_{h,i,m,n} - taban_{h,i,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.15) \\
 & \sum_{j \in P} \sum_{n \in N} x_{h,i,j,m,n} \leq 3 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M \quad (3.16) \\
 & \sum_{j \in J} x_{h,i,j,m,n} \geq y_{h,i,m,n} \times w_m - kr_{h,i,m,n} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.17) \\
 & \sum_{h \in H} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} x_{h,i,j,m,n} \leq w_m \quad \forall m \in M \quad (3.18) \\
 & \sum_{h \in H} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} x_{h,i,j,m,n} \geq w_m - azl_m \quad \forall m \in M \quad (3.19) \\
 & x_{h,i,j,m,n} = 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in O, \forall j \in C, \forall m \in M, \forall n \in F \quad (3.20) \\
 & x_{h,i,j,m,n} \in \{0,1\} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.21) \\
 & y_{h,i,m,n} \in \{0,1\} \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.22) \\
 & z_{h,m} \in \{0,1\} \quad \forall h \in H, \forall m \in M \quad (3.23) \\
 & iki_{h,i,j,m,n}, üç_{h,i,j,m,n}, kap_{h,i,j,m,n} \geq 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.24) \\
 & taban_{h,i,m,n}, kr_{h,i,m,n} \geq 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall n \in N \quad (3.25) \\
 & azl_m, fazlahafta_m, kredisagla_m \geq 0 \quad \forall m \in M \quad (3.26)
 \end{aligned}$$

Modeldeki amaç fonksiyonu (3.1), uygun telafi ders programı oluştururken kısıt ihlallerini minimize etmeye çalışmaktadır. Kısıt kümesi (3.2), telafi derslerinin yapılamayacağı haftalarda çizelgelenmelerini engellemektedir. Kısıt kümesi (3.3), m'inci telafi dersinin çizelgelenemeyeceği haftalara atanması engellemektedir. Kısıt kümesi (3.4) dersliklere kapasitesinden fazla öğrenci atanmasını engellerken, kısıt kümesi (3.5), her bir telafi dersinin yapılamayacağı gün ve saatleri belirtir. Kısıt kümesi (3.6), telafi derslerinin kendi aralarında çakışmasını engellemektedir. Burada telafi dersinin, bu dersi alan şubelerin dersleriyle ve bu dersi veren öğretim elemanın dersleriyle çakışmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Seçmeli derslerin birbirleriyle çakışmaları dikkate alınmamıştır. Kısıt kümesi (3.7), ise bir dersliğe birden fazla dersin atanmasını engeller. Kısıt kümesi (3.8), bir telafi dersinin tek bir hafta içerisinde yapılmasını esnek bir kısıttır. Kısıt kümesi (3.9) ise kısıt kümesi (3.8) 'e bağlı olarak telafi derslerinin yalnızca atanmış olduğu haftalarda çizelgelenmesini sağlayan sıkı bir kısıttır. Kısıt kümesi (3.10), atıl zamanlara ders atanmasını engeller. Kısıt kümesi (3.11) ve (3.12), iki ve üç krediye sahip derslerin ardışık zaman dilimlerinde ve aynı dersliklerde yapılmasını, kısıt kümesi (3.13), telafi derslerinin tek bir hafta, gün ve derslik içerisinde çizelgelenmesini sağlayan esnek kısıtlardır. Kısıt kümesi (3.14), aynı gün ve derslikte bir telafi dersine ait en fazla üç kredinin yapılmasını sağlar. Kısıt kümesi (3.15), aynı gün ve derslikte bir telafi dersine ait en az iki kredinin yapılmasını sağlayan esnek bir kısıttır. Kısıt kümesi (3.16), aynı gün içerisinde bir derse ait en fazla üç kredinin çizelgelenebileceğini göstermektedir. Kısıt kümesi (3.17), bir derse ait kredilerin aynı hafta, gün ve derslikte yapılmasını sağlamaktadır. Kısıt kümesi (3.18), telafi dersinin sahip olduğu kredi sayısından fazla kredi atanmasını engellemektedir. Kısıt kümesi (3.19), telafi dersine ait tüm kredilerin atanmasını sağlayan esnek bir kısıttır. Kısıt kümesi (3.20), telafi derslerinin mevcut çizelgedeki dolu zaman boşluklarına atanmasını engelleyen sıkı bir kısıttır.

Kısıt kümesi (3.21-3.22-3.23-3.24-3.25 ve 3.26), değişkenlere ait zaman kısıtlarıdır. Telafl Dersi Çizelgeleme Modeli 'nin etkinliğini ölçmek için çeşitli telafi senaryoları hazırlanmıştır. Bu senaryolar ikinci bölümde elde edilen lisans ders programından hareketle oluşturulmuştur. Senaryolara ilişkin bilgiler ve uygulama sonuçları bölüm 4'de verilmiştir.

4. UYGULAMA ÇALIŞMASI (CASE STUDY)

TDÇP, akademik kurumların her eğitim döneminde karşılaşılabilecekleri bir problemdir. Probleme ilişkin özellikler giriş kısmında tartışılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde giriş kısmında belirtilmiş olan olaylara benzer durumlar için 18 ayrı senaryo geliştirilmiş ve önerilen model, bu senaryolar üzerinde test edilmiştir. Telafl dersi çizelgeleme problemi için geliştirilmiş olan modeller, 8 Gb Ram ve 2.4 Ghz işlemcili bilgisayarda IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.6.0.0 optimizasyon programı yardımıyla çözülmüştür. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3'ün çözümüne ait istatistiksel bilgiler Tablo 7'de, geri kalan 15 senaryoya ilişkin istatistikler ise Tablo 9'da belirtilmiştir.

Senaryo 1: Öğretim elemanları, dönem başında akademik görevli olmaları veya mazeretleri sebebiyle belirtilen tarihlerde ders yapamayacaklarını bölüm başkanlığına bildirmişlerdir. Yapılamayan derslerin ileriki bir tarihte yapılması gerekmektedir. Yapılamayan derslere ilişkin bilgiler Tablo 6'da verilmiştir.

Senaryo 2: Bölümde düzenlenen sempozyum nedeniyle 4. haftada, pazartesi günü dersler yapılamayacaktır. Bu derslerin ileriki tarihlerde yapılması gerekmektedir.

Senaryo 3: Bölüm, 6. Hafta da ikinci sınıflara yönelik teknik gezi düzenlemeyi planlamıştır. Gezinin yapılacağı günleri Perşembe ve Cuma günleri olarak belirlemişlerdir. Gezi nedeniyle bugünlerde dersler yapılamayacaktır. Bu derslerin ileriki bir tarihte yapılması gerekmektedir.

Tablo 6. Senaryo-1'e ilişkin bilgiler (Information related to Scenario-1)

Dersin Kodu	Dersin Adı	Dersi Alan Şube	Dersin yapılmadığı hafta/gün/saat/kredi
ENM106	Endüstri Mühendisliğine Giriş	Birinci Sınıf(1)Normal Öğretim(1) Birinci Şube(1)	4/Çarşamba./08:30-11:20/3
ENM202	Yöneylem Araştırması I	İkinci Sınıf(2) Birinci Öğretim(1) İkinci Şube(2)	7/Salı/14:30-16:20/2
ENM224	İmal Usulleri	İkinci Sınıf(2) Birinci Öğretim(1) Birinci Şube(1)	5/Salı/08:30-11:20/3
ENM208	Mühendislik İstatistiği	İkinci Sınıf(2) İkinci Öğretim(2) Birinci Şube(1)	8/Perşembe/08:30-11:20/3
ENM312	Üretim Planlama ve Stok Kontrol	Üçüncü Sınıf(3) Birinci Öğretim(1) İkinci Şube(2)	9/Pazartesi/13:30-15:20/2
ENM306	Yöneylem Araştırması-3	Üçüncü Sınıf (3)Birinci Öğretim(1) İkinci Şube(2)	3/Perşembe/08:30-11:20/3
ENM404	Yönetim Bilgi Sistemleri	Dördüncü Sınıf(4) Birinci Öğretim(1) İkinci Şube(2)	5/Perşembe/15:30-18:20/3
ENM455	Üretim Dağıtım Sistemleri Planlaması	Dördüncü Sınıf(4) Tüm Şubeler	7/Salı/08:30-11:20/3
ENM471	İş Sağlığı ve Güvenliği	Dördüncü Sınıf(4) Tüm Şubeler	2/Çarşamba/16:30-19:20/3
M226	Mühendislik Mekaniği	İkinci Sınıf(2) Birinci Öğretim(1) Tüm Şubeler	3/Çarşamba/08:30-11:20/3

Tablo 7. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 ün çözümüne ilişkin bilgiler (Information related to solution of Scenario1, Scenario2 and Scenario3)

Senaryo	Ders Sayısı	Kredi Sayısı	Değişken Sayısı	Kısıt Sayısı	Yapılamayan Kredi Sayısı	Çözüm Zamanı	Amaç Fonksiyonu	Çözüm Türü	Gap
Senaryo1	10	28	354181	416335	3	12 saniye 65 sanise	125,5	Optimal	%0
Senaryo2	16	42	566689	640229	0	23 saniye 4 sanise	0	Optimal	%0
Senaryo3	7	17	247927	281973	0	9 saniye 3 sanise	0	Optimal	%0

Tablo 8. Rassal oluşturulmuş telif dersi senaryoları (Random created makeup course scenarios)

Senaryo	Ders Sayısı	Yapılamayan Dersler ve Haftalar(ders, hafta)
Senaryo5_1	5	(48,9)-(5,11)-(70,4)-(78,7)-(40,5)
Senaryo5_2	5	(12,1)-(42,11)-(74,1)-(19,7)-(69,5)
Senaryo5_3	5	(24,13)-(55,13)-(68,11)-(27,11)-(67,3)
Senaryo5_4	5	(77,12)-(59,11)-(76,1)-(47,12)-(66,9)
Senaryo5_5	5	(58,1)-(6,3)-(44,1)-(73,10)-(55,2)
Senaryo10_1	10	(7,3)-(46,4)-(23,2)-(69,7)-(1,1)-(31,9)-(30,13)-(11,10)-(3,2)-(70,1)
Senaryo10_2	10	(25,9)-(51,2)-(36,9)-(31,3)-(14,1)-(58,12)-(17,7)-(24,4)-(61,10)-(78,7)
Senaryo10_3	10	(18,3)-(71,5)-(55,7)-(73,3)-(11,4)-(47,9)-(2,6)-(68,11)-(58,10)-(31,11)
Senaryo10_4	10	(64,9)-(61,5)-(68,2)-(69,1)-(51,2)-(57,11)-(66,7)-(37,10)-(3,9)-(49,11)
Senaryo10_5	10	(22,11)-(71,2)-(29,1)-(26,11)-(41,10)-(6,11)-(56,12)-(14,1)-(4,4)-(18,13)
Senaryo15_1	15	(34,1)-(67,2)-(53,1)-(20,12)-(11,10)-(48,10)-(28,11)-(17,7)-(13,7)-(1,6)-(78,9)-(37,13)-(75,3)-(15,2)-(38,9)
Senaryo15_2	15	(42,3)-(57,4)-(18,1)-(16,9)-(29,13)-(17,12)-(12,4)-(40,4)-(65,5)-(75,7)-(21,13)-(4,3)-(51,10)-(9,1)-(23,6)
Senaryo15_3	15	(66,6)-(2,10)-(41,13)-(39,13)-(67,9)-(5,11)-(55,9)-(73,5)-(14,10)-(4,12)-(58,1)-(45,4)-(7,9)-(74,13)-(10,1)
Senaryo15_4	15	(55,3)-(59,10)-(66,11)-(78,9)-(49,7)-(21,3)-(3,13)-(32,5)-(63,9)-(9,10)-(62,4)-(17,7)-(69,4)-(73,2)-(38,13)
Senaryo15_5	15	(16,7)-(28,10)-(33,4)-(22,4)-(69,5)-(54,3)-(66,4)-(64,6)-(18,2)-(74,4)-(34,2)-(30,9)-(19,6)-(70,13)-(36,3)

Üç telif senaryosunda, üç farklı durum ele alınmıştır. Birinci senaryoda, farklı sınıf ve şubelerin yapılamayan derslerinin aynı anda düşünüldüğü karma bir TDÇP ele alınmıştır. İkinci senaryoda gün bazında yapılamayan derslere ait TDÇP ele alınmıştır. Üçüncü senaryoda yalnızca bir şubeye ait gün bazında yapılamayan dersler için telif dersi çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan problemlerin boyutuna ve çözümüne ilişkin bilgiler Tablo 7’de verilmiştir. Çıktılar, her bir problem için kabul edilebilir bir çözüm zamanı içerisinde uygun çizelgelerin elde edildiği göstermiştir. Tablo 7’deki amaç fonksiyon değerleri, istenilen amaçlara ne ölçüde ulaşıldığının bir göstergesidir. Hem lisans ders programı problemi hem de diğer senaryo problemleri için amaç minimizasyonudur ve amaç fonksiyon değerinin “0” olması arzu edilmektedir. Tablo 7’deki değerlere bakıldığında üç senaryo içinde optimal çözümün bulunduğu ifade edilmiştir. Tablo 15, Tablo 16 ve Tablo 17’de, sırasıyla senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’e ait TDÇP için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Tablolarda yapılamayan telif derslerine ilişkin özellikler ile derslerin yapılacağı hafta, gün, saat ve

dersliğe ait bilgileri yer almaktadır. Örneğin, senaryo 1 için Tablo 15’de birinci satırda “[hafta3-Salı-16:30-17:20-4-3-3-ENM471-*İş Sağlığı ve Güvenliği-doc.dr.metindagdeviren-D408](#)” ifadesi yer almaktadır. Burada telif derslerinin atanmasına ilişkin bilgiler “-” ile ayrılmıştır ve ilgili satırda toplamda 11 adet bilgi bulunmaktadır. İlk dört bilgide telif dersinin hangi hafta, gün ve saat dilimleri arasında yapılacağı yer almaktadır. Sonraki üç bilgi dersin ait olduğu şubeye ilişkin bilgilerdir. İlk rakam dersin ait olduğu sınıfı (birinci (1), ikinci (2), üçüncü (3) veya dördüncü (4) sınıf), ikinci rakam o sınıfa ait öğretim zamanını (normal öğretim (1), ikinci öğretim (2) ve hem normal hem ikinci öğretime verilen ders (3)) ve üçüncü rakam da ilgili şubeyi (birinci şube (1), ikinci şube (2) ya da her iki şube (2)) ifade etmektedir. Son üç bilgi de ise yapılacak telif dersinin ve dersi verecek öğretim elemanının adı ile dersin yapılacağı dersliğe ait bilgiler yer almaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda Tablo 15’de birinci satırda, 4. Sınıfta normal öğretim ve ikinci öğretimin tüm şubelerinin almış olabileceği İş Sağlığı ve Güvenliği Dersi’ nin 3. Hafta Salı günü, 16:30-17:20 saatleri arasında telif edileceği anlaşılmaktadır. Yukarıdaki senaryolar dışında

Tablo 9. Rassal telafleri dersi senaryolarının çözümüne ilişkin bilgiler (Information related to solution of random makeup course scenarios)

Senaryo	Ders Sayısı	Kredi Sayısı	Değişken Sayısı	Kısıt Sayısı	Yapılamayan Kredi Sayısı	Çözüm Zamanı	Amaç Fonksiyonu	Çözüm Türü	Gap
Senaryo5_1	5	15	177091	219675	0	7 saniye 63 sanise	0	Optimal	%0
Senaryo5_2	5	16	177091	206989	0	36 saniye 51 sanise	2	Optimal	%0
Senaryo5_3	5	13	177091	214740	13	7 saniye 25 sanise	0	Optimal	%0
Senaryo5_4	5	15	177091	227910	3	7 saniye 40 sanise	125,5	Optimal	%0
Senaryo5_5	5	15	177091	208540	0	9 saniye 8 sanise	0	Optimal	%0
Senaryo10_1	10	33	354181	402962	0	16 dakika 33 saniye	6	Optimal	%0
Senaryo10_2	10	28	354181	422765	3	9 saniye 76 sanise	125,5	Optimal	%0
Senaryo10_3	10	31	354181	415528	0	1 saat	37	Feasible	%5,86
Senaryo10_4	10	31	354181	429034	3	1 saat	127,5	Optimal	%0
Senaryo10_5	10	30	354181	414723	0	1 saat	37	Feasible	%7,21
Senaryo15_1	15	49	531271	637111	0	1 saat	8	Feasible	%66,67
Senaryo15_2	15	49	531271	640671	0	1 saat	8	Feasible	%66,67
Senaryo15_3	15	49	531271	632096	0	1 saat	8	Feasible	%66,67
Senaryo15_4	15	48	531271	641947	6	1 saat	257	Feasible	%1,33
Senaryo15_5	15	47	531271	630933	0	1 saat	4	Feasible	%37,50

modelin performansını test etmek için yapılamayacak olan derslerin ve bu derslerin yapılamayacağı haftaların rassal bir şekilde belirlendiği 15 farklı rassal senaryo oluşturulmuştur. Senaryolarda bilgisayar derslerinin, bilgisayar laboratuvarında yapılma zorunluluğu ve seçmeli derslerin birbiriyle çakışma durumu dikkate alınmamıştır. Senaryolara ilişkin bilgiler Tablo 8’de belirtilmiştir. Geliştirilen senaryolar bir saatlik bir zaman dilimi için oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir. Ders sayısının beş olduğu tüm durumlar için optimal sonuç çok kısa sürelerde elde edilmiştir. Yapılaman ders sayısı 10 olduğunda ise senaryoya göre çözüm zamanı değişmektedir. Senaryo10_1 ve Senaryo10_2 ve Senaryo10_4’ de bir saatlik çözüm zamanı içerisinde optimal çözüm elde edilirken, Senaryo10_3 ve Senaryo10_5 de bir saatlik zaman dilimi içerisinde uygun çözümler elde edilmiştir. Yapılamayan ders sayısı 15 olduğunda ise bir saatlik çözüm içerisinde optimal çözüm bulunamamış yalnızca uygun çözümler elde edilmiştir. Bu durumun temel nedenlerinden biri 15 adet telafleri dersinin yapılması gerektiği senaryolarda kısıt sayısının çok olmasından kaynaklanmaktadır.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, literatürde az ilgilenilmiş olan telafleri dersi çizelgeleme problemi farklı bir açıdan ele alınmıştır. Telafleri dersi çizelgeleme problemi yeniden tanımlanmış, problemin çözümü için yeni bir matematiksel model geliştirilmiş ve önerilen model Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde uygulanmıştır. Uygulama kapsamında ilk olarak ilgili

bölüm için lisans dersleri çizelgelenmiş, daha sonra bu çizelgeden hareketle telafleri ders senaryoları hazırlanmıştır. Hazırlanan senaryolar, telafleri dersi çizelgeleme problemi için geliştirilmiş olan matematiksel model yardımıyla çözülmüştür. Modelin bazı senaryolarda çok kısa sürelerde optimal çözüme ulaştığı bazı senaryolarda ise kabul edilebilir zaman içerisinde sadece uygun çözümler üretebildiği ve optimal çözüme ulaşamadığı görülmüştür. Bu durum, problemin çok sayıda değişken ve kısıda sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Model içerisindeki parametrelerde (ders sayısı, derslik sayısı, zaman dilimi sayısı) meydana gelen artış, modelin çözüm zamanını ve etkinliğini olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir. Gelecek çalışmalarda geliştirilmiş olan matematiksel modele, sezgisel yöntem, yapay zekâ ve doğru arama-budama stratejileri uygulayarak, büyük boyutlu problemler de kabul edilebilir zamanlar içinde çözümler alınabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca önerilen modelin bazı modifikasyonların yapılmasıyla ders çizelgeleme problemleri dışında farklı alanlarda da uygulanabileceği düşünülmektedir. Bu alanlar; Çeşitli nedenlerden dolayı aksayan bir projenin teslim zamanı içerisinde yetiştirilmesi için kaynak ve ekipmanın mevcut şartlar altında yeniden çizelgelenmesi, fabrikalarda gelen ani siparişlerin, mevcut üretim programını bozmadan ya da en az şekilde bozacak şekilde, ilgili teknolojik kısıtlar altında üretim programına dahil edilmesi, çeşitli nedenlerden dolayı ertelenen uçuşların mevcut uçuş programı içerisinde çizelgelenmesi, çeşitli durumlardan dolayı polislerin, uçuş mürettebatının, doktorların veya hemşirelerin nöbet ve görev

çizelgelerinin, mevcut aylık ya da haftalık çizelge altında yeniden çizelgelenmesidir. Her bir uygulama alanı kendi ait özelliklere ve kısıtlara sahiptir. Bu nedenden dolayı modeli farklı alanlarda uygularken bir takım sorunlarla karşılaşılabilir. Değişken yapısında meydana gelen değişiklikler, yeni kısıtların eklenmesi ya da mevcut kısıtların çıkarılması bu sorunlardan bazılarıdır. Modelde yapılacak uygun değişiklikler ile bu sorunların giderileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. İnternet: <http://www.timeturk.com/kocaeli-nde-universite-tatil-edildi/haber-116480>
2. İnternet: <http://www.universityworldnews.com/article.php?story=20150429122217633>
3. İnternet: <https://bianet.org/bianet/egitim/162624-ege-universitesi-nde-uc-gun-sonra-ders-basi>
4. İnternet: <http://www.milliyet.com.tr/5-6-8-9-haziran-2015-okullar-tatil-gundem-2069336/>
5. İnternet: <http://www.gemipersoneli.com/haberler/613/bang-lades'e-yaklasan-dev-hortum-nedeniyle-liman-kentlerine-en-yukse-duceyde-alarm-verildi>
6. Chen, R. M., ve Shih, H. F., “Solving University Course Timetabling Problems Using Constriction Particle Swarm Optimization with Local Search”, **Algorithms**, Cilt 6, No 2, 227-244, 2013.
7. Al-Yakoob, S. M. ve Sherali, H. D., “Mathematical Models and Algorithms For A High School Timetabling Problem”, **Computers & Operations Research**, Cilt 61, 56-68, 2015.
8. Daskalaki, S., Birbas, T. ve Housos, E., “An Integer Programming Formulation For A Case Study In University Timetabling”, **European Journal of Operational Research**, Cilt 153, No 1, 117-135, 2004.
9. Köçken, H. G., Özdemir, R., & Ahlatcıoğlu, M., “Üniversite Ders Zaman Çizelgeleme Problemi İçin İkili Tamsayı Bir Model ve Bir Uygulama”, **Journal of the School of Business Administration**, Istanbul University, Cilt 43, No 1, 28-54, 2014.
10. MirHassani, S. A., “A Computational Approach To Enhancing Course Timetabling with Integer Programming”, **Applied Mathematics and Computation**, Cilt 175, No 1, 814-822, 2006
11. Santos, H. G., Uchoa, E., Ochi, L. S., & Maculan, N., “Strong Bounds with Cut and Column Generation for Class-Teacher Timetabling”, **Annals of Operations Research**, Cilt 194, No 1, 399-412, 2012.
12. Schimmelpfeng, K. and Helber, S. “Application of a real-world university-course timetabling model solved by integer programming”. **Or Spectrum**, Cilt 29, No 4, 783-803, 2007.
13. Ismayilova, N. A., Sağır, M. and Gasimov, R. N., “A multiobjective faculty-course-time slot assignment problem with preferences”, **Mathematical and Computer Modelling**, Cilt 46, No 7, 1017-1029, 2007.
14. Bakir, M. A. ve Aksop, C., “A 0-1 integer programming approach to a university timetabling problem”, **Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics**, Cilt 37, No 1, 2008.
15. Küçükşille, E. U. ve Tokmak, M., “Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanarak Otomatik Ders Çizelgeleme”, **Journal of Natural & Applied Sciences**, Cilt 15, No 3, 2011.
16. Yiğit, T., “Meslek Liseleri Haftalık Ders Çizelgelerinin Genetik Algoritmalar Yardımıyla Oluşturulması”, **Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi**, Cilt 19, 25-39, 2006.
17. Abramson, D., “Constructing School Timetables Using Simulated Annealing: Sequential and Parallel Algorithms”, **Management science**, Cilt 37, No 1, 98-113, 1991.
18. Valouxis, C. ve Housos, E., “Constraint Programming Approach for School Timetabling”, **Computers & Operations Research**, Cilt 30, No 10, 1555-1572, 2003.
19. Papoutsis, K., Valouxis, C., ve Housos, E. “A column generation approach for the timetabling problem of Greek high schools”, **Journal of the Operational Research Society**, Cilt 54, No 3, 230-238, 2003.
20. Gunawan, A., Ng, K. M., ve Poh, K. L., “A Hybridized Lagrangian Relaxation And Simulated Annealing Method for the Course Timetabling Problem”, **Computers & Operations Research**, Cilt 39, No 12, 3074-3088, 2012.
21. Gerşil, M. ve Palamutçuoğlu, T., “Ders Çizelgeleme Probleminin Melez Genetik Algoritmalar İle Performans Analizi”, **Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 6, No 1, 242, 2013.
22. Harjunkoski, I., ve Grossmann, I. E., “Decomposition Techniques For Multistage Scheduling Problems Using Mixed-Integer and Constraint Programming Methods”, **Computers & Chemical Engineering**, Cilt 26, No 11, 1533-1552, 2002.
23. Rudová, H., Müller, T., ve Murray, K., “Complex University Course Timetabling”, **Journal of Scheduling**, Cilt 14, No 2, 187-207, 2011.
24. Mahiba, A. A. ve Durai, C. A. D., “Genetic Algorithm with Search Bank Strategies for University Course Timetabling Problem”, **Procedia Engineering**, Cilt 38, 253-263, 2012.
25. Kohshori, M. S., M. S. Abadeh ve Sajedi, H., “A fuzzy genetic algorithm with local search for university course timetabling. **Data Mining and Intelligent Information Technology Applications (ICMiA), 2011 3rd International Conference on**, 250-254, 2011, IEEE.

26. Rachmawati, L. ve Srinivasan, D., "A hybrid fuzzy evolutionary algorithm for a multi-objective resource allocation problem", **Hybrid Intelligent Systems, 2005. HIS'05. Fifth International Conference on**, 2005, IEEE.
27. Golabpour, A., Farahi, A., Beigi, H., Shirazi, H., and Kootiani, A., "A fuzzy solution based on Memetic algorithms for timetabling", **MultiMedia and Information Technology, 2008. MMIT'08, International Conference on**, 108-110, 2008, IEEE.
28. Pongcharoen, P., Promtet, W., Yenradee, P., ve Hicks, C., "Stochastic optimisation timetabling tool for university course scheduling", **International Journal of Production Economics**, Cilt 112, No 2, 903-918, 2008.
29. Asmuni, H., Burke, E. K., ve Garibaldi, J. M., "Fuzzy multiple heuristic ordering for course timetabling", **Proceedings of the 5th United Kingdom workshop on computational intelligence (UKCI 2005)**, 2005, Citeseer.
30. Shiau, D. F., "A Hybrid Particle Swarm Optimization for A University Course Scheduling Problem with Flexible Preferences", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 1, 235-248, 2011.
31. Shen, L. W., Asmuni, H., & Weng, F. C., "A Modified Migrating Bird Optimization for University Course Timetabling Problem", **Jurnal Teknologi**, Cilt 72, No 1, 2014.
32. Shimazaki, S., Kunio S., ve Tad Mat., "Iterative Optimization Techniques Based on Man-Machine Interaction for Timetabling Problems." **Computational Intelligence and Applications (IWCIA), 2014 IEEE 7th International Workshop on**, 2014, IEEE.
33. Chaudhry, N., Nayab, R., Bashir, S., Alvi, F., Taimoor, S, A, M., "Integrating Case-Based Reasoning and Tabu Search for University Makeup Class Scheduling", **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**", Cilt 4, No 9S, 36-44, 2014.

EKLER (Appendices)**Tablo 10.** Bahar Yarıyılı Pazartesi Gününe Ait Ders Programı (Course Program of Spring Semester Monday Day)

Pazartesi	403	404	406	407	408	409	411	41
08:30-09:20		ENM467(3)(3)(1)		ENM202(2)(2)(2)			ENM361(3)(3)(1)	
09:30-10:20		ENM467(3)(3)(1)		ENM202(2)(2)(2)			ENM361(3)(3)(1)	
10:30-11:20		ENM467(3)(3)(1)				ENM224(2)(1)(1)	ENM361(3)(3)(1)	MM226(1)(3)(1)
11:30-12:20			ENM369(3)(3)(1)	SS472(FG)(3)(3)(1)		ENM224(2)(1)(1)		MM226(1)(3)(1)
12:30-13:20			ENM369(3)(3)(1)	SS472(FG)(3)(3)(1)		ENM224(2)(1)(1)		MM226(1)(3)(1)
13:30-14:20		SS472(TTY)(3)(3)(1)	ENM369(3)(3)(1)	SS472(FG)(3)(3)(1)		ENM202(2)(1)(2)	ENM224(1)(2)(1)	
14:30-15:20		SS472(TTY)(3)(3)(1)			ENM355(3)(3)(1)	ENM202(2)(1)(2)	ENM224(1)(2)(1)	
15:30-16:20		SS472(TTY)(3)(3)(1)			ENM355(3)(3)(1)		ENM224(1)(2)(1)	
16:30-17:20				ENM466(3)(3)(1)	ENM355(3)(3)(1)		ENM252(3)(3)(1)	
17:30-18:20			ENM312(1)(1)(2)	ENM466(3)(3)(1)	ENM312(2)(1)(2)		ENM252(3)(3)(1)	ENM312(1)(2)(2)
18:30-19:20			ENM312(1)(1)(2)	ENM466(3)(3)(1)	ENM312(2)(1)(2)			ENM312(1)(2)(2)

Tablo 11. Bahar Yarıyılı Salı Gününe Ait Ders Programı (Course Program of Spring Semester Tuesday Day)

Salı	403	404	406	407	408	409	411	41
08:30-09:20		ENM456(3)(3)(1)				ENM106(2)(1)(1)		
09:30-10:20		ENM456(3)(3)(1)		ENM208(2)(2)(1)		ENM106(2)(1)(1)	ENM353(3)(3)(1)	
10:30-11:20	ENF106(1)(2)(2)	ENM456(3)(3)(1)		ENM208(2)(2)(1)		ENM106(2)(1)(1)	ENM353(3)(3)(1)	
11:30-12:20	ENF106(1)(2)(2)			ENM208(2)(2)(1)		ENM206(2)(1)(1)	ENM353(3)(3)(1)	ENM469(3)(3)(1)
12:30-13:20	ENF106(2)(1)(2)					ENM206(2)(1)(1)	ENM208(1)(2)(1)	ENM469(3)(3)(1)
13:30-14:20	ENF106(2)(1)(2)		ENM322(1)(2)(1)			ENM206(2)(1)(1)	ENM208(1)(2)(1)	ENM469(3)(3)(1)
14:30-15:20			ENM322(1)(2)(1)			ENM312(2)(2)(2)	ENM208(1)(2)(1)	ENM458(3)(3)(1)
15:30-16:20			ENM322(1)(2)(1)	ENM253(3)(3)(1)		ENM312(2)(2)(2)		ENM458(3)(3)(1)
16:30-17:20			ENM372(3)(3)(1)	ENM253(3)(3)(1)				ENM458(3)(3)(1)
17:30-18:20		ENM202(1)(2)(2)	ENM372(3)(3)(1)			ENM443/ENM444(3)(3)(2)		
18:30-19:20		ENM202(1)(2)(2)	ENM372(3)(3)(1)			ENM443/ENM444(3)(3)(2)		

Tablo 12. Bahar Yarıyılı Çarşamba Gününe Ait Ders Programı (Course Program of Spring Semester Wednesday Day)

Çarşamba	403	404	406	407	408	409	411	41
08:30-09:20			ENM316(2)(2)(1)	ENM208(1)(1)(1)		ENM306(1)(1)(1)	ENM106(1)(2)(1)	ENM471(3)(3)(1)
09:30-10:20	ENF106(1)(1)(2)		ENM316(2)(2)(1)	ENM208(1)(1)(1)		ENM306(1)(1)(1)	ENM106(1)(2)(1)	ENM471(3)(3)(1)
10:30-11:20	ENF106(1)(1)(2)		ENM316(2)(2)(1)	ENM208(1)(1)(1)		ENM306(1)(1)(1)	ENM106(1)(2)(1)	ENM471(3)(3)(1)
11:30-12:20				SS472(SP)(3)(3)(1)	ENM344(3)(3)(2)			
12:30-13:20				SS472(SP)(3)(3)(1)	ENM344(3)(3)(2)	ENM254(3)(3)(1)		
13:30-14:20			ENM306(2)(2)(1)	SS472(SP)(3)(3)(1)		ENM254(3)(3)(1)		
14:30-15:20	ENM463(3)(3)(1)	ENM306(2)(2)(1)	ENM306(2)(1)(1)	ENM322(1)(1)(1)	ENM306(1)(2)(1)			MM226(2)(3)(1)
15:30-16:20	ENM463(3)(3)(1)	ENM306(2)(2)(1)	ENM306(2)(1)(1)	ENM322(1)(1)(1)	ENM306(1)(2)(1)			MM226(2)(3)(1)
16:30-17:20	ENM463(3)(3)(1)	ENM455(3)(3)(1)	ENM306(2)(1)(1)	ENM322(1)(1)(1)	ENM306(1)(2)(1)			MM226(2)(3)(1)
17:30-18:20		ENM455(3)(3)(1)		ENM250(3)(3)(1)	ENM312(2)(1)(2)			
18:30-19:20		ENM455(3)(3)(1)		ENM250(3)(3)(1)	ENM312(2)(1)(2)			

Tablo 13. Bahar Yarıyılı Perşembe Gününe Ait Ders Programı (Course Program of Spring Semester Thursday Day)

Perşembe	403	404	406	407	408	409	411	41
08:30-09:20				ENM443/ENM444(3)(3)(2)			ENM370(3)(3)(1)	
09:30-10:20			ENM224(1)(1)(1)	ENM443/ENM444(3)(3)(2)			ENM370(3)(3)(1)	
10:30-11:20			ENM224(1)(1)(1)	ENM404(1)(1)(1)	ENM404(1)(2)(1)		ENM370(3)(3)(1)	ENM406(2)(3)(1)
11:30-12:20			ENM224(1)(1)(1)	ENM404(1)(1)(1)	ENM404(1)(2)(1)	ENM316(2)(1)(1)		ENM406(2)(3)(1)
12:30-13:20				ENM404(1)(1)(1)	ENM404(1)(2)(1)	ENM316(2)(1)(1)	ENM322(2)(2)(1)	
13:30-14:20		ENM404(2)(2)(1)		ENM406(1)(3)(1)	ENM404(2)(1)(1)	ENM316(2)(1)(1)	ENM322(2)(2)(1)	ENM312(1)(1)(2)
14:30-15:20		ENM404(2)(2)(1)	ENM202(1)(1)(2)	ENM406(1)(3)(1)	ENM404(2)(1)(1)		ENM322(2)(2)(1)	ENM312(1)(1)(2)
15:30-16:20	ENF106(2)(2)(2)	ENM404(2)(2)(1)	ENM202(1)(1)(2)	ENM206(2)(2)(1)	ENM404(2)(1)(1)	ENM312(2)(2)(2)		
16:30-17:20	ENF106(2)(2)(2)	ENM476(3)(3)(1)		ENM206(2)(2)(1)	ENM316(1)(2)(1)	ENM312(2)(2)(2)	ENM316(1)(1)(1)	ENM450(3)(3)(1)
17:30-18:20		ENM476(3)(3)(1)		ENM206(2)(2)(1)	ENM316(1)(2)(1)		ENM316(1)(1)(1)	ENM450(3)(3)(1)
18:30-19:20		ENM476(3)(3)(1)			ENM316(1)(2)(1)		ENM316(1)(1)(1)	ENM450(3)(3)(1)

Tablo 14. Bahar Yarıyılı Cuma Gününe Ait Ders Programı (Course Program of Spring Semester Friday Day)

Cuma	403	404	406	407	408	409	411	41
08:30-09:20		ENM344(3)(3)(2)			ENM459(3)(3)(1)	ENM106(1)(1)(1)	ENM202(2)(1)(2)	ENM202(1)(1)(2)
09:30-10:20	ENF106(2)(2)(2)	ENM344(3)(3)(2)	ENM202(1)(2)(2)		ENM459(3)(3)(1)	ENM106(1)(1)(1)	ENM202(2)(1)(2)	ENM202(1)(1)(2)
10:30-11:20	ENF106(2)(2)(2)		ENM202(1)(2)(2)		ENM459(3)(3)(1)	ENM106(1)(1)(1)	ENM224(2)(2)(1)	ENM373(3)(3)(1)
11:30-12:20	ENF106(1)(1)(2)		ENM453(3)(3)(1)	ENM206(1)(3)(1)			ENM224(2)(2)(1)	ENM373(3)(3)(1)
12:30-13:20	ENF106(1)(1)(2)		ENM453(3)(3)(1)	ENM206(1)(3)(1)	SS472(PG)(3)(3)(1)		ENM224(2)(2)(1)	ENM373(3)(3)(1)
13:30-14:20		ENM322(2)(1)(1)	ENM453(3)(3)(1)	ENM206(1)(3)(1)	SS472(PG)(3)(3)(1)			
14:30-15:20		ENM322(2)(1)(1)			SS472(PG)(3)(3)(1)	ENM470(3)(3)(1)	ENM312(1)(2)(2)	
15:30-16:20	ENF106(1)(2)(2)	ENM322(2)(1)(1)			ENM106(2)(2)(1)	ENM470(3)(3)(1)	ENM312(1)(2)(2)	
16:30-17:20	ENF106(1)(2)(2)				ENM106(2)(2)(1)	ENM470(3)(3)(1)	ENM208(2)(1)(1)	ENM451(3)(3)(1)
17:30-18:20	ENF106(2)(1)(2)				ENM106(2)(2)(1)	ENM202(2)(2)(2)	ENM208(2)(1)(1)	ENM451(3)(3)(1)
18:30-19:20	ENF106(2)(1)(2)					ENM202(2)(2)(2)	ENM208(2)(1)(1)	ENM451(3)(3)(1)

Tablo 15: Senaryo-1 için telafi ders programı (Makeup Course Program for Scenario-1)

hafta3-Salı-16:30-17:20-4-3-3-ENM471-İş Sağlığı ve Güvenliği-doc.dr.metindagdeviren-D408
hafta3-Salı-17:30-18:20-4-3-3-ENM471-İş Sağlığı ve Güvenliği-doc.dr.metindagdeviren-D408
hafta3-Salı-18:30-19:20-4-3-3-ENM471-İş Sağlığı ve Güvenliği-doc.dr.metindagdeviren-D408
hafta4-Salı-08:30-09:20-2-1-3-MM226-Mühendislik Mekaniği-ogr.gor.tuncapatay-D414
hafta4-Salı-09:30-10:20-2-1-3-MM226-Mühendislik Mekaniği-ogr.gor.tuncapatay-D414
hafta4-Salı-10:30-11:20-2-1-3-MM226-Mühendislik Mekaniği-ogr.gor.tuncapatay-D414
hafta5-Perşembe-08:30-09:20-1-1-1-ENM106-Endüstri Mühendisliğine Giriş-doc.dr.h.edizatmaca-D409
hafta5-Perşembe-09:30-10:20-1-1-1-ENM106-Endüstri Mühendisliğine Giriş-doc.dr.h.edizatmaca-D409
hafta5-Perşembe-10:30-11:20-1-1-1-ENM106-Endüstri Mühendisliğine Giriş-doc.dr.h.edizatmaca-D409
hafta6-Perşembe-16:30-17:20-2-1-1-ENM224-İmal Usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D406
hafta6-Perşembe-17:30-18:20-2-1-1-ENM224-İmal Usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D406
hafta6-Perşembe-18:30-19:20-2-1-1-ENM224-İmal Usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D406
hafta7-Çarşamba-08:30-09:20-3-1-2-ENM306-Yöneylem Araştırması 3-prof.dr.bilaltoklu-D404
hafta7-Çarşamba-09:30-10:20-3-1-2-ENM306-Yöneylem Araştırması 3-prof.dr.bilaltoklu-D404
hafta7-Çarşamba-10:30-11:20-3-1-2-ENM306-Yöneylem Araştırması 3-prof.dr.bilaltoklu-D404
hafta9-Perşembe-12:30-13:20-2-1-2-ENM202-Yöneylem Araştırması 1-doc.dr.mehmetatak-D406
hafta9-Perşembe-13:30-14:20-2-1-2-ENM202-Yöneylem Araştırması 1-doc.dr.mehmetatak-D406
hafta9-Cuma-11:30-12:20-4-3-3-ENM455-Üretim Dağıtım Sistemleri Planlaması-yrd.doc.dr.muratarikan-D409
hafta9-Cuma-12:30-13:20-4-3-3-ENM455-Üretim Dağıtım Sistemleri Planlaması-yrd.doc.dr.muratarikan-D409
hafta9-Cuma-13:30-14:20-4-3-3-ENM455-Üretim Dağıtım Sistemleri Planlaması-yrd.doc.dr.muratarikan-D409
hafta10-Çarşamba-17:30-18:20-3-1-2-ENM312-Üretim Planlama Ve Stok Kontrol-ogr.gor.dr.hakancercioglu-D403
hafta10-Çarşamba-18:30-19:20-3-1-2-ENM312-Üretim Planlama Ve Stok Kontrol-ogr.gor.dr.hakancercioglu-D403
hafta15-Cuma-13:30-14:20-2-2-1-ENM208-Mühendislik İstatistiği-doc.dr.ugurozcan-D414
hafta15-Cuma-14:30-15:20-2-2-1-ENM208-Mühendislik İstatistiği-doc.dr.ugurozcan-D414
hafta15-Cuma-15:30-16:20-2-2-1-ENM208-Mühendislik İstatistiği-doc.dr.ugurozcan-D414

Tablo 16. Senaryo-2 için telafi ders programı (Makeup Course Program for Scenario-2)

hafta5-Pazartesi-08:30-09:20-4-3-3-ENM466-uluslararası.finans-prof.dr.zulalgungor-D406
hafta5-Pazartesi-09:30-10:20-4-3-3-ENM466-uluslararası.finans-prof.dr.zulalgungor-D406
hafta5-Pazartesi-10:30-11:20-4-3-3-ENM466-uluslararası.finans-prof.dr.zulalgungor-D406
hafta5-Pazartesi-11:30-12:20-2-2-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-yrd.doc.dr.muratarikan-D411
hafta5-Pazartesi-12:30-13:20-2-2-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-yrd.doc.dr.muratarikan-D411
hafta5-Pazartesi-14:30-15:20-4-3-3-SS472(FG)-felsefeye.giris-prof.dr.kazimsarikavak-D406
hafta5-Pazartesi-15:30-16:20-4-3-3-SS472(FG)-felsefeye.giris-prof.dr.kazimsarikavak-D406
hafta5-Pazartesi-16:30-17:20-4-3-3-ENM476-malzeme.tasima.ve.depolama.sistemleri-yrd.doc.dr.yesimkalender-D404
hafta5-Pazartesi-16:30-17:20-4-3-3-SS472(TTY)-turkiyenin.toplumsal.yapisi-doc.dr.aysecanatan-D409
hafta5-Pazartesi-16:30-17:20-4-3-3-SS472(FG)-felsefeye.giris-prof.dr.kazimsarikavak-D406
hafta5-Pazartesi-17:30-18:20-4-3-3-ENM476-malzeme.tasima.ve.depolama.sistemleri-yrd.doc.dr.yesimkalender-D404
hafta5-Pazartesi-17:30-18:20-4-3-3-SS472(TTY)-turkiyenin.toplumsal.yapisi-doc.dr.aysecanatan-D409
hafta5-Pazartesi-18:30-19:20-4-3-3-ENM476-malzeme.tasima.ve.depolama.sistemleri-yrd.doc.dr.yesimkalender-D404
hafta5-Pazartesi-18:30-19:20-4-3-3-SS472(TTY)-turkiyenin.toplumsal.yapisi-doc.dr.aysecanatan-D409
hafta5-Salı-17:30-18:20-2-2-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.feyzanarikan-D414
hafta5-Salı-18:30-19:20-2-2-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.feyzanarikan-D414
hafta5-Çarşamba-17:30-18:20-3-1-2-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-ogr.gor.dr.hakancercioglu-D407
hafta5-Çarşamba-18:30-19:20-3-1-2-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-ogr.gor.dr.hakancercioglu-D407
hafta5-Perşembe-08:30-09:20-3-3-3-ENM355-ismetme.yonetimi-prof.dr.mustafakurt-D403
hafta5-Perşembe-08:30-09:20-3-3-3-ENM361-pazarlama-prof.dr.nurettinparilti-D404
hafta5-Perşembe-09:30-10:20-3-3-3-ENM355-ismetme.yonetimi-prof.dr.mustafakurt-D403
hafta5-Perşembe-09:30-10:20-3-3-3-ENM361-pazarlama-prof.dr.nurettinparilti-D404
hafta5-Perşembe-10:30-11:20-3-3-3-ENM355-ismetme.yonetimi-prof.dr.mustafakurt-D403
hafta5-Perşembe-10:30-11:20-3-3-3-ENM361-pazarlama-prof.dr.nurettinparilti-D404
hafta5-Perşembe-12:30-13:20-2-3-3-ENM252-davranis.bilimleri-doc.dr.haticedemirbas-D406
hafta5-Perşembe-13:30-14:20-2-3-3-ENM252-davranis.bilimleri-doc.dr.haticedemirbas-D406
hafta5-Perşembe-17:30-18:20-3-2-1-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-doc.dr.h.edizatmaca-D409
hafta5-Perşembe-18:30-19:20-3-2-1-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-doc.dr.h.edizatmaca-D409
hafta5-Cuma-10:30-11:20-3-3-3-ENM369-is.analizi.ve.degerlendirme-prof.dr.mustafakurt-D404
hafta5-Cuma-11:30-12:20-3-3-3-ENM369-is.analizi.ve.degerlendirme-prof.dr.mustafakurt-D404
hafta5-Cuma-12:30-13:20-3-3-3-ENM369-is.analizi.ve.degerlendirme-prof.dr.mustafakurt-D404
hafta6-Salı-08:30-09:20-2-1-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta6-Salı-09:30-10:20-2-1-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta6-Salı-10:30-11:20-2-1-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta6-Çarşamba-17:30-18:20-3-1-1-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-prof.dr.ertanguner-D404
hafta6-Çarşamba-18:30-19:20-3-1-1-ENM312-uretim.planlama.ve.stok.kontrol-prof.dr.ertanguner-D404
hafta7-Salı-08:30-09:20-2-2-1-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta7-Salı-09:30-10:20-2-2-1-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta7-Salı-10:30-11:20-2-2-1-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D414
hafta9-Salı-08:30-09:20-2-1-3-MM226-muhendislik.mekanigi-ogr.gor.tuncapatay-D414
hafta9-Salı-09:30-10:20-2-1-3-MM226-muhendislik.mekanigi-ogr.gor.tuncapatay-D414
hafta9-Salı-10:30-11:20-2-1-3-MM226-muhendislik.mekanigi-ogr.gor.tuncapatay-D414

Tablo 17. Senaryo-3 için telafl ders programı (Makeup Course Program for Scenario-3)

hafta7-Pazartesi-08:30-09:20-2-1-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.mehmetatak-D406
hafta7-Pazartesi-08:30-09:20-2-2-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.feyzanarikan-D409
hafta7-Pazartesi-08:30-09:20-2-1-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-prof.dr.bilaltoklu-D408
hafta7-Pazartesi-09:30-10:20-2-1-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.mehmetatak-D406
hafta7-Pazartesi-09:30-10:20-2-2-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-doc.dr.feyzanarikan-D409
hafta7-Pazartesi-09:30-10:20-2-1-1-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-prof.dr.bilaltoklu-D408
hafta7-Pazartesi-11:30-12:20-2-2-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-yrd.doc.dr.muratarikan-D411
hafta7-Pazartesi-12:30-13:20-2-2-2-ENM202-yoneylem.arastirmasi.1-yrd.doc.dr.muratarikan-D411
hafta7-Salı-08:30-09:20-2-1-3-ENM206-diferansiyel.denklemler-prof.dr.fatmaayaz-D414
hafta7-Salı-09:30-10:20-2-1-3-ENM206-diferansiyel.denklemler-prof.dr.fatmaayaz-D414
hafta7-Salı-10:30-11:20-2-1-3-ENM206-diferansiyel.denklemler-prof.dr.fatmaayaz-D414
hafta7-Salı-12:30-13:20-2-2-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D407
hafta7-Salı-13:30-14:20-2-2-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D407
hafta7-Salı-14:30-15:20-2-2-2-ENM224-imal.usulleri-doc.dr.adnanakkurt-D407
hafta7-Cuma-11:30-12:20-2-2-1-ENM208-muhendislik.istatistigi-doc.dr.ugurozcan-D409
hafta7-Cuma-12:30-13:20-2-2-1-ENM208-muhendislik.istatistigi-doc.dr.ugurozcan-D409
hafta7-Cuma-13:30-14:20-2-2-1-ENM208-muhendislik.istatistigi-doc.dr.ugurozcan-D409