

SINAV PERSONEL ÇİZELGELEME MODELİ

Alptekin ÇORUHLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2007

ANKARA

Alptekin ÇORUHLU tarafından hazırlanan SINAV PERSONEL ÇİZELGELEME MODELİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Ertan GÜNER
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Orhan TÜRKBEY
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Prof.Dr. Ertan GÜNER
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr. Mustafa YURDAKUL
Makine Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Tarih: 15/10/2007

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Alptekin ÇORUHLU

SINAV PERSONEL ÇİZELGELEME MODELİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Alptekin ÇORUHLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2007

ÖZET

Akademik kurumlarda idarenin, eğitimcilerin ve öğrencilerin istek ve ihtiyaçlarını aynı anda göz önünde bulundurarak etkin çizelgelerin oluşturulması, bu iş ile uğraşan personel için oldukça zor ve zaman alıcı bir faaliyettir. Son yıllarda yazılım ve donanın teknolojisindeki gelişmelere rağmen birçok eğitim kurumunda çizelgeler hala elle oluşturulmakta ve istenilen verimlilik sağlanamamaktadır. Bu çalışmada yaklaşık dört bin öğrencinin eğitim öğretimine devam ettiği bir yüksek öğretim kurumunda sınav çizelgeleme problemi göz önüne alınmıştır. Sınavlar on günlük sınav periyodunda, her gün on iki sınav salonunda dört farklı oturumda yapılmakta olup, yaklaşık yüz elli sınav görevlisi görev almaktadır. Farklı kapasitelere ve fiziksel koşullara sahip sınav salonlarına sınav görevlilerinin atanmasını sağlayan tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Modele veri girişinin kolaylaştırılması amacıyla basit ara yüzler hazırlanmıştır. Ara yüzler sayesinde sınav salonlarında görevlendirilecek personelin mazeret durumlarının sisteme girilmesine, istenilen gün ve oturumlarda istenilen sınav salonlarının açılmasına ve sınav salonlarına arzu edilen miktarda personel planlanmasına imkân sağlanmıştır. Model öncelikle kısıt tatmin problemi olarak ele alınmış ve farklı boyutlarda çözümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca model, eklenen amaç fonksiyonu ve ilave kısıtlarla eniyileme modeline dönüştürülmüş ve farklı boyutlarda yapılan problem çözümlerinde en iyi çözüme kabul edilebilir süreler

içinde ulaşılmıştır. Son aşamada model hedef programlama problemi olarak ele alınmış, kabul edilebilir süreler içinde uygun çözümlere ulaşılmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.148

Anahtar Kelimeler : Sınav, Personel, Çizelgeleme, Tamsayılı doğrusal programlama

Sayfa Adedi : 92

Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Ertan GÜNER

EXAMINATION STAFF SCHEDULING MODEL**(M.Sc. Thesis)****Alptekin ÇORUHLU****GAZİ UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****October 2007****ABSTRACT**

It is a difficult and time consuming task for the personnel to prepare schedules that takes into considerations the demands of the students, educators and the administrators in academic institutions. In spite of the recent developments in the software and hardware technology, in most of the educational institutions the schedules are still prepared by hand and the desirable productivity cannot be achieved. In this research, in a higher educational institution in which nearly four thousand students are educated, exam staff scheduling problem has been studied. An integer programming model is developed in order to schedule nearly 150 exam supervisors to 12 different exam halls in a 10 days exam period, everyday in four different sessions. For the problem available exam halls have various capacities and physical conditions. Simple interfaces are prepared in order to simplify data input to the model. By the help of these interfaces it has been possible to input the excuses of the exam supervisors, and to open exam halls on the required day, on the required session and to supply enough number of exam supervisors to exam halls. Firstly the model was examined as the constraint satisfaction problem and it was solved in different dimensions. Then the model was turned into the optimization model by the help of the additional objective function and the best solution was achieved in desirable amount of time while solving the problem with different dimensions. At the last step by the help of the new additional constraints and the objective functions the model was

considered as the goal programming problem, the appropriate solutions were found in an acceptable amount of time.

Science Code : 906.1.148
Key Words : Examination, Staff, Scheduling, Integer linear programming
Page Number : 92
Adviser : Prof. Dr. Ertan GÜNER

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendirin Hocam Prof. Dr. Ertan GÜNER'e, ayrıca Dr. P. Yzb. M. Yekta SOYLU'ya ve tüm mesai arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eőim Elif ÇORUHLU'ya ve aileme teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. EĞİTİM ÖĞRETİM KURUMLARINDA ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ	4
2.1. Sınav Çizelgeleme Problemleri	6
2.2. Ders Çizelgeleme Problemleri	8
2.3. Çözüm Yaklaşımları	10
2.4. Eğitim Öğretim Kurumlarında Çizelgeleme Problemi Üzerine Çalışmalar	15
3. SINAV PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMİ	27
3.1. Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli	28
3.1.1. İndisler, değişkenler ve parametreler	28
3.1.2. Amaç fonksiyonu	30
3.1.3. Kısıtlar	30
3.2. Uygulama	32

	Sayfa
3.2.1. Örnek durum	33
3.2.2. Problemin farklı boyutlarda çözümlerinin test edilmesi	40
3.2.3. Görevlilerin görevli oldukları toplam gün miktarının minimize edildiği durum çalışmaları	46
3.2.4. Önerilen model için hedef programlama yaklaşımı	51
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	58
EKLER	65
EK-1 Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu	66
EK- 2 Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali	72
ÖZGEÇMİŞ	92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Literatür incelemesinin özet halinde sunumu	25
Çizelge 3.1. Toplam 50 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları	41
Çizelge 3.2. Toplam 100 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları	42
Çizelge 3.3. Toplam 150 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları	42
Çizelge 3.4. Toplam 200 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları	43
Çizelge 3.5. Toplam 250 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları	44
Çizelge 3.6. Sabit görev miktarı için toplam görevli miktarı ile çözüm sürelerinin değişimi	45
Çizelge 3.7. 50 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	47
Çizelge 3.8. 80 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	48
Çizelge 3.9. 100 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	48
Çizelge 3.10. 150 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	48
Çizelge 3.11. 200 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	48
Çizelge 3.12. 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyleme modeli, başkan)	49

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.13. 50 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	50
Çizelge 3.14. 80 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	50
Çizelge 3.15. 100 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	50
Çizelge 3.16. 150 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	51
Çizelge 3.17. 200 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	51
Çizelge 3.18. 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)	51
Çizelge 3.19. Hedef programlama yaklaşımı ile örnek problem çözümleri	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Görevli personel/Sınav salonu giriş sayfası	33
Şekil 3.2. Gün/Oturum/Sınav salonu uygunluk sayfası	34
Şekil 3.3. Sınav salonları personel ihtiyacının belirlenmesi	35
Şekil 3.4. Personel/Gün/Oturum uygunluk sayfası	36
Şekil 3.5. Görev ayarlama ve eniyileme sayfası	37
Şekil 3.6. Hesaplama sayfası	38
Şekil 3.7. LINGO Solver Status çözüm durumu	38
Şekil 3.8. Problemin LINGO çözümünün bir parçası	39
Şekil 3.9. Çözümün Microsoft Excel ortamda düzenlenmiş halinin bir bölümü	40
Şekil 3.10. Maksimum boyutlu problemin LINGO çözümü (eniyileme modeli, başkan)	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
B_{jkl}	j günü, k oturumunda, l sınav salonunda görev yapması istenilen başkan miktarı
d_i^+	i görevlilerinin hafta sonu görevli oldukları toplam gün sayılarındaki pozitif sapmalar
d_i^-	i görevlilerinin hafta sonu görevli oldukları toplam gün sayılarındaki negatif sapmalar
ES_{jkl}	j günü, k oturumunda, l sınav salonunda görev yapması istenilen evrak sorumlusu miktarı
G_{jkl}	j günü, k oturumunda, sınav salonunda görev yapması istenilen gözetmen miktarı
$GORGUN_i$	i görevlisinin sınav dönemi boyunca görevli olduğu toplam gün sayısı
$HFTSNGG_i$	i görevlisinin sınav döneminde hafta sonu günlerinde görevli olduğu toplam gün sayısı
$HTFSNGG_t$	t görevlisinin sınav döneminde hafta sonu günlerinde görevli olduğu toplam gün sayısı
i	Görevli
I	Toplam görevli sayısı
j	Gün
k	Oturum
K	Toplam oturum sayısı
l	Salon
L	Toplam salon sayısı
m	Başkan sayısı
n	Gözetmen sayısı (m-n)

OGU_{ijk}	i görevlisinin, j günü, k oturumunda mazeret durumu
OGM_{jkl}	j günü, k oturumunda, l sınav salonunda görev yapması istenilen toplam görevli sayısı
p	Öğleden önceki oturum miktarı
s	Başkan atanması gereken salon miktarı
t	Görevli
X_{ijkl}	i görevlisinin j günü, k oturumunda, l salonunda görevli olup olmaması
Y_{ij}	i görevlisinin j günü görevli olup olmaması

Kısaltmalar**Açıklama**

GMIK(1)	Sınav amiri olarak görev yapacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı
GMIK(2)	Gözetmen olarak görev yapacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı
GMIK(3)	Evrak sorumlusu olarak görev yapacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı

1.GİRİŞ

Günümüzde bireysel ve örgütsel verimliliğin artırılması açısından tüketimi kolay olan zamanın etkin olarak kullanılabilmesi gereklidir. Özellikle çalışan insanların hayatlarının kalitesi, günlük ve haftalık aktiviteleri, aile düzenleri doğrudan hazırlanan zaman çizelgeleri ile ilgilidir. Bu amaçla faaliyet ve kaynakların zaman temelinde bütünleştirilmesini sağlayan çizelgeler büyük önem kazanmaktadır.

Çizelgeleme problemleri kırk yıldan fazla bir süredir yöneylem araştırmacılarının ve yapay zeka araştırmacılarının dikkatini çekmektedir. Hemşirelerin vardiyalarının düzenlenmesinde, spor müsabakaları için müsabaka programlarının hazırlanmasında, otobüslerin, trenlerin ve uçakların planlanmasında, üniversitelerde ve okullarda ders ve sınav programlarının hazırlanmasında ve diğer birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Çok farklı alanlarda kullanılan çizelgelerin farklı kısıtlara, amaçlara, bireysel ve organizasyonel önceliklere sahip olması nedeniyle farklı durumlara kolaylıkla uyarlanabilecek algoritmaların geliştirilememesi birçok çizelgeleme modelinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Çizelgeleme problemlerinde kısıtlı kaynakları kullanan görevler için uygun zaman dilimlerinin planlanması amaçlanmaktadır. Problemin yapısı gereği kısıtlar çok değişik olabilmekte ve farklı amaçlar elde edilmeye çalışılmaktadır. Örnek olarak amaç bütün görevlerin çizelgelendiği toplam zamanın enküçüklenmesi, belli bir zaman dönemi içinde tüm kısıtları sağlayan bir modelin oluşturulması veya kısıtların en az ihlal edildiği çözümün bulunması şeklinde belirlenebilmektedir.

Problemin ana noktasını kısıtlar oluşturmaktadır. Çözüm uzayını belirleyen ve ihlal edilmemesi gereken kısıtlar *sıkı*; belli bir ceza ile ihlal edilebilen ve amaç fonksiyonuna katkı sağlayan kısıtlar ise *yumuşak* kısıtlar olarak tanımlanmaktadır.

Eğitim օđretim kurumları da sıkı ve yumuşak kısıtların sօz konusu olduğu gerek sınav, gerekse ders çizelgeleri açısından son yıllarda araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir.

Bilgisayar kullanımının son yıllarda oldukça artmasına rağmen, birçok eğitim օđretim kurumunda sınav ve ders çizelgeleri halen elle oluşturulmaktadır. Bu şekilde oluşturulan çizelgeler hem bu iş ile ilgilenen gօrevlilerin օnemli օlide vaktini almakta, hem de oluşturulan çizelgeler personelin ihtiyaçlarını/isteklerini tam olarak karşılayamamaktadır.

Bu çalışmada, sınav personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Yaklaşık dօrt bin օđrencinin eğitim օđretimine devam ettiği bir yüksek օđretim kurumunda, sınav dօnemlerinde sınav salonlarına sınav salonu amirlerinin, gօzetmenlerin ve evrak sorumlularının belirli kısıtlar altında atanmasına ilişkin bir doğrusal tamsayılı programlama modeli օnerilmiřtir. İncelenen eğitim օđretim kurumunda yaklaşık yüz elli sınav gօrevlisinin sınav salonlarına atanması mevcut durumda elle yapılmakta ve planlayıcıların problem üzerinde yaklaşık bir hafta yoğun bir şekilde çalışmasını gerektirmektedir. օnerilen model ile problemin farklı boyutlarda ve farklı koşullarda çözümü yapılarak, makul süreler içerisinde arzu edilen çözümlere ulaşılabildiği gօsterilmiřtir. Ayrıca modele gerekli verilerin girişini kolaylaştırmak amacıyla farklı kullanıcılar tarafından rahatlıkla anlaşılabilecek basit arayüzler hazırlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bօlmnde, eğitim օđretim kurumlarında ortaya çıkabilen çizelgeleme problemleri üzerine literatürdeki mevcut çalışmalar sunulmuştur. Yapılan literatür çalışmasında օzellikle sınav çizelgeleme ve ders çizelgeleme çalışmaları üzerine odaklanılmıştır. Ayrıca bu tür problemlerde kullanılan çözüm yaklaşımları օzet olarak verilmiştir.

Çalışmanın nc bօlmnde; ele alınan sınav personel çizelgeleme problemi açıklanarak, probleme ilişkin tamsayı programlama modeli; indisleri, değişkenleri, parametreleri, amaç fonksiyonu ve kısıtları ile verilmiştir. Uygulama safhasında օrnek bir gerçek durum için hazırlanan ara yüzler üzerinden veri girişlerinin

yapılması gösterilerek problemin sonuçları verilmiştir. Öncelikle mevcut ihtiyaçları karşılayabilecek şekilde kısıt tatmin problemi olarak ele alınan modelin, farklı koşullarda ve farklı boyutlarda yapılan çözümlerle performansı test edilmiştir. Takiben amaç fonksiyonunda ve kısıtlar üzerinde yapılan değişiklikler ile önerilen model, eniyileme ve hedef programlama modeline dönüştürülmüş, geliştirilen model farklı koşullarda sınanmıştır.

Dördüncü bölümde; bu çalışmadan elde edilen sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

2. EĞİTİM ÖĞRETİM KURUMLARINDA ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

Çizelgeleme problemi “zaman uzayında kaynakların, belirli kısıtlar altında, belirlenen hedeflere mümkün olduğu kadar ulaşılarak tahsis edilmesi” şeklinde tanımlanmaktadır [Zhang ve Lau, 2005].

Çizelgeleme problemleri birçok alanda kullanılmakla birlikte eğitim öğretim kurumlarındaki uygulamaları oldukça fazladır. Özellikle çizelgeler oluşturulurken yönetimin, eğiticilerin ve öğrencilerin isteklerinin ve önceliklerinin sağlanabilmesi problemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Her eğitim kurumu kendine özel kısıtlara ve amaçlara sahip olduğu için bütün durumlar için kullanılacak genel bir model oluşturulabilmesi mümkün değildir [Botsalı, 2000].

Akademik bir kurumda mevcut operasyonel kuralları ve ihtiyaçları, tüm personelin ve öğrencilerin istek ve ihtiyaçlarını da aynı anda göz önünde bulundurarak sağlayabilecek bir çizelge oluşturulması, bu iş ile uğraşan personel için oldukça zor ve zaman alıcı bir faaliyettir. Birçok kurumda bu işlem yönetim kademesine verilmiştir ve genellikle yapılmakta olan daha önceki yıllarda yapılmış olan çizelgeler üzerinde yeni gelişen durumlara göre küçük değişiklikler yaparak yeni çizelgeyi oluşturmaktır. Fakat son yıllarda değişimlerin çok fazla ve çok hızlı olması nedeniyle, eski çizelgeler üzerinde değişiklikler yapılarak yeni çizelgelerin oluşturulması her zaman en iyi sonucu vermemektedir. Yazılım ve donanım teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, etkin ve istenilen çizelgelerin oluşturulabilmesi için bilim dünyasına yeni fırsatlar yaratmıştır [Daskalaki ve Birbas, 2004]. Bunun yanında akademik kurumlarda ders ve sınav çizelgeleri üzerine bilimsel ve ticari amaçlarla bir çok çalışma yapılmış olmasına rağmen hala bir çok kurumda çizelgeler elle oluşturulmaktadır. Çeşitli üniversitelerde ve okullarda mevcut farklı problem formülasyonları, okulların özel ihtiyaçlarına adapte edilebilecek programların ve farklı kullanıcılar tarafından kolaylıkla işletilebilecek kullanıcı arayüzlerinin yetersizlikleri bu duruma neden olmaktadır [Legierski ve

Widawski, 2003]. İngiliz üniversitelerinde sınav çizelgeleri oluşturulurken bilgisayar kullanımının belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmaya katılanların %21'i çizelgeleri bilgisayarda oluşturduklarını, %42'si çizelgeyi oluştururken bilgisayardan yararlandıklarını, %37'si ise bu amaçla bilgisayar kullanmadıklarını belirtmişlerdir [Kakmacı, 2003].

Eğitim kurumlarında hazırlanan çizelgeler genelde üç ana başlık altında toplanmaktadır: Üniversite ve okul sınav programları, üniversite ders programları ve okul ders programları [Schaerf, 1999]. Bunun yanında bazı çalışmalarda okul nöbetçi listelerinin hazırlanması da çizelgeleme problemi şeklinde ele alınmıştır [Öner, 2002]. Sınav programlarının ve ders programlarının genellikle benzer kaynaklar kullanıldığı için birçok yönden birbirine benzer özelliklere sahip olsa da aralarında bazı hususlar farklılıklar göstermektedir [Şahin, 2004]. Örneğin sınav programları yapılırken öğrencilerin sınavlara hazırlanabilmesi için iki farklı dersten ardışık zaman dilimlerinde sınav olmaması arzu edilirken, ders programlarının yapılmasında öğrencilerin dersler arasında zaman kaybetmesinin önlenmesi için ardı sıra farklı dersler planlanabilmektedir [Burke ve Newall, 1999].

Öğretim elemanlarının derslere atandırılması, daha sonra derslerin uygun zaman dilimlerine planlanması üniversitelerde yönetim kademesi tarafından her yarıyılın başında yerine getirilmesi gereken önemli görevlerdendir. Akademik ortam içinde bu planlamaları etkileyen örgütsel ve kişisel öncelikler planlamayı zorlaştırmaktadır. Ders seçimi esnasında öğrencilerin derslere olan taleplerinin değişkenlik göstermesi ve dersleri vermesi planlanan öğretim görevlilerinin isteklilik seviyesi yönetim kademesinin amaçlarını etkilemektedir. Açılması talep edilen derslerin fakültenin toplam ders yükünü geçmemesi, çizelgeleme için uygun sayıda zaman diliminin bulunması, derslik sayısı, full-time ve part-time öğretim elemanlarının sayısı problemin çözümünü etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Gece ders planlamasının olup olmaması gibi genel yönetim politikaları da büyük öneme sahiptir.

Zaman çizelgeleri hazırlanması, farklı seviyelerde farklı roller üstlenen birçok insanı ilgilendiren zor ve zaman alıcı işlemlerdir. İlköğretim okullarından üniversitelere farklı seviyelerde okullar için zaman çizelgeleri yapılmaktadır. Eğitim sistemlerinin ve okul kurallarının ülkeden ülkeye farklılıklar göstermesi de problemin çeşitliliğini artırmaktadır [MirHassani, 2006].

2.1. Sınav Çizelgeleme Problemleri

Sınav programlarının hazırlanması sıkı kısıtların hiçbirisinin ihlal edilmeden sınırlı sayıdaki sınav oturumlarına sınavların planlanması olarak tanımlanan bir çizelgeleme problemidir [Asmuni ve ark., 2004]. Pahalı insan ve bilgisayar kaynaklarının kullanımını gerektirdiği ve yıl içinde üç-dört defa hazırlanması gerektiği için eğitim kurumları açısından önemli ve zor görevlerden bir tanesidir [Yang ve Petrovic, 2004]. Eğitim kurumlarında her geçen gün yeni bölümlerin açılması, kayıt olan öğrenci sayısının artması uygun sınav programlarının hazırlanmasını zorlaştırmaktadır [Merlot ve ark., 2003].

Pratik uygulamalarda her bir eğitim kurumu programın kalitesini değerlendirirken farklı kriterleri dikkate almaktadır [Asmuni ve ark., 2004]. Amaç, sınavları çakışma olmadan en az zaman dilimine planlamak olabileceği gibi zaman dilimlerinin sayısının sabit olduğu durumlarda yönetimin, eğiticilerin ve öğrencilerin iki ardışık sınav arasındaki zaman diliminin mümkün olduğunca artırılması, fazla sayıda öğrencilerin gireceği sınavların daha önce planlanması gibi öncelikleri en büyükmeye çalışmak da olabilmektedir [Botsalı, 2000]. Bir çok uygulamada kısıtların tatmin edilme derecesini gösteren bir ceza fonksiyonu yardımıyla oluşturulan program değerlendirilmektedir [Asmuni ve ark, 2004].

Sınav çizelgelemesi hazırlanmasında karşılaşılan zorluklar göz önünde bulundurulması gereken farklı birçok kısıttan kaynaklanmaktadır. Geçerli bir sınav çizelgelemesi için aşağıda verilen kısıtların sağlanması gerekmektedir.

- Bir öğrenci tarafından girilmesi gereken birden fazla sınav aynı zaman dilimine planlanmamalıdır.
- Belli bir zaman diliminde bir sınav salonunda yapılacak tüm sınavlara iştirak edecek toplam öğrenci sayısı o salonun kapasitesini aşmamalıdır.

Bunun yanında sağlanmasa da uygun çözümüm bulunmasına engel olmayan fakat sağlanması istenen kısıtlar da mevcuttur. Bu kısıtlar aşağıda verildiği gibi olabilir.

- Hiçbir öğrenci ardışık iki zaman diliminde iki farklı sınava planlanmamalıdır.
- Fazla sayıda öğrencinin gireceği sınavlar günün erken saatlerine planlanmalıdır.
- Sınavlar bütün öğrenciler için sınavlar arasındaki toplam boş zamanı en büyükleyecek şekilde planlanmalıdır [Zhaohui ve Lim, 2000].

Üniversitelerde hazırlanan sınav programların genellikle göz önünde bulundurulan sıkı kısıt bir öğrencinin aynı zaman diliminde iki farklı sınava planlanmamasıdır. Fakat bazı üniversitelerde iki sınav için uygun düzenlemeler yapıncaya kadar öğrencinin karantinada tutulduğu uygulamalar mevcuttur. Fakat bu tür uygulamalar hem problemin maliyetini artırmakta, hem de öğrenciler ve diğer görevli personeller açısından rahatsızlık verici olmaktadır.

Kurumdan kuruma değişiklikler gösterse de sınav programları hazırlanırken genellikle göz önünde bulundurulan kısıtlar şu şekildedir.

- Hiçbir öğrenci aynı zaman diliminde iki farklı sınav için planlanmamalıdır.
- Belli bir zamanda, belli bir sınav salonunda sınavlara giren öğrencilerin toplam sayısı sınav salonunun kapasitesini aşmamalıdır.
- Belli bir oturumda tüm sınavlardan sınava giren öğrencilerin toplam sayısı o oturumun toplam kapasitesini aşmamalıdır.
- Belli bir oturum için planlanan toplam sınavların sayısı belirlenmiş olan sayıyı aşmamalıdır.
- Bazı sınavlar önceden belirlenmiş olan oturumlara planlanmalıdır.

- Bazı dersaneler önceden belirlenmiş oturumlara planlanmalıdır.
- Bazı sınav çiftleri birbirlerinden önce veya sonra olacak şekilde planlanmalıdır.
- Bazı sınavlar özel dersanelere planlanmalıdır.
- Öğrenciler ardışık iki sınava planlanmamalıdır.
- Sınav programında fazla sayıda öğrencinin iştirak edeceği sınavlar ilk oturumlara planlanmalıdır [Merlot ve ark., 2003].

Sınav programlarının hazırlanması karmaşıklıkları ve büyük boyutları nedeniyle son kırk yıl içinde farklı sezgisel yaklaşımların geliştirilmesine neden olmuştur. İlk ardışık sezgiseller grafik renklendirme problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Bu tür sezgisel yaklaşımlarda çizelgeleme için en zor olduğu değerlendirilen sınavdan başlayarak sınavların tek tek planlanması esas alınmıştır.

Son zamanlarda daha tatmin edici sonuçlar vermesi ve yumuşak kısıtları göz önüne alması nedeniyle meta-sezgisel yaklaşımların kullanımı artmaya başlamıştır. Bu tür problemler genellikle iki safhadan oluşmaktadır. Birinci safhada ardışık sezgiseller ile başlangıç çözümü bulunduktan sonra, ikinci safhada tavlama benzetim, memetik algoritmalar ve tabu arama algoritmaları gibi meta-sezgiseller yardımıyla başlangıç çözümü iyileştirilmektedir [Yang ve Petrovic, 2004].

2.2. Ders Çizelgeleme Problemleri

Ders programı hazırlanması çizelgelemenin özel bir türü olup yöneylem araştırmasında; eğiticiler, öğrenciler, dersler ve dersanelerden oluşan kaynakların haftalık çizelge içindeki uygun zaman dilimlerine kaynaklar arasındaki kısıtlara bağımlı amaç fonksiyonunun eniyilenmesi için çözülmeye çalışılan bir kaynak tahsis problemi olarak düşünülmektedir [Zhang ve Lau, 2005].

Ders çizelgelemesi sadece birkaç genel prensip ile çözülemeyecek, karmaşık bir problem türüdür. Probleme dahil olan tüm aktörlerin (yöneticiler, öğretim elemanları, öğrenciler) kendilerine özel amaçları vardır ve bu amaçlar genellikle birbiri ile

çelişmektedir. Dersler, derslikler, zaman dilimleri, eğiticiler ve öğrenciler arasındaki karmaşık ilişkiler uygun bir çözüm bulabilmeyi zorlaştırmaktadır. Son otuz yıl içinde çeşitli çizelgeleme problemlerinin çözümü için birçok model ve yaklaşım önerilmiştir. Yöneylem araştırması, insan-makine etkileşimi, kısıt programlama, uzman sistemler veya sinir ağları problemin çözümü için kullanılmıştır. Fakat özel ihtiyaçlar ve kısıtlar sebebi ile problemin kurumdan kuruma değişmesi, problemin genel bir yapısının olmamasının çizelgeleme sisteminin gelişimini yavaşlatması, sistemle ilgili tüm bilgilere ve isteklere ulaşp bunları probleme dahil etmenin zorluğu hala üzerinden durulması gereken konulardır [Lai ve ark., 2006].

Akademik yıl boyunca üniversitelerde idareciler, insan kaynakları yöneticileri ve ders programlarını planlayan personel öğrencilerin belirli kurallar altında gruplar haline getirilmeleri, öğretim elemanlarının ve öğrenci gruplarının derslere tahsis edilmesi, uygun zaman dilimlerinin ve dersliklerin de derslere tahsis edilmesi için yoğun bir şekilde çaba göstermektedirler. Bu kararlar alınırken göz önünde bulundurulmuş kurallar ve kabuller; okulun yapısına, bölümlerin müfredatına, kaynakların kullanılabilirliğine ve çeşitli sosyal etkenlere bağımlı olarak kurumdan kuruma değişmektedir [Daskalaki ve Birbas, 2005].

Ders programları da birçok kurumda hala elle yapılmaktadır. Bu amaçla tecrübeli bir personel orta dereceli bir kurumda yaklaşık bir hafta boyunca programı oluşturmak için çalışmaktadır. Genellikle hazırlanan program birçok personel tarafından özel istekleri ve pedagojik ihtiyaçları tam olarak karşılamadığı için tatmin edici bulunmamaktadır [Santos ve ark., 2005]. Bunun yanında problemin başlangıç şartlarında meydana gelebilecek değişimler problemi çözümsüzlüğe götürebilmektedir. Problem boyutları açısından NP-Zor olduğu için elle yapılan uygulamalarda sadece önemli görülen kısıtlar sağlanmaya çalışılmakta, fakat yine de problemin boyutları açısından uygun çözümlere ulaşmak çok uzun süreler almaktadır [Bhatt ve Sahajpal, 2004].

Ders çizelgeleme probleminde de her probleme özel kısıtlar olabileceği gibi, her problem için ortak olan ve sıkı kısıtlar olarak adlandırılan kısıtlarda mevcuttur. Aynı grupta bulunan öğrencilerin aynı zamanda iki farklı ders için planlanmaması, bir öğreticinin aynı zaman diliminde iki farklı ders için görevlendirilmemesi, bir zaman dilimi için planlanan toplam ders miktarının okulun mevcut derslik sayısından fazla olmaması ve bütün derslerin uygun herhangi bir zaman dilimine planlanması bu tür kısıtlara örnek olarak verilebilir [Botsalı, 2000].

Sıkı kısıtların ihlal edilmesi problemi çözümsüzlüğe götürmektedir. Bu sebeple uygun bir çözüm için bu kısıtların sağlanması gerekmektedir. Bunun yanında ihlal edilmesi istenmeyen fakat ihlal edilse dahi uygun çözümlere ulaşılmasına engel olmayan yumuşak kısıtlar vardır. Bu kısıtların sağlanması çizelgenin kalitesini ve etkinliğini artırmaktadır. Bir öğreticinin bir gün içinde dörtten fazla ders istememesi, öğlen saatlerine ders planlanması, öğrencilerin günün erken ve geç saatlerinde ders istememesi ve iki parça halinde verilen bir ders için en az bir gün ara verilmesi gibi kısıtlar, yumuşak kısıtlara örnek olarak verilebilir [Botsalı, 2000]. Fakat gerçek hayat problemlerinin karmaşıklığı nedeniyle çoğu zaman yumuşak kısıtları ihlal etmeden uygun bir çözüme ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu tür kısıtlar gevşetilerek uygun çözümler bulunabilir. Böylece bu kısıtlar amaç fonksiyonu içinde çözümün kalitesini belirlemek için kullanılabilir [Burke ve ark., 2007].

Ders programları hazırlanırken problemin aşırı kısıtlandırılmış olması ve problemin eniyileme kriterlerini belirlemenin zorluğu çözümü zorlaştırmaktadır. Ayrıca problemin dinamik olması; faaliyetlerin, kaynakların ve kısıtların tam olarak bilinmemesi veya son anda aniden değişmesi problemin karmaşıklığını artırmaktadır [Cambazard ve ark., 2005].

2.3. Çözüm Yaklaşımları

Eğitim öğretim kurumlarında oluşturulan çizelgelerin çözümü için farklı birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Kurumdan kuruma farklı durumlar söz konusu olduğu için

bir durum için uygun çözümler veren bir yaklaşımın başka şartlar altında iyi performans göstermemesi, problemin başlangıç safhasında hangi çözüm yaklaşımının daha etkin olduğu konusunda karar vermeyi zorlaştırmaktadır [Botsalı, 2000].

Eğitim öğretim kurumlarında yapılan ilk çizelgeleme çalışmalarında geleneksel elle yapılan çözüm uygulamaları bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çözüm metotlarında gelişimin olmadığı bu durumlarda sadece çizelgeleme çözüm süreci iyileştirilmiş, modern veri yapıları kullanılmamış ve bilgisayarlardan etkin bir şekilde yararlanılamamıştır [Erdoğan, 2003]. Aşağıda çizelgeleme problemlerinin modellenmesi ve çözümü için geliştirilen yaklaşımların bir özeti verilmiştir.

Grafik Renklendirme Sezgiselleri çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılan ilk yaklaşımlardandır. Önce ders çizelgeleme problemi grafik renklendirme problemine dönüştürülmektedir. Herhangi iki düğümü birbirine bağlayan bir bağlantı çizgisi olduğunda, iki düğüm farklı renklerde olacak şekilde, grafiğin düğümlerini renklendirme işlemi grafik renklendirme problemi olarak tanımlanmaktadır. Ders çizelgelerinin hazırlanmasında dersler düğümlerle gösterilmektedir. Eğer iki dersin aynı anda atanmaması için bir kısıtlayıcı mevcutsa, bu iki dersi temsil eden düğümler arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Bu tür bir kısıtlayıcı iki ders aynı öğretim elemanı tarafından verileceğinde veya aynı öğrenci grubu tarafından alınacağında görülmektedir. Grafik renklendirme, NP-Zor tipi bir problemdir ve literatürde ders çizelgeleme problemleri için bir çok sezgisel yaklaşım önerilmiştir [Erdoğan, 2003].

Matematiksel Programlama çizelgeleme problemlerinin çözümü için önerilen diğer bir yaklaşımdır. Gerçek dünya problemlerinin matematiksel modellerle çözümü problemin karmaşıklığından dolayı zordur. Farklı kurumların, farklı ihtiyaçları söz konusudur ve farklı kısıtların probleme eklenmesi gerekmektedir. Eğer bir çizelgeleme probleminde t adet zaman dilimi ve m adet ders mevcut ise toplam değişken sayısı $t \times m$ tane olmaktadır. Matematiksel programlama yaklaşımı ile küçük boyutlu problemlerin çözümü mümkündür. Fakat problemin boyutları

büyükçe çözüme ulaşmak neredeyse imkansız hale gelmektedir. Bu aşamada kısıtların rahatlatılması veya benzer kısıtların birleştirilerek kısıt sayısının azaltılması literatürde karşılaşılan yaklaşımlardandır.

Tavlama Benzetim ve *Tabu Arama* çizelgeleme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş, grafik renklendirme sezgisellerine ve matematiksel programlama yaklaşımlarına göre daha yeni tekniklerdir. Yerel bir en iyi noktaya yakalanmadan en iyi çözümün araştırılması için geliştirilmiş iteratif iyileştirme algoritmalarıdır [Botsalı, 2000].

Tavlama Benzetim tekniği, sıcak bir ortamda hareket halindeki atomların soğumasını taklit eden bir tekniktir. Yüksek sıcaklıkta atomlar serbest halde hareket ederken, sıcaklığın düşmesi sonucu atomlar arasındaki bağlar, atomları bir araya gelmeye zorlamaktadır. Belli bir seviyeden sonra atomlar hareket edememektedir. Kütle hızla soğutulduğunda elde edilen çözümün maliyeti, yavaş yavaş soğutulduğunda elde edilen maliyetten daha büyüktür.

Tavlama benzetim tekniğinin ders çizelgeleme problemlerine uyarlanması şu şekilde olmaktadır. Başlangıçta elemanlar zaman periyotlarına gelişigüzel atanmaktadır. Başlangıç ataması için ilk sıcaklık ve maliyet hesaplanmaktadır. Maliyet, çizelgenin kalitesini ölçmek için; sıcaklık ise maliyetteki artışı kontrol etmek için kullanılmaktadır. Her bir iterasyonda iki farklı zaman periyodu rasgele seçilip, bu iki zaman periyoduna önceden atanan elemanlar yer değiştirilerek değişen maliyet hesaplanmaktadır. Maliyet bir önceki maliyetten veya belirli bir ihtimalden daha küçükse kabul edilmektedir. Bu tekrarlı işlemler tüm periyotlara farklı elemanların yerleştirilmesini sağlamaktadır. İlk sıcaklıklarda yüksek maliyetli çözümlere izin verilmesi, yerel en iyiye yakalanmayı önlemektedir. Tavlama benzetim algoritmaları gelişigüzel permütasyonlarla çizelgeleme yaptıkları için her zaman gerçek en düşük maliyetli çözümü vermeyebilir ve farklı iki simülasyon aynı çözümü bulmayı garanti edemeyebilir [Erdoğan, 2003].

Tabu Arama tekniğinin, ders çizelgeleme probleminin grafik renklendirme problemine dönüştürüldüğü durumlarda uygulamaları oldukça yaygındır. Ders çizelgeleme probleminin tabu arama tekniği ile çözümünde dersler öncelikle bir başlangıç tablosuna yerleştirilmektedir. Tabu arama tekniği başlangıç tablosunun geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Çözüm uzayı kısıtları, çözüm değerleri; amaç fonksiyonu, kullanıcı tarafından belirlenen amaçların ağırlıklı toplamı olmak üzere çeşitli komşuluk yapıları tanımlanmaktadır. Basit komşuluk bir dersin bir periyottan diğer bir periyoda atanması ile elde edilmektedir. Değiştirme komşuluğu, iki dersin periyotlarının değiştirilmesi ile, çoklu değişim komşuluğu ise ikiden fazla dersin yerlerinin değiştirilmesi ile elde edilmektedir. Çoklu değişim komşuluğu çözüm yapısında daha büyük değişikliklere izin vererek arama işleminin çözüm uzayının çok çeşitli bölgelerine ulaşmasına imkan tanımaktadır. Bu komşuluklar sonucu elde edilen yeni çözümün değeri bir önceki çözümün değerinden daha iyi ise kabul edilmektedir. Tabu listesi ise her bir iterasyon için değiştirilen dersi ve periyodu saklamaktadır. Eğer incelenen hareket, amaç fonksiyonunun mevcut en iyi çözümünden daha iyi bir çözüm ise hareket tabu listesinde olsa bile gerçekleştirilebilmektedir. Tabu aramanın bu tekrarlı prosedürü amaç fonksiyonunda bir gelişme olmayıncaya kadar uygulanmaktadır.

Genetik Algoritmalar da eğitim kurumlarında çizelgeleme problemlerinin çözümü için kullanılan algoritmalarındandır. Genetik algoritmalar doğadaki evrim mekanizmasını örnek olarak alan ve en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üreten yaklaşımlardır. Bu amaçla iyinin ne olduğunu belirleyen bir uygunluk fonksiyonu, yeni çözümler üretmek için yeniden üretim ve değiştirme operatörleri kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar çözümü bulmak için taraması gereken parametre uzayının çok büyük olduğu durumlarda etkin çözümler vermektedir. Evrimin her sürecinde elde edilen bilgi sonraki nesillere aktarılarak taramanın daha uygun bölgelerde yapılması sağlanmakta ve değişim işlemleri yardımı ile yerel çözüm noktalarına sıkışılması önlenmektedir [Erdoğan, 2003].

Kısıtlayıcı Programlama büyük boyutlu çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılan yeni yaklaşımlardandır. Bu yaklaşımda çizelgeleme problemi kısıt tatmin problemi olarak modellenmekte ve üç ana elemandan oluşmaktadır:

- Değişkenler
- Her bir değişkenin alabileceği değerler seti
- Değişkenlerin aynı zamanda alabileceği değerleri sınırlayan kısıtlar

Okul çizelgeleme problemlerinde, kısıt programla tekniği ile çözümlerde genellikle dersler ve sınavlar değişkenler olarak tanımlanmaktadır. Tipik çizelgeleme kısıtları da kısıt setini oluşturmaktadır. Problem, değişkenlere bütün kısıtları sağlayan değerler atandırılmasıdır. Problemin eniyileme modelinde kısıtların sağlanmasının yanında amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi veya en büyüklenmesi amaçlanmaktadır.

Çizelgelerin oluşturulmasında kısıt programlama tekniğinin tercih edilmesinin birçok sebebi vardır. Örneğin bu tür problem çözümlerinde iki değişkenin aynı anda alabileceği değerleri sınırlayan birçok kısıt mevcuttur. Kısıt programlama, kısıtların üretilmesinde bu olayı kullanmaktadır. Kısıt üretilmesi, çözüm sürecinde mevcut kısıt setine bağımlı olarak değişkenlerin alabileceği değerler için yeni kısıtlar üreten bir mekanizmadır. Kısıt programlamanın bu tür özellikleri değişkenlere değerler atarken arama uzayının küçültülmesine olanak tanımaktadır. Ders ve sınav sayılarının çok fazla olduğu, dolayısıyla çözüm uzayının çok geniş olduğu problemlerin çözümünün çok uzun zaman almasından dolayı bu tür yaklaşım oldukça önemlidir. Çözüm uzayının küçültülmesinin yanında arama stratejisinin de belirlenebilme olasılığı kısıt programlamayı daha çekici hale getirmektedir [Botsalı, 2000].

Şebeke Akış Yaklaşımları ise genellikle küçük boyutlu problemlerin çözümünde kullanılan bir yaklaşımdır. Şebeke akış yaklaşımında ders çizelgeleme problemi derslerin öğretim elemanlarına atandırılması ile başlamaktadır. Öğretim

elemanlarının istekleri, dersane durumlarına bakılarak karşılanmaya çalışılmaktadır. Şebeke modelinde beş çeşit düğüm olduğu kabul edilmektedir. Birinci ve beşinci düğümler kaynak ve tüketim düğümleri olarak kabul edilmekte ve şebekenin akışını sağlamaktadır. Bu iki düğüm arasında bölüm seviyesi, konu seviyesi ve dersane boyutu/zaman seviyesi olmak üzere üç seviyede düğüm olduğu kabul edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda birkaç yaklaşımın birleştirildiği melez çözüm yöntemleri ile etkin çözümlere ulaşılmaktadır [Erdoğan, 2003].

2.4. Eğitim Öğretim Kurumlarında Çizelgeleme Problemi Üzerine Çalışmalar

Çizelgeleme problemleri çok farklı alanlarda, farklı kısıtlara ve önceliklere sahip problemlerin çözümünde kullanıldıkları için, literatürde bir çok yaklaşımın kullanıldığı görülmektedir. Tek bir yaklaşımla problemin çözümüne ulaşılmaya çalışıldığı gibi, çözümün geliştirilmesi ve daha etkin çözümlerin bulunabilmesi amacıyla iki ve ikiden fazla yaklaşımların birleştirilerek melez yaklaşımlarla da problem çözülmeye çalışılmıştır.

Burke ve Newall, özellikle büyük boyutlu çizelgeleme problemleri ile ilgilenilirken problemin çözümüne ulaşabilmenin çok zor olabileceğini belirtmişlerdir. *Genetik algoritmalar* gibi ileri arama metodlarının kullanıldığı durumlarda bile en iyiye yakın sonuçlar bulabilmenin oldukça zor olduğunu açıklamışlar ve büyük problemleri genetik metodların rahatlıkla çözebileceği küçük bölümlere ayrıştırarak çözüme giden bir metodoloji geliştirmişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmalarda geliştirdikleri metodolojinin hem çözüm süresini düşürdüğü, hem de önceki çözümlere göre çözüm kalitesini artırdığını göstermişlerdir [Burke ve Newall, 1999].

Adamidis ve Arapakis, *genetik algoritmalar* yardımıyla gerçek bir çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. İki farklı genetik algoritmayı karşılaştırmışlardır. Ayrıca mutasyona izin veren, mutasyona izin vermeyen ve değişik kombinasyon ve mutasyon operatörlerine sahip üç farklı grubun performanslarını karşılaştırmışlardır.

Sonuç olarak genetik algoritmaların her zaman sıkı kısıtları sağlayarak uygun çözümler üretebildiklerini göstermişlerdir [Adamidis ve Arapakis,1999].

Schaerf, okullarda ders çizelgeleme problemini haftalık olarak derslerin uygun zaman dilimlerine atandırılması olarak tanımlamış, bir öğretmenin aynı zaman diliminde başka bir derse atanmaması ve bunun yanında diğer kısıtların da sağlanması olarak problemin amacını belirtmiştir. Yaptığı çalışmada *yemel arama tekniğine* dayalı bir çözüm algoritması geliştirmiştir. Algoritma sıkı kısıtların uygun bir şekilde gevşemesine izin veren yapısı ile önceden geliştirilen çözüm yöntemlerine alternatif olmaktadır [Schaerf, 1999].

Zhaohui ve Lim, bir çok çeşit kısıtı dikkate alan sınav çizelgelerini oluşturmanın oldukça zor bir işlem olduğunu belirtmişler ve National University of Singapore için bir sınav çizelgeleme algoritması geliştirmişlerdir. Öğrencilerin sınavları arasındaki zaman boşluklarını en büyüleyecek değişik *sezgisel bir yaklaşım* önermişlerdir [Zhaohui ve Lim, 2000].

Abbas ve Tsang, okul ve üniversite çizelgeleme problemi için *kısıt tatmin tekniklerinin* bir uygulamasını örnek bir durum çalışması üzerinde göstermiştir. Yazılım mühendisliğinin kısıt tatmin teknikleri üzerine kullanımı üzerinde durmuşlardır. Geliştirdikleri yazılım ile problemin yazılım mühendisleri tarafından daha rahat anlaşılmasını sağlamışlardır [Abbas ve Tsang, 2001].

Blum ve ark., bir çizelge oluşturucuya çözüme ulaşabilmesi için yollar gösteren *genetik bir algoritma* geliştirmişler ve önerdikleri yolları daha önce kullanılmış sezgiseller ile karşılaştırmışlardır [Blum ve ark., 2002].

Burke ve Newall, *sezgisel yaklaşımlar* ile çok kısa süreler içinde tatmin edici sonuçlara ulaşabildiğini fakat bu yaklaşımların eniyileme yapabilme yeteneklerinin çoğu zaman olmadığını belirtmişler ve *yemel arama teknikleri* kullanarak sezgisel

yaklaşımlarla elde edilen çözümlerin kalitesini artırmaya çalışmışlardır [Burke ve Newall, 2002].

Tam ve Ting, genel üniversite çizelgeleme problemlerinin etkili çözümü için yerel arama metotlarında kullanılan *en az çakışma sezgiselleri* ile *ileri bakış sezgisellerini* birleştirmişlerdir [Tam ve Ting, 2003].

Sigl ve ark., ders çizelgeleme problemi için *genetik bir algoritma* geliştirmişler, küçük ve büyük ölçekli problemlerin çözümü için geliştirdikleri algoritmayı kullanmışlardır. Ana genetik operatörün geliştirilmesi ile algoritmanın performansı iyileştirilmiştir. Akıllı operatörler yardımıyla yeni çakışmaların oluşması önlenmiş ve algoritmanın tüm davranışları geliştirilmiştir [Sigl ve ark., 2003].

Mahdi ve ark., üniversite çizelgeleme probleminin çözümü için tasarlanan uyumlu parametre kontrolü ile genetik bir algoritma sunmuşlardır. Genetik algoritmanın parametre setlerinin kontrol edilmesi ile çizelgenin kalitesinin artırılabilceğini göstermeyi amaçlamışlardır [Mahdi ve ark., 2003].

Legierski ve Widawski, çizelgeleme problemlerine genel bir bakış açısı için otomatik bir çizelgeleme sistemi önermişlerdir. Problemin çözümü için dört araç tanımlamışlar ve *kısıt programlama tekniğini* bu amaçla kullanmışlardır. Oluşturdukları model, yeni oluşan bir kısıtın çözüme derhal dahil edilebilmesine imkan tanımaktadır. Ayrıca çizelgenin etkili bir şekilde eniyilenmesi için yerel bir arama, kısıt programlama içine dahil edilmiştir [Legierski ve Widawski, 2003].

Merlot ve ark., sınav çizelgeleme problemi için *melez bir algoritma* geliştirmişlerdir. Büyük çaplı eğitim kurumları için kullanılabilir sınav çizelgelemeleri oluşturma ihtiyacının her geçen gün arttığını, zaman içinde okulların, üniversitelerin farklı bölümler açarak, daha fazla öğrenci kabul ederek büyüme eğilimine girdiklerini, örnek olarak Melbourne Üniversitesinde 20 000 den fazla öğrencinin iki hafta içinde 650'den fazla sınava atandırıldığını ve bir öğrenci için 8 000'den fazla farklı sınav

izelgeleme imkanı mevcut olduğunu, bu sebeple özellikle büyük eğitim kuruluşlarında sınav çizelgeleme problemlerinin, çözümü zor eniyileme problemlerinden birisi olduğunu belirtmişlerdir.

Sınav izelgeleme probleminin çözümü için geliştirdikleri yaklaşım  safhadan oluşmakta olup, melez bir model oluşurmaktadır: Birinci safha, bütün kısıtları sağlayan uygun bir başlangıç çizelgeleme çözümü bulabilmek için *kısıt programlama safhası*; ikinci safha elde edilen çizelgeleme probleminin kalitesinin geliştirildiği *taklit edilmiş iyileştirme safhası*; nc safha ise çizelgelemeye olumlu gelişim sağlayan *tepe turmanma safhasıdır*. İkinci ve nc safhaların amacı problemin çözümünün kalitesinin artırılmasıdır. Bu iki safhada eniyileme teknikleri kullanılmaktadır. Bu amaçla pozitif ve negatif değerlerden oluşan bir amaç fonksiyonu geliştirilmiştir. Her üç aşama sonucunda atanmamış sınavların bulunması durumunda geliştirilen sezgisel bir yöntem ile atamalar yapılmaktadır [Merlot ve ark., 2003].

Daskalaki ve ark., *0-1 tamsayı programlama formülasyonu* ile niversite çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. Kurdukları modelin birçok akademik kurum ve kuruluş için geçerli olan ihtiyaçları ve operasyonel ihtiyaçları sağlayan kısıtları sağladığını göstermişlerdir. Modelin amacı, doğrusal amaç fonksiyonunu en kkleme olmak olmuştur. Personel tarafından belirtilen belli günlerin belli ders periyotlarına planlanması, bazı dersler için özel sınıfların tahsis edilmesi gibi isteklerin karşılanması ile amaç fonksiyonu iyileştirilmektedir. Ayrıca amaç fonksiyonundaki maliyet katsayılarının uygun bir şekilde tanımlanması ile çözüm uzayının daraltılabileceğini ve çözüme daha rahat ulaşılabileceğini göstermişlerdir [Daskalaki ve ark., 2004].

Dimopoulou ve Miliotis, niversitelerde ders çizelgelemesi oluşturulmasına yardımcı olabilecek bilgisayar ağlarına dayalı bir sistemin tasarımı ve uygulaması üzerine çalışmışlardır. Önerilen sistem bütün uygun verileri bulunduran merkezi bir veri tabanını kullanarak hesaplama platformu üzerinde çalışmaktadır. Üniversitenin farklı

bölmeleri veritabanına girerek gerekli bilgileri güncelleyebilmekte, çizelgeleme ile uğraşan personel güncellenen veriler ile her bölüm için oluşturulan yeni çizelgeleri bölümlere gönderebilmektedir. Tüm bölümler için oluşturulan çizelgelemelere ulaşmak mümkündür. Sistem her bölüm için dersleri uygun zaman aralıklarına ve uygun dersliklere atamak için *tamsayı programlama modeli* kullanmaktadır. Aynı zamanda her bir bölümün verileri ile tamsayı programlama modelini birbirine bağlayan ve işlemler esnasında meydana gelen çakışmaları çözen otomatik bir prosedür de geliştirmişlerdir [Dimopoulou ve Miliotis, 2004].

Piechowiak ve Kolski, yaptıkları çalışmada çizelgeleme yönetimi için *interaktif bir karar destek sistemi* tasarlamışlardır. Hiyerarşik veri organizasyonunu dikkate alarak bu verilere dayalı uyumlu kısıtlar geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada üç amaca odaklanmışlardır. Birinci amaçları açık, genetik bir araç geliştirmek olmuştur. Bu amaçla hedef sınıflar üzerine odaklanan amaca yönelik bir yaklaşım takip etmişlerdir. İkinci amaçları problem tanımlarında meydana gelebilecek değişimleri göz önünde bulundurarak farklı yapılarda kullanılabilir genetik bir organizasyon kurmak, üçüncü amaçları ise kişisel bilgisayarlarda değişik kullanıcılar tarafından kolaylıkla kullanılabilir bir sistem oluşturmak olmuştur [Piechowiak ve Kolski, 2004].

White ve ark., sezgisel olarak en küçüklenecek ceza fonksiyonuna sahip bir sınav çizelgelemesi oluşturan *tabu aramaya* dayalı bir algoritma oluşturmuşlardır. Oluşturdukları algoritma, bir yasak rahatlatma politikasını ve yeni bazı özellikleri birleştirmektedir. Halka açık 12 veri seti üzerinde yaptıkları çözümler literatürde bu veriler ile çözülmüş ve aynı ceza fonksiyonuna sahip beş farklı algoritmanın çözümleri ile aynı çözümü vermiştir [White ve ark., 2004].

Parthiban ve ark. fakültelerde ders çizelgelemesinin tesisler, uygun zaman dilimleri, derslikler, öğretmenler ve öğrencilerin birleştirilmesi açısından genel okul çizelgeleme problemlerinden daha karmaşık olduğunu belirtmişler ve özellikle personel tarafından belirtilen isteklerin problem çözümünü daha da zorlaştırdığını vurgulamışlardır. Bu tür bir problemin çözümü için personel önceliklerini ve

isteklerini dikkate alan *karar destek yaklaşımına* dayalı *bir analitik hiyerarşik proses tekniği* geliştirmişlerdir [Parthiban ve ark., 2004].

Yang ve Petrovic, sınav çizelgeleme problemlerinde kullandıkları *metasezgisel yaklaşımlarla* problemi uygun bir başlangıç çözümünün sezgisel bir yaklaşımla bulunduğu başlangıç safhası ve metasezgisel yaklaşımlar ile başlangıç çözümünün iyileştirildiği geliştirme safhası olmak üzere ikiye böldüklerini belirtmişlerdir. Geliştirdikleri Durumu Dayalı Mantıklandırma metodolojisi ile uygun bir melez metasezgisel yaklaşım seçmeye çalışmışlardır [Yang ve Petrovic, 2004].

Bhatt ve Sahajpal, hesaplama açısından NP-Zor kategorisine giren çizelgeleme problemlerinin yıllardan beri elle çözülmeye çalışıldığını, zaman içinde bilgisayar destekli deterministik metotların geliştirildiğini, daha iyi sonuçlar veren genetik algoritmalar gibi yaklaşımların kullanıldığını belirtmişler ve yaptıkları çalışmada araştırmamanın kalitesini yükselten yeni ve etkin *melez bir genetik bir algoritma* sunmuşlardır [Bhatt ve Sahajpal, 2004].

Rudova ve Muller, bir çok araştırmamanın statik problemler üzerine yapıldığını belirtmiş ve bu problemlerin ifade edildikten sonra uygun yöntemlerle çözümlenip çözümün problem tanımında bir değişiklik olmaması durumunda uygulanabilir olduğunu söylemişlerdir. Fakat birçok gerçek problemin süreç içinde değişimlere maruz kaldığını ve yeni girdilerin orijinal problemden türeyen yeni problemlerin oluşmasına neden olduğunu söylemişlerdir. Bu tür girdilerin problemin çözüm sürecinde işleme girebileceği gibi aynı zamanda çözümden sonra da söz konusu olabileceği ve bu yüzden problem düşünülürken problemin dinamik yapısının göz ardı edilmemesi gerektiğini açıklamışlardır [Rudova ve Muller, 2004].

Rudova ve Müller, Purdue Üniversitesinde yaptıkları ders programı çizelgelemesinde, üniversitenin çeşitli bölümlerinin derslerini verebilmeleri için talep ettikleri geniş derslikleri, ihtiyaçları dengeleyerek dağıtmaya çalışmışlardır.

Mevcut durumda Purdue Üniversitesinde ders programları el yordamı ile yapılmaktadır. Bu çalışmada önerilen ve uygulanan *iteratif ileri arama algoritması* yardımıyla problem tatmin edici bir seviyede çözülmüştür. Algoritma çeşitli birimlerin taleplerini zaman içerisinde meydana gelebilecek değişiklikleri de göz önüne alarak çözebilecek kapasitededir. Başlangıç çözümü %99'un üzerinde öğrenci isteklerini karşılamaktadır. Otomatik arama motoru uygun zaman dilimlerini ve derslikleri bulabilme kabiliyetine sahiptir. Dinamik deneyler de ümit verici sonuçlara ulaşılmasını sağlamıştır. Algoritma 30 dakika içinde orijinal ders programında çok az değişiklikler ile tam ve yüksek kalitede yeni ders programını oluşturabilmektedir [Rudova ve Muller, 2004].

Daskalaki ve Birbas, üniversite çizelgeleme problemleri gibi büyük boyutlu ve karmaşık problemlerin çözümü için *tamsayı programlama tekniğinin* her zaman bir alternatif olduğunu, fakat karmaşık operasyonel kuralları modellemek için gerekli olan yoğun çaba ve gerçek problemlerin boyutlarının büyüklüğünden kaynaklanan hesaplama zorluklarının araştırmacıların şevklerini kırdığını ve onların isteklerini diğer yaklaşımlara yönelttiğini belirtmiştir. Yaptıkları çalışmada üniversite çizelgeleme problemini için geliştirdikleri etkin bir tamsayı programlama formülasyonunu iki basamaklı *gevşeme yaklaşımı* ile çözmüşlerdir. Aynı problemi tek aşamada çözen diğer yaklaşımlar ile yapılan karşılaştırmalarda çözümün kalitesinde herhangi bir azalma olmadan çözüm süresinin oldukça kısaldığını göstermişlerdir [Daskalaki ve Birbas, 2005].

Zhang ve Lau, üniversite çizelgeleme problemi için *kısıt programlama modeli* geliştirmişlerdir. Kısıt programlama modeli çözümü bütün kısıtları sağlayacak şekilde bütün değişkenlerin belli değerlere atandırılmasıdır. Bu amaçla örnek bir durum üzerinde ILOG çizelgeleyici ve ILOG çözücü kullanmışlardır. Geliştirdikleri kısıt programlama modelinin performansını farklı amaçlar için ILOG çözücü üzerinde test etmişlerdir [Zhang ve Lau, 2005].

Cambazard ve ark., aşırı kısıtlandırılmış, dinamik çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. Problemin dinamik yapısını dikkate alan ve otomatik olarak kısıtların gevşemesine izin veren bir *kısıt programlama modeli* geliştirmişlerdir [Cambazard ve ark., 2005].

Cote ve ark., sınav çizelgeleme problemi için *melez çok amaçlı genetik bir algoritma* geliştirmişlerdir [Cote ve ark., 2005]. Dowland ve Thompson, *karınca koloni eniyilemesinin* karınca kolonilerinin yiyecek kaynaklarına en kısa yoldan ulaşabilmek için geliştirdikleri yöntemlere dayalı genetik bir arama prosedürü olduğunu belirtmişler ve bu yaklaşımı sınav çizelgeleme problemi için kullanmışlardır [Dowland ve Thompson, 2005].

Santiago-Mozos ve ark., bir İspanyol üniversitesinde bir durum çalışması için kişiselleştirilmiş çizelgeler elde etmek amacıyla *iki aşamalı genetik bir sezgisel algoritma* geliştirmişlerdir. Birinci aşamada kullanılan sezgisel yaklaşım ile öğrencilerinin isteklerini birinci önem derecesinde göz önünde bulundurarak öğrenciler gruplara ayrılmış ve ilk atamalar yapılmış, ikinci aşamada kullanılan genetik sezgisel yaklaşım ile birinci aşamada elde edilen çizelge geliştirilmiştir [Santiago-Mozos ve ark., 2005].

Özcan ve Ersoy, atama çizelgeleme problemlerinin çözümünde *memetik algoritmaların* tasarımı için bir yapı oluşturmuşlar ve Son Sınav Çizelgesi adında bir araç geliştirmişlerdir [Özcan ve Ersoy, 2005].

Asmuni ve ark., *bulanık uzman sistemler* ile sınav çizelgesi problemi üzerine çalışmışlardır. Sınavlara bulanık ağırlıklar vererek en az maliyete sahip sınavı çizelge için uygun çözümü bozmadan çizelgelemeye yerleştirerek modeli işletmişlerdir. Zaman içinde sınavların çizelgeden çıkarılmasını ve tekrar uygun zamanlarda çizelgeye dahil edilmesini mümkün kılarak tüm sınavlar planlanıncaya kadar işlemlere devam etmişlerdir [Asmuni ve ark., 2005].

MirHassani, her öğrencinin sınavları arasındaki mümkün ders çalışma zamanının en büyülenmesi için önceden hazırlanmış bir sınav çizelgesini geliştirdikleri *tamsayı programlama modeli* ile iyileştirmeyi hedeflemiştir [MirHassani, 2006].

Dammak ve ark., birbirinden bağımsız belirli boyutlardaki sınav setlerinin belli kapasitelere sahip dersliklere atanması problemi üzerine çalışmışlardır. Geliştirdikleri *0-1 doğrusal tamsayı modelini* her bir sınav salonunda sadece bir sınav olabileceği kısıtı altında ve bu kısıtı gevşeterek kullanmışlardır. İkinci durum için problem ayrıca *ulaştırma problemi* olarak modellenmiştir. Daha önceden geliştirdikleri grafik renklendirme sezgisellerinin sonuçlarını kullanarak sonuçların iyileştiğini göstermişler ve problemin çözümü için basit bir sezgisel yöntem önermişlerdir [Dammak ve ark., 2006].

MirHassani, *tamsayı programlama yaklaşımının* atama-çizelgeleme problemlerinin çözümü için oldukça iyi sonuçlar verdiğini belirtmiş, üniversite çizelgeleme problemi için oluşturduğu *0-1 tamsayı formülasyonunu* bir matematiksel programlama dili ve tamsayı programlama çözücüsü yardımıyla Shahrood University of Technology (İRAN) için çözmüştür. Çalışmasındaki temel yaklaşım modelin boyutlarının büyümesini engellemek için sınıf tahsislerini ve öğrenci isteklerini dolaylı olarak ele almak olmuştur [MirHassani, 2006].

Lai ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin birkaç genel prensip ile çözülemeyecek, karmaşık problemler olduğunu; yönetim, eğitici ve öğrencilerin birbirlerinden farklı ve çoğunlukla birbirleri ile çelişen amaçları olduğunu belirtmişlerdir. Ders zamanları, derslikler, dersler ve eğiticiler arasındaki karmaşık ilişkilerin çözümü zorlaştırdığını vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada *uzman sistemler* ile *kısıt programlamayı* birleştiren bir *yapay zeka yaklaşımı* ile ders çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. Uzman sistemlerdeki ayrıştırmanın değişimlere karşı esnekliği artırdığını göstermişler, sert ve yumuşak kısıtlar arasında bir hiyerarşi oluşturarak, kısıt tatmin seviyelerini ve *rahatlama tekniklerini* kullanarak sert ve yumuşak

kısıtları ele almışlar ve amaca yönelik yazılım mühendisliğini çizelgelemenin iyileştirilmesi için kullanmışlardır [Lai ve ark., 2006].

Beligiannis ve ark., *genetik hesaplama tekniklerine* dayalı uyumlu bir algoritma tasarlamış, geliştirmiş ve bu algoritmayı eğitim öğretim kurumlarında çizelgeleme problemi için kullanmışlardır. Algoritma öncelikle Yunanistan'da bulunan yüksek okullarda çözüm elde etmek amacıyla kullanılmış, daha sonra algoritmanın etkinliğini ve üstünlüğünü kanıtlamak amacıyla dünyanın diğer bölgelerinden elde edilen veriler kullanılarak farklı yöntemlerle oluşturulan çizelgeler ile karşılaştırmalar yapılmıştır [Beligiannis ve ark., 2006].

Al-Yakoob ve Sherali, Kuveyt Üniversitesinde yeni uygulamaya konulan cinsiyet farklılığı ile ilgili uygulamaları dikkate alarak, ders programlarındaki çakışmaları önlemek ve üniversitenin kaynaklarının en faydalı şekilde kullanılabilmesini sağlayabilmek amacıyla *karışık bir tamsayı programlama modeli* geliştirmişlerdir [Al-Yakoob ve Sherali, 2007].

Burke ve ark., çizelgeleme problemlerinde yaygın olarak kullanılan *grafik renklendirme sezgiselleri* setleri üzerine basit bir *genetik hiper-sezgisel model* geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri hiper-sezgisel yapı içerisinde üniversitelerde kullanılan sınav ve ders çizelgelemelerinin oluşturulmasında kullanılan renklendirme sezgisellerinin permütasyonlarının araştırılması için tabu arama yaklaşımını kullanmışlardır. Ulaştıkları sonuçları literatürde bilinen en etkin çözüm yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırmışlar ve sonuçları oldukça ümit verici bulmuşlardır [Burke ve ark., 2007].

Head ve Shaban, akademik çevrelerde ders çizelgeleme problemi üzerinde birçok çalışma yapıldığını fakat bu çalışmalarda öğrenci çizelgelemesi ile ders çizelgelemesinin ayrı ayrı incelendiğini belirtmişlerdir. Geliştirdikleri *sezgisel yaklaşım* ile öğrencilerin ve derslerin aynı anda çizelgenmesini sağlamışlardır. Çizelge oluşturulduktan sonra diğer bir sezgisel yaklaşımla çözümü iyileştirmeye

çalışmışlardır. Yukarıda verilen literatür incelemesi bir özet halinde Çizelge 2.1'de sunulmuştur [Head ve Shaban, 2007].

Çizelge 2.1. Literatür incelemesinin özet halinde sunumu

S. No	Yazar	Yılı	Yöntem	Çalışma Alanı
1	Burke E. K., Newall J.P.	1999	Genetik Algoritmalar	Sınav Çizelgeleme
2	Adamidis P., Arapakis P.	1999	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
3	Schaerf, A.	1999	Yerel Arama Tekniği	Ders Çizelgeleme
4	Zhaohui F., Lim A.	2000	Sezgisel Yaklaşım	Sınav Çizelgeleme
5	Abbas, A.M., Tsang, E.P.K.	2001	Kısıt Tatmin Teknikleri	Ders Çizelgeleme
6	Blum, C., Correia, S., Paechter, B., Rossi-Doria, O., Snoek, M.	2002	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
7	Burke E.K., Newall J.P.	2002	Yerel Arama Tekniği	Sınav Çizelgeleme
8	Tam V., Ting D.	2003	Sezgisel Yaklaşım	Ders Çizelgeleme
9	Sigl B., Golub M., Mornar V.	2003	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
10	Mahdi, O., Ainon, R.N., Zainuddin, R.	2003	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
11	Legierski W., Widawski R.	2003	Kısıt Programlama	Okul Çizelgeleme
12	Merlot L.T.G., Boland N., Hughes B.D., Stuckey P.J.	2003	Kısıt Programlama	Sınav Çizelgeleme
13	Daskalaki S., Birbas T., Housos E.	2004	Tamsayı Programlama	Ders Çizelgeleme
14	Dimopoulou M., Miliotis P.	2004	Tamsayı Programlama	Ders Çizelgeleme
15	Piechowiak S., Kolski C.	2004	Karar Destek Sistemi	Ders Çizelgeleme
16	White G.M., Bill S. Xie B.S., Stevan Zonjic S.	2004	Tabu Arama	Sınav Çizelgeleme
17	Parthiban, P., Ganesh, K., Narayanan, S., Dhanalakshmi, R.	2004	Karar Destek Yaklaşımı	Ders Çizelgeleme
18	Yang Y., Petrovic S.	2004	Metasezgisel Yaklaşım	Sınav Çizelgeleme
19	Bhatt, V., Sahajpal R.	2004	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
20	Muller T., Rudova H.	2004	İteratif İleri Arama Algoritması	Ders Çizelgeleme
21	Kendall G., Mohd Hussin N.	2004	Tabu Arama	Sınav Çizelgeleme
22	Ross, P., Marin-Blazquez, J.G., Hart, E.	2004	Hipersezgisel Yaklaşım	Sınav Çizelgeleme
23	Daskalaki S., Birbas T.	2005	Tamsayı Programlama	Sınav Çizelgeleme
24	Zhang L., Lau S.K.	2005	Kısıt Tatmin Teknikleri	Ders Çizelgeleme
25	Cambazard H., Demazeau F., Jussien N., David P.	2005	Kısıt Programlama	Ders Çizelgeleme
26	Cote P., Wong T. Sabouri R.	2005	Genetik Algoritmalar	Sınav Çizelgeleme
27	Dowland K.A., Thompson J.M.	2005	Genetik Algoritmalar	Sınav Çizelgeleme
28	Santiago-Mozos R., Salcedo-Sanz S., DePrado-C. M., Bousoño-Calzón C.	2005	Genetik Sezgisel Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
29	Özcan E., Ersoy E.	2005	Memetik Algoritma	Sınav Çizelgeleme
30	Asmuni H., Burke E.K., Garibaldi J., McCollum B.	2005	Bulanık Uzman Sistemler	Sınav Çizelgeleme
31	Santos H.G., Ochi L.S., Sauza M.J.F.	2005	Tabu Arama Sezgiseli	Ders Çizelgeleme
32	MirHassani S.A.	2006	Tamsayı Programlama	Sınav Çizelgeleme
33	Dammak A., Elloumi A., Kamoun H.	2006	Tamsayı Programlama	Sınav Çizelgeleme
34	MirHassani S.A.	2006	Tamsayı Programlama	Ders Çizelgeleme
35	Lai L., Hsueh N., Huang L., Chen T.	2006	Yapay Zeka Yaklaşımı	Ders Çizelgeleme
36	Ciscon L. A., Oliveira H.C.B.	2006	Genetik Algoritmalar	Ders Çizelgeleme
37	Beligiannis G.N., Moschopoulos C.N., Kaperonis G.P., Likothanassis S.D.	2006	Genetik Algoritma	Ders Çizelgeleme
38	Al-Yakoob S.A., Sherali H.D.	2007	Tamsayı Programlama	Ders Çizelgeleme
39	Burke E. K., McCollum B., Meisels A., Petrovic S., Qu R.	2007	Grafik Renklendirme Sezgiselleri	Sınav Çizelgeleme
40	Head C., Shaban S.	2007	Sezgisel Yaklaşım	Ders Çizelgeleme

Bu çalışmada bir yüksek öğretim kurumunda sınavlarda görevlendirilen personelin çizelgelenmesi problemi, geliştirilen doğrusal 0-1 tamsayı programlama modeli ile çözülmeye çalışılmıştır. İlk olarak problem mevcut ihtiyacı giderebilecek şekilde kısıt tatmin problemi olarak ele alınmış, daha sonra amaç fonksiyonuna eklenen ifadelerle ve ilave kısıtlarla önce eniyileme modeline, daha sonra hedef programlama modeline dönüştürülerek geliştirilen modelin performansı test edilmiştir.

3. SINAV PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Bu çalışmada; yaklaşık dört bin öğrencinin eğitim öğretimine devam ettiği bir eğitim öğretim kurumuna ilişkin sınav personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır ve 0-1 tamsayı programlama modeli ile çözülmüştür.

İncelenen yüksek eğitim kurumunda yarıyıl sonu sınavları iki haftalık süre içinde mesai günlerinde, her gün öğleden önce iki, öğleden sonra iki, toplam dört oturum olacak şekilde planlanmaktadır. Hangi sınavların hangi gün hangi oturumda icra edileceğine öğrencilerden oluşan bir komisyon karar vermektedir. Sınavların hangi salonlarda yapılacağı ve bu salonlarda sınavlara hangi öğrencilerin gireceği önceden ilgili birim tarafından planlanmaktadır. Bu aşamalardan sonra hangi öğretim elemanının, hangi gün, hangi oturumda, hangi sınav salonuna (X_{ijkl}) atanması gerektiği problemi, planlayıcıların uzun süreler çalışmalarını gerektirmekte ve elle yapılan çizelgeler personelin ve idarenin isteklerini karşılamakta yeterli olmamaktadır. Ayrıca çizelgeler oluşturulduktan sonra yapılan düzeltmeler çok vakit almakta ve çok sayıda personelin planlaması değişmektedir.

Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarda okuyan yaklaşık 4 000 öğrenci iki haftalık sınav dönemi boyunca kapasiteleri 20-120 arasında değişen 12 sınav salonunda sınavlara iştirak etmektedir. Sınav salonlarına fiziki koşullarına ve kapasitelerine göre sınav sorumluları atanmaktadır. Sınav salonlarında sınav salonu amiri (başkan), gözetmen ve evrak sorumlusu olmak üzere üç tüp personel görevlendirilmektedir. Bu tür görevlendirmeyi yapabilmek için sınavlarda görevlendirilebilecek tüm personel kıdemlerine göre üç kategoriye ayrılmaktadır. Kapasiteleri belli bir sayının üzerinde olan sınav salonlarına en üst kategoriden bir adet sınav salonu amiri atanması yapılmaktadır. Her sınav salonuna en alt kategoriden bir adet evrak sorumlusu görevlendirilmektedir. Sınav salonunda sınava giren öğrenci sayısına ve sınav salonunun fiziki koşullarına bağlı olarak değişen sayılarda gözetmenler orta kategoriden görevlendirilmektedir.

Kıdemlerine göre görevlendirilecek personellere verilecek görev sayısının belli bir sayısının üzerinde olmaması ve kıdem grubu içinde yapılan gözetmen atamalarının sayısının mümkün olduğu kadar eşit olması istenmektedir. Personele başka bir görevinin olduğu veya uygun mazeret belirttiği günlerde veya oturumlarda sınav görevi verilmemesi istenmektedir. Evrak sorumlularının sınav başlamadan ve sınav sona erdikten sonra icra edecekleri faaliyetlerin zaman alıcı olması sebebiyle, öğleden önce veya öğleden sonra mevcut iki oturumdan en fazla birisine görevlendirilmeleri gerekmektedir.

Sınav salonlarının inşaat/onarım, diğer bir faaliyetin sınav salonlarına planlanması gibi farklı sebeplerden dolayı kullanılamayacağı gün ve oturumlar için o sınav salonlarına sınav planlanmaması gerekmektedir. Ayrıca bazı günlerde ve bazı oturumlarda sınav salonu kapasitesinin mevcut sınav salonu ihtiyacından fazla olması nedeniyle her sınav salonuna sınav planlanmamaktadır.

3.1. Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli

Yukarıda verilen koşullar altında ele alınan eğitim öğretim kurumu için yarıyıl sonu sınavları döneminde sınav sorumlularının sınav salonlarına görevlendirilmeleri amacıyla Sınav Personel Çizelgeleme Modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla oluşturulan 0-1 Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli aşağıda verilmiş ve LINGO 8.0 Yazılımı ile çözülmüştür.

3.1.1. İndisler, değişkenler ve parametreler

Sınav Personel Çizelgeleme Modelinde kullanılan karar değişkeni aşağıda verildiği gibidir.

$$X_{ijkl} = \begin{pmatrix} 1, & \text{eğer } i\text{'inci öğretim elemanı, } j\text{'inci gün, } k\text{'ncı oturumda,} \\ & l\text{'inci sınav salonuna atanırsa,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda.} \end{pmatrix}$$

Karar değişkeninde kullanılan indisler aşağıda sunulmuştur.

i : Öğretim elemanları ($i = 1, 2, \dots, i_m, \dots, i_n, \dots, I$), olmak üzere

$\left(\begin{array}{l} m : \text{Sınav amiri olarak atanacak öğretim elemanı miktarı} \\ n-m : \text{Gözetmen olarak atanacak öğretim elemanı miktarı} \\ I-n : \text{Evrak sorumlusu olarak atanacak öğretim elemanı miktarı} \end{array} \right)$

j : Gün ($j = 1, 2, \dots, J$)

k : Oturum ($k = 1, 2, \dots, p, \dots, K$)

$\left(\begin{array}{l} p : \text{Öğleden önceki oturum miktarı} \\ K-p : \text{Öğleden sonraki oturum miktarı} \end{array} \right)$

l : Sınav salonu ($l = 1, 2, \dots, s, \dots, L$)

$\left(\begin{array}{l} s : \text{Başkan atanması gereken salon miktarı} \\ L-s : \text{Başkan atanmaması istenen salon miktarı} \end{array} \right)$

Önerilen modelde kullanılan parametreler ise aşağıda verildiği gibidir.

$GMK(1)$: Sınav amiri olarak atanacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı

$GMK(2)$: Gözetmen olarak atanacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı

$GMK(3)$: Evrak sorumlusu olarak atanacak öğretim elemanlarının sınav görev miktarı

OGM_{jkl} : j günü, k oturumunda, l sınav salonuna atanması istenilen toplam görevli sayısı

B_{jkl} : j günü, k oturumunda, l sınav salonuna atanması istenilen başkan

miktarı

G_{jkl} : j günü, k oturumunda, l sınav salonuna atanması istenilen
gözetmen miktarı

ES_{jkl} : j günü, k oturumunda, l sınav salonuna atanması istenilen evrak
sorumlusu miktarı

OGU_{ijk} : i öğretim elemanının, j günü, k oturumunda mazereti yoksa 1, değilse 0

3.1.2. Amaç fonksiyonu

$$\min z = 0 \quad (3.1)$$

Ele alınan çizelgeleme problemi “kısıtları tatmin edici” bir problem olduğu için amaç fonksiyonuna (Eş. 3.1) herhangi bir matematiksel ifade yazılmamıştır.

3.1.3. Kısıtlar

$$\sum_{l=1}^L X_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.2)$$

Eş. 3.2, herhangi bir öğretim elemanının herhangi bir gün, herhangi bir oturumda birden fazla sınav salonuna atanmasını engellemektedir.

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{ijkl} = GMIK(1) \quad i = (1,2,\dots,m) \text{ için} \quad (3.3)$$

Eş. 3.3 sınav amiri görevi alacak öğretim elemanlarının GMIK(1) kadar görev almasını,

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{ijkl} = GMIK(2) \quad i = (m+1,\dots,n) \text{ için} \quad (3.4)$$

Eş. 3.4, gözetmen görevi yapacak öğretim elemanlarının GMIK(2) kadar görev almasını,

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L X_{ijkl} = GMIK(3) \quad i = (n+1, \dots, I) \text{ için} \quad (3.5)$$

Eş. 3.5, evrak sorumlusu görevi yapacak öğretim elemanlarının GMIK(3) kadar görev almasını sağlamaktadır.

$$\sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^L X_{ijkl} \leq 1 \quad i = (n+1, \dots, I), \forall j \in J \quad (3.6)$$

Eş. 3.6, evrak sorumlularının öğleden önceki oturumlarda birden fazla görev almamasını,

$$\sum_{k=p+1}^K \sum_{l=1}^L X_{ijkl} \leq 1 \quad i = (n+1, \dots, I), \forall j \in J \quad (3.7)$$

Eş. 3.7, evrak sorumlularının öğleden sonraki oturumlarda birden fazla görev almamasını,

$$\sum_{l=1}^L X_{ijkl} \leq OGU_{ijk} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.8)$$

Eş. 3.8, öğretim elemanlarına mazeretli oldukları günlerde veya oturumlarda görev atanmamasını,

$$\sum_{i=1}^m X_{ijkl} \leq B_{jkl} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, l = (1, 2, \dots, s) \quad (3.9)$$

$$\sum_{i=m+1}^n X_{ijkl} \leq G_{jkl} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall l \in L \quad (3.10)$$

$$\sum_{i=n+1}^I X_{ijkl} \leq ES_{jkl} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall l \in L \quad (3.11)$$

Eş. 3.9-3.11 sınav yerlerine gerektiği kadar sınav salonu başkanı, gözetmen ve evrak sorumlusu atanmasını,

$$\sum_{i=1}^I X_{ijkl} \leq OGM_{jkl} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall l \in L \quad (3.12)$$

Eş. 3.12, her gün-her oturum-her sınav yerinde gerekli olduğu kadar gözetmen atanmasını,

$$X_{ijkl} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K, \forall l \in L \quad (3.13)$$

Eş. 3.13 ise karar değişkenlerinin 0-1 tamsayıli değişkenler olduğunu göstermektedir.

3.2. Uygulama

Uygulama safhasında öncelikle örnek bir gerçek durum üzerinden veri girişlerinin nasıl yapıldığı ve sonuçlara nasıl ulaşıldığı gösterilmiştir. Daha sonra önerilen model, farklı boyutlarda çözümlenerek çözüm sonuçları incelenmiştir. Bir sonraki aşamada amaç fonksiyonu başkanların ve başkanlar ile gözetmenlerin görevli oldukları gün sayılarını en küçükleyecek şekilde düzenlenmiş ve çözüm sonuçları incelenmiştir. Son aşamada ise amaç fonksiyonunda yapılan değişikli ve eklenen yeni kısıtlarla model hedef programlama modeline dönüştürülmüş ve tüm personelin hafta sonlarında görevli oldukları toplam gün sayıları mümkün olduğu kadar birbirine eşitlenmeye çalışılmıştır. Model farklı boyutlarda yapılan çözümlerle test edilmiştir.

3.2.1. Örnek Durum

Ele alınan örnek durumda sınav dönemi boyunca görevlendirilebilecek toplam 160 personel bulunmaktadır. Bu personelin 30 tanesi sınav salonlarına başkan, 90 tanesi gözetmen ve 40 tanesi evrak sorumlusu olarak atanmaktadır. Sınavlar fiziksel koşulları ve kapasiteleri farklı 12 sınav salonunda yapılmaktadır. Sınav dönemi 10 gün olup, her gün her salona 4 farklı oturumda sınav planlanabilmektedir.

Herhangi bir kullanıcının çok kısa bir süre içinde adapte olup, LINGO yazılımı üzerinde değişiklik yapmadan problemin girdilerini sisteme aktarabilmesi için Microsoft Excel ortamında basit, işlevsel arayüzler hazırlanmıştır.

	A	B	C	D
1		GÖZETMEN GİRİŞİ	SINAV SALONU GİRİŞİ	
2		(en fazla 250 görevli)	(en fazla 20 salon)	
3				
4	SIRA NO	GÖREVLİ (ÜNVAN-ADI-SOYADI)	SIRA NO	SINAV MERKEZİ (SALON ADI)
5	1	Başkan1	1	SALON 1
6	2	Başkan2	2	SALON 2
7	3	Başkan3	3	SALON 3
8	4	Başkan4	4	SALON 4
9	5	Başkan5	5	SALON 5
10	6	Başkan6	6	SALON 6
11	7	Başkan7	7	SALON 7
12	8	Başkan8	8	SALON 8
13	9	Başkan9	9	SALON 9
14	10	Başkan10	10	SALON 10
15	11	Başkan11	11	SALON 11
16	12	Başkan12	12	SALON 12
17	13	Başkan13		
18	14	Başkan14		
19	15	Başkan15		
20	16	Başkan16		
21	17	Başkan17		
22	18	Başkan18		
23	19	Başkan19		
24	20	Başkan20		
25	21	Başkan21		
26	22	Başkan22		
27	23	Başkan23		
28	24	Başkan24		
29	25	Başkan25		

Şekil 3.1. Görevli personel/Sınav salonu giriş sayfası

Şekil 3.1’de verilen sayfa üzerinden ne kadar görevlinin sınav dönemi boyunca görevlendirileceği ve ne kadar sınav salonunun sınav dönemi boyunca kullanılacağı sisteme girilebilmektedir. Örnek durumda 160 personel sınav dönemi boyunca 12 sınav salonunda görevlendirilecektir.

Şekil 3.2’de gösterilen sayfa sınav salonlarının herhangi bir sınav dönemi için uygun olup olmadığını vermektedir. Başka bir faaliyetin planlanması, inşaat/onarım gibi sebeplerden dolayı sınav salonlarının bazı günlerde/oturumlarda kullanılamaması durumu söz konusu olabilmektedir. Ayrıca bazı günlerde/oturumlarda bazı sınav salonlarına ihtiyaç olmadığından dolayı sınav planlanması yapılmamaktadır. Bu yüzden sınav planlanması istenen gün ve oturumlarda sınav salonunun uygunluğunu göstermek için ilgili hücre 1, uygun olmadığını göstermek için 0 ile işaretlenmektedir.

		HERHANGİ BİR GÜN, HERHANGİ BİR OTURUMDA, HERHANGİ BİR SINAV SALONU (1:AÇILSIN; 0:AÇILMASIN)														
		SALON 1	SALON 2	SALON 3	SALON 4	SALON 5	SALON 6	SALON 7	SALON 8	SALON 9	SALON 10	SALON 11	SALON 12			
GÜN 1	Oturum1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
GÜN 2	Oturum1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
GÜN 3	Oturum1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
GÜN 4	Oturum1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Oturum4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
GÜN 5	Oturum1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Oturum2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	Oturum3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
GÜN 6	Oturum1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Oturum2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Oturum3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Oturum4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
GÜN 7	Oturum1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
	Oturum4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	

Şekil 3.2. Gün/Oturum/Sınav salonu uygunluk sayfası

Şekil 3.2 incelendiğinde; birinci gün, birinci ve ikinci oturumda dördüncü sınav salonunun; birinci gün, tüm oturumlarda altıncı sınav salonunun; üçüncü gün, tüm oturumlarda ilk altı sınav salonunun; dördüncü gün, üçüncü ve dördüncü oturumlarda ve beşinci gün birinci ve ikinci oturumlarda onuncu ve on birinci sınav salonlarının; beşinci gün, tüm oturumlarda birinci sınav salonunun; altıncı gün, tüm oturumlarda

sekizinci, dokuzuncu, onuncu, on birinci ve on ikinci sınav salonlarının; yedinci gün ise tüm oturumlarda birinci sınav salonuna sınav planlaması yapılmaması istendiği görülmektedir. Diğer bütün salonlara (1 ile işaretlenen) istenilen gün ve oturumlarda sınav planlaması yapılacaktır.

SINAV SALONLARI PERSONEL İHTİYACI													
PERSONEL MİK./ SINAV YERLERİ	SALON 1	SALON 2	SALON 3	SALON 4	SALON 5	SALON 6	SALON 7	SALON 8	SALON 9	SALON 10	SALON 11	SALON 12	
SINAV SALONU BAŞKAN İHTİYACI	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
GÖZETMEN İHTİYACI	3	3	8	2	2	3	6	2	6	2	2	2	0
EVRAK SORUMLUSU İHTİYACI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TOPLAM	5	5	10	3	3	5	8	3	8	3	3	3	0

Şekil 3.3. Sınav salonları personel ihtiyacının belirlenmesi

Bir sonraki aşamada hangi sınav salonuna hangi gruptan ne kadar görevli atanması gerektiğinin girilmesi gerekmektedir. Şekil 3.3'de verilen çalışma sayfası üzerinde sınav salonlarının personel ihtiyacı belirlenebilmektedir. Sınav salonlarının fiziksel durumları ve o sınav salonunda sınava girecek öğrenci sayısına bağlı olarak sınav salonlarının görevli personel ihtiyaçları da farklı olmaktadır. Şekil 3.3 incelendiğinde örnek durum için toplam 12 sınav salonunun açılacağı görülmektedir. Birinci sınav salonuna 1 başkan, 3 gözetmen ve 1 evrak sorumlusu görevlendirilirken; üçüncü sınav salonunun personel ihtiyacının çok daha fazla olduğu görülmektedir. Üçüncü sınav salonuna 1 başkan, 8 gözetmen ve 1 evrak sorumlusunun görevlendirilmesi gerektiği Şekil 3.3 üzerinden görülmektedir. Bunun yanında dördüncü, beşinci, sekizinci, onuncu, on birinci ve on ikinci sınav salonları diğer sınav salonlarına nazaran daha düşük kapasiteli oldukları için başkan ataması yapılmamaktadır.

Sınav çizelgeleri hazırlanırken tüm personelin özel ve resmi mazeretlerinden dolayı görevlendirilemeyecekleri günlerin ve oturumların sisteme girilebilmesi için ayrı bir çalışma sayfası oluşturulmuştur (Şekil 3.4). Herhangi bir personel herhangi bir gün ve oturum için görevlendirilmeye müsait ise, söz konusu personel için ilgili gün/oturum hücresi 1 ile, geçerli mazeretinin söz konusu olduğu durumlarda ise ilgili gün/oturum hücresi 0 ile işaretlenmektedir.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		GÖZETMEN-GÜN/OTURUM UYUMU												
		GÜN 1				GÜN 2				GÜN 3				
S.NO	GÖZETMEN	OTURUM 1	OTURUM 2	OTURUM 3	OTURUM 4	OTURUM 1	OTURUM 2	OTURUM 3	OTURUM 4	OTURUM 1	OTURUM 2	OTURUM 3	OTURUM 4	OTURUM 1
1	Başkan1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
2	Başkan2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Başkan3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	Başkan4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Başkan5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Başkan6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Başkan7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Başkan8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Başkan9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Başkan10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	Başkan11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	Başkan12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Başkan13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Başkan14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Başkan15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Başkan16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Başkan17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Başkan18	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
19	Başkan19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Başkan20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	Başkan21	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
22	Başkan22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Şekil 3.4. Personel/Gün/Oturum uygunluk sayfası

Şekil 3.4 incelendiğinde başkan olarak görevlendirilecek olan birinci personelin sınav döneminin birinci ve ikinci günlerinde; üçüncü personelin sınav döneminin ikinci ve üçüncü günlerinde; onuncu ve on birinci personelin sınav döneminin ilk üç gününde; yirmi birinci personelin sınav döneminin ikinci gününde, tüm oturumlarda mazeretlerinin olduğu görülmektedir. Ayrıca başkan olarak görevlendirilecek olan on sekizinci personele de sınav döneminin ikinci günü, üçüncü ve dördüncü oturumlarda mazeretli olduğu için görevlendirme yapılamayacağı görülmektedir.

Son olarak daha önceki aşamalarda girilen verilere bağlı olarak oluşturulan Görev Ayarlama ve Eniyileme sayfası üzerinden başkan, gözetmen ve evrak sorumlusu

olarak görevlendirilecek olan personele atandırılması gereken toplam görev miktarına ulaşılabilmektedir (Şekil 3.5). Görevlendirilmek istenen başkanların, gözetmenlerin ve evrak sorumlularının miktarı bu sayfa üzerinden girilebilmekte ve her bir görevli grubuna verilecek olan görev miktarları bu sayfa üzerinden hesaplanmaktadır.

GÖREV TİPİ	MİKTARI	GÖREV TİPİ	MİKTARI	GRV.MİK.	TOP.GRV.MİK.
TOPLAM BAŞKAN GÖREV MİKTARI	208	GÖREVLENDİRİLEN SALON BAŞKANI MİKTARI:	30	7	210
TOPLAM GÖZETMEN GÖREV MİKTARI	1444	GÖREVLENDİRİLEN GÖZETMEN MİKTARI:	90	17	1530
TOPLAM EVRAK SORUMLUSU GÖREV MİKTARI	414	GÖREVLENDİRİLEN EVRAK SORUMLUSU MİKTARI:	40	11	440
TOPLAM GÖREV MİKTARI:	2066	TOPLAM GÖREV MİKTARI:	2180		
TOPLAM PERSONEL MİKTARI:	160	TOPLAM PERSONEL MİKTARI:	160		

Şekil 3.5. Görev ayarlama ve eniyileme sayfası

Şekil 3.5 incelendiğinde örnek durum için başkan olarak görevlendirilen gruba toplam 208, gözetmen olarak görevlendirilen gruba toplam 1444, evrak sorumlusu olarak görevlendirilen gruba da 414 olmak üzere toplam 2066 görevin bulunduğu görülmektedir. 160 personelin kıdem durumuna göre ilk 30 tanesi başkan, müteakip 90 tanesi gözetmen ve son 40 tanesi evrak sorumlusu olarak görevlendirilmiştir.

Başkan grubundan en kıdemli 2 personele 6, diğerlerine 7 görev; gözetmen grubundan en kıdemli olan 86 personele 16, diğer 4 personele 17 görev; evrak sorumlusu grubundan ilk 26 personele 10, diğerlerine 11 görev verilmesi gerekmektedir. Bu şekilde toplam 2066 görev 160 personele dağıtılmaktadır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	SIRANO	GÖZETMEN	GORMIK	6	2066			SALON SAYISI	12			2
2	1	GÖZ1	6	6				GÖZETMEN	160			0
3	2	GÖZ2	6	7								0
4	3	GÖZ3	7	7					SAYI11	SAYI12		0
5	4	GÖZ4	7	7					1	30		0
6	5	GÖZ5	7	7					SAYI2	SAYI3		0
7	6	GÖZ6	7	7					31	120		0
8	7	GÖZ7	7	7					SAYI3	SAYI4		0
9	8	GÖZ8	7	7					121	160		0
10	9	GÖZ9	7	7					SAYI4	SAYI5		0
11	10	GÖZ10	7	7						250		0
12	11	GÖZ11	7	7								0
13	12	GÖZ12	7	7								0
14	13	GÖZ13	7	7				BAŞKAN	208			0
								GÖZETMEN				0

Şekil 3.6. Hesaplama sayfası


Yukarıda açıklandığı şekilde adım adım veriler sisteme girildikten sonra Hesaplama sayfası (Şekil 3.6) üzerinden son kontrollerin yapılmasını müteakip model LINGO yazılımı ile çözülmektedir. Problemin çözümü için hazırlanan LINGO kodu EK-1’de sunulmuştur. Problemin LINGO Solver Status çözüm durumu Şekil 3.7’de verildiği gibidir.

LINGO Solver Status [GOZETMENTEZ]	
Solver Status:	
Model Class:	ILP
State:	Global Optimum
Objective:	0
Infeasibility:	0
Iterations:	28286
Extended Solver Status:	
Solver Type:	B-and-B
Best Obj:	0
Obj Bound:	0
Steps:	0
Active:	0
Variables:	
Total:	200250
Nonlinear:	0
Integers:	200000
Constraints:	
Total:	300941
Nonlinear:	0
Nonzeros:	
Total:	8976000
Nonlinear:	0
Generator Memory Used (K):	
	151688
Elapsed Runtime (hh:mm:ss):	
	00:01:58
Update Interval:	2
Interrupt Solver	
Close	

Şekil 3.7. LINGO Solver Status çözüm durumu

Şekil 3.7 incelendiğinde problemin toplam 200 000 tamsayıli değişkenen (X_{ijkl}) ve 300 941 kısıttan oluştuğu görülmektedir. Problemin tipi Doğrusal Tamsayı Programlamadır (Integer Linear Programming, ILP). Dal-Sınır tekniği (Branch and Bound, B-and-B) kullanılarak 1 dakika 58 saniye içinde 28 286 iterasyon sonucunda en uygun çözüme (Global Optimum) ulaşılmıştır.

Problem içinde 200 000 adet tamsayıli değişken bulunmaktadır (X_{ijkl} , $i \times j \times k \times l$, $250 \times 10 \times 4 \times 20 = 200\ 000$). Problemin LINGO çözümlünün bir parçası Şekil 3.8’de verilmiştir. Birinci sırada; birinci görevliye, üçüncü gün, ikinci oturumda, dokuzuncu sınav salonunda görev verildiği görülmektedir.



Variable	Value	Reduced Cost
ATAMA (1, 3, 2, 9)	1.000000	0.000000
ATAMA (1, 3, 3, 7)	1.000000	0.000000
ATAMA (1, 3, 4, 7)	1.000000	0.000000
ATAMA (1, 4, 3, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (1, 6, 1, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (1, 6, 2, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 1, 1, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 1, 2, 1)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 2, 1, 9)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 2, 2, 3)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 2, 3, 6)	1.000000	0.000000
ATAMA (2, 4, 4, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 1, 2, 3)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 1, 3, 1)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 4, 3, 6)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 8, 3, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 9, 2, 6)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 10, 1, 2)	1.000000	0.000000
ATAMA (3, 10, 3, 1)	1.000000	0.000000
ATAMA (4, 1, 1, 3)	1.000000	0.000000
ATAMA (4, 1, 3, 7)	1.000000	0.000000
ATAMA (4, 1, 4, 1)	1.000000	0.000000

Şekil 3.8. Problemin LINGO çözümlünün bir parçası

Problemin LINGO çözümlü herhangi bir kullanıcı için çok kullanışlı olmadığı için, çözümlü Microsoft Excel ortamına taşıyıp, düzenlendikten sonra herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilir şekilde sunulabilmektedir. Çözümlü Microsoft Excel ortamında düzenlenmiş halinin bir bölümü Şekil 3.9’da verildiği gibidir.

Şekil 3.9 incelendiğinde örnek olarak başkan olarak görevlendirilen birinci personele Personel/Gün/Oturum uygunluk sayfasında girildiği gibi ilk iki gün, onuncu ve on birinci başkanlara ilk üç gün sınav görevi verilmediği görülmektedir.

	09.06.2007				10.06.2007				11.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1												
Başkan2	SALON2	SALON1			SALON9	SALON3	SALON6			SALON9	SALON7	SALON7
Başkan3		SALON3	SALON1									
Başkan4	SALON3		SALON7	SALON1		SALON2						
Başkan5			SALON3	SALON2	SALON7	SALON1			SALON9			
Başkan6				SALON7	SALON7	SALON6	SALON1					
Başkan7				SALON9	SALON3		SALON3	SALON1				
Başkan8					SALON6			SALON6	SALON7			SALON9
Başkan9			SALON2									
Başkan10												
Başkan11												
Başkan12		SALON9						SALON9				
Başkan13												
Başkan14						SALON9	SALON9					
Başkan15					SALON2							
Başkan16	SALON1				SALON1	SALON7	SALON7					
Başkan17								SALON7				
Başkan18												
Başkan19												
Başkan20												
Başkan21												
Başkan22				SALON3								
Başkan23								SALON3				
Başkan24												
Başkan25	SALON7						SALON2	SALON2				
Başkan26			SALON9									
Başkan27		SALON7							SALON7			
Başkan28	SALON9									SALON9		
Başkan29												
Başkan30		SALON2										

Şekil 3.9. Çözümün Microsoft Excel ortamda düzenlenmiş halinin bir bölümü

Örnek problemin LINGO çözümünün Microsoft Excel ortamında düzenlenmiş halinin tamamı EK-2’de sunulmuştur.

3.2.2. Problemin farklı boyutlarda çözümlerinin test edilmesi

Sınav personel çizelgeleme probleminin önerilen Doğrusal Tamsayı Programlama modeli ile farklı boyutlarda çözümleri yapılarak birbirleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla sınav dönemi için 50, 100, 150, 200 ve 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durumlar için farklı sayıda sınav günlerinin, oturumların ve sınav salonlarının söz konusu olduğu problemler ele alınmıştır. İlk olarak 50 görevlinin bulunduğu durum için 5, 6 veya 10 sınav gününün olduğu, 2 veya 4 oturumda toplam 5 veya 6 sınav salonunda sınav yapılmasının planlandığı durumlar için çözümler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Toplam 50 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları

Görevli:50		Gün:5		Oturum:2		Salon:5	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	1 066	113 401	00:00:29	250			
Görevli:50		Gün:5		Oturum:4		Salon:6	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	2 675	4 613 250	00:00:29	500			
Görevli:50		Gün:6		Oturum:2		Salon:6	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	1 708	4 450 850	00:00:29	360			
Görevli:50		Gün:10		Oturum:2		Salon:5	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	2 675	4 613 250	00:00:29	500			

Çizelge 3.1 incelendiğinde toplam 50 görevlinin 5, 6 veya 10 günlük sınav dönemlerinde görevlendirildikleri ve en fazla 500 sınav görevinin görevlilere dağıtıldığı örnek durum çalışmalarında 29 saniye içinde En uygun çözüme ulaşıldığı görülmüştür. Sınav günlerinde 5 veya 6 sınav salonunda 2 veya 4 oturumda sınav planlanmıştır.

Müteakip aşamada 100 görevlinin bulunduğu durum için 5, 8 veya 10 sınav gününün kullanılabilir olduğu, 2 veya 4 oturumda toplam 6, 8, 10 veya 12 sınav salonunda sınav yapılmasının planlandığı durumlar için çözümler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 incelendiğinde örnek durum çalışmaları için toplam görev miktarının artması ile çözüm sürelerinin uzamaya başladığı görülmektedir. Sırasıyla toplam görev miktarının 320, 960, 1 000 ve 1 600 olduğu durumlarda çözüm süreleri 36 saniye, 43 saniye, 47 saniye ve 51 saniye olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.2. Toplam 100 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları

Görevli:100		Gün:5		Oturum:2		Salon:6	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	1 685	6 221 250	00:00:36	320			
Görevli:100		Gün:5		Oturum:4		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	8 417	6 221 250	00:00:47	1 000			
Görevli:100		Gün:8		Oturum:2		Salon:12	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	11 010	5 909 250	00:00:43	960			
Görevli:100		Gün:10		Oturum:4		Salon:8	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	18 978	6 221 250	00:00:51	1 600			

Çizelge 3.3. Toplam 150 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları

Görevli:150		Gün:8		Oturum:2		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	9 317	7 517 250	00:00:56	800			
Görevli:150		Gün:8		Oturum:2		Salon:12	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	12 442	7 517 250	00:00:59	960			
Görevli:150		Gün:10		Oturum:4		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	32 235	7 517 250	00:01:27	2 000			
Görevli:150		Gün:10		Oturum:4		Salon:15	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	51 329	7 517 250	00:02:10	3 000			

Müteakip aşamada 150 görevlinin bulunduğu durum için 8 veya 10 sınav gününün kullanılabilir olduğu, 2 veya 4 oturumda toplam 10, 12 veya 15 sınav salonunda sınav yapılmasının planlandığı durumlar için çözümler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.3'de sunulmuştur.

Çizelge 3.3 incelendiğinde toplam 150 görevlinin bulunduğu örnek durum çalışmaları için toplam görev miktarının artması ile çözüm sürelerinin benzer şekilde uzadığı görülmüştür. Sırasıyla toplam görev miktarının 800, 960, 2 000 ve 3 000 olduğu durumlarda çözüm süreleri 56 saniye, 59 saniye, 1 dakika 27 saniye ve 2 dakika 10 saniye olarak gerçekleşmiştir.

Müteakip aşamada 200 görevlinin bulunduğu durum için 8 veya 10 sınav gününün kullanılabilir olduğu, 2 veya 4 oturumda toplam 10, 12 veya 15 sınav salonunda sınav yapılmasının planlandığı durumlar için çözümler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.4'de sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Toplam 200 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları

Görevli:200		Gün:8		Oturum:2		Salon:12	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	12 301	9 125 250	00:01:37	960			
Görevli:200		Gün:10		Oturum:4		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	32 041	9 125 250	00:02:18	2 000			
Görevli:200		Gün:10		Oturum:4		Salon:12	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	46 257	9 125 250	00:02:47	2 400			
Görevli:200		Gün:10		Oturum:4		Salon:15	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	153 207	9 125 250	00:03:42	3 000			

Çizelge 3.4 incelendiğinde toplam 200 görevlinin bulunduğu örnek durum çalışmaları için toplam görev miktarının artması ile çözüm sürelerinin benzer şekilde uzadığı görülmüştür. Sırasıyla toplam görev miktarının 960, 2 000, 2 400 ve 3 000 olduğu durumlarda çözüm süreleri 1 dakika 37 saniye, 2 dakika 18 saniye, 2 dakika 47 saniye ve 3 dakika 42 saniye olarak gerçekleşmiştir.

Son aşamada 250 görevlinin bulunduğu durum için 8 veya 10 sınav gününün kullanılabilir olduğu, 2 veya 4 oturumda toplam 10, 12, 15 veya 20 sınav salonunda sınav yapılmasının planlandığı durumlar için çözümler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.5’de sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Toplam 250 görevlinin bulunduğu sınav dönemi için farklı durumlarda problemlerin çözüm sonuçları

Görevli:250		Gün:8		Oturum:2		Salon:12	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	12 550	10 733 250	00:01:37	960			
Görevli:250		Gün:8		Oturum:4		Salon:15	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	125 358	10 733 250	00:03:33	2 400			
Görevli:250		Gün:10		Oturum:4		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	36 061	10 733 250	00:03:17	2 000			
Görevli:250		Gün:10		Oturum:4		Salon:20	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi	Top. Gör. Mik.			
En uygun çözüm	206 158	10 733 250	00:05:50	4 000			

Çizelge 3.5 incelendiğinde toplam 250 görevlinin bulunduğu örnek durum çalışmaları için toplam görev miktarının artması ile çözüm sürelerinin benzer şekilde uzadığı görülmüştür. Sırasıyla toplam görev miktarının 960, 2 000, 2 400 ve 4 000 olduğu durumlarda çözüm süreleri 1 dakika 37 saniye, 3 dakika 17 saniye, 3 dakika 33 saniye ve 5 dakika 50 saniye olarak gerçekleşmiştir.

Amaç fonksiyonunda herhangi bir ifadenin yer almadığı, sadece kısıtların gerçekleştirilmeye çalışıldığı tamsayı doğrusal programlama modelinin farklı boyutlar için bulunan çözüm sonuçları incelendiğinde kabul edilebilir süreler içinde En uygun çözümlere ulaşılabildiği görülmüştür.

Toplam 250 adet görevlinin kullanılabildiği, sınavların 10 günlük bir sınav döneminde her gün 4 oturum açılarak 20 sınav salonunda icra edildiği en büyük boyutlu problemin en iyi çözümüne 5 dakika 50 saniye içerisinde ulaşılabilmektedir.

Bunun yanında aynı sayıda toplam görev miktarının söz konusu olduğu durum çalışmaları için görevli sayısının artması ile çözüm sürelerinin değişimi Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Sabit görev miktarı için toplam görevli miktarı ile çözüm sürelerinin değişimi

Toplam Görev Miktarı	Toplam Görevli Miktarı	Çözüm süresi
960	100	00:00:43
960	150	00:00:59
960	200	00:01:37
960	250	00:01:37
2 000	150	00:01:27
2 000	200	00:02:18
2 000	250	00:03:17
2 400	200	00:02:47
2 400	250	00:03:33

Çizelge 3.6 incelendiğinde toplam görev miktarlarının sabit olduğu fakat farklı sayıda görevlinin sınav dönemleri içerisinde görevlendirildikleri durumlarda problemlerin çözüm süreleri incelendiğinde, görevli sayısının artması ile çözüm sürelerinin uzadığı görülmüştür.

3.2.3. Görevlilerin görevli oldukları toplam gün miktarının en küçüklendiği durum çalışmaları

Sınav dönemi boyunca çeşitli sebeplerden dolayı başkan, gözetmen veya evrak sorumlusu olarak görevlendirilecek olan personeller mümkün olduğu kadar az günde sınav görevleri icra edip diğer günlerini boşa çıkarmak isteyebilmektedir. Başka şehirlerde, farklı kurumlarda veya farklı şubelerde çeşitli görevleri olanlar mümkün olduğu kadar az gün okula gelip görevlerinin tamamlamayı arzu edebilmektedir. Örneğin 10 günlük sınav döneminde toplam 6 görevi olan bir personel, bu görevlerini 6 gün boyunca her gün bir tek sınava girmek yerine bir gün 3, başka bir gün 3 sınava iştirak ederek toplam iki gün içinde görevlerini tamamlamayı kendi açısından daha uygun bulabilir.

Bu amaçla önerilen tamsayı doğrusal programlama modeline daha önce verilen kısıtlara ek olarak üç adet yeni kısıt ve bir amaç fonksiyonu eklenmiştir. Bu kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L x_{ijkl} = Y_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.14)$$

Eş. 3.14, eğer i inci görevli j inci gün herhangi bir oturumda herhangi bir sınav salonunda görevlendirildi ise Y_{ij} 0-1 karar değişkeninin 1 değerinin almasını, diğer durumlarda 0 değerini almasını sağlamaktadır.

$$\sum_{j=1}^J Y_{ij} = GORGUN_i \quad \forall i \in I \quad (3.15)$$

Eş. 3.15 ise her bir görevlinin sınav dönemi boyunca toplam kaç gün sınava girdiğinin $GORGUN_i$ değişkenine atanmasını sağlamaktadır.

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.16)$$

$$Y_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ eğer } i \text{ öğretim elemanı } j \text{ günü görev alırsa} \\ 0, \text{ diğer durumlarda} \end{array} \right\}$$

Eş. 3.16'da Y_{ij} karar değişkenininin 1-0 tamsayı değerlerini almasını sağlamaktadır.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^I \text{GORGUN}_i \quad (3.17)$$

Eş. 3.17 başkan, gözetmen ve evrak sorumlusu olarak görevlendirilen tüm görevlilerin sınav dönemi boyunca sınavlara iştirak edecekleri toplam gün sayısını en küçükleyen amaç fonksiyonunu vermektedir.

Görevli grubundan sadece başkanların görevli oldukları gün sayısının en küçüklenmesi

Sınav dönemi boyunca sınav görevlerinin farklı günlere planlanması çoğu zaman çok fazla tercih edilen bir durum değildir. Özellikle başkan olarak görev yapan personelin idari işler gibi daha farklı görevlerinin de olması her gün sınav görevi için müsait olmalarını zorlaştırmaktadır. Bu açıdan başkan olarak görevlendirilen personelin görevli oldukları gün sayılarını en küçükleyen model, bir önceki önerilen modele bir amaç fonksiyonu ve üç yeni kısıt eklenerek geliştirilmiş ve 50, 80, 100, 150, 200 ve 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durumlar için bulunan çözüm sonuçları Çizelge 3.7-3.12'de sunulmuştur.

Çizelge 3.7. 50 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan)

Görevli:50	Gün:5	Oturum:4	Salon:5
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	3 002	129 401	
Çözüm	Başkan Sayısı	Çözüm süresi	
20	10	00:00:31	

Çizelge 3.8. 80 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan)

Görevli:80		Gün:10	Oturum:4	Salon:8
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	44 479		176 971	
Çözüm	Başkan Sayısı		Çözüm süresi	
80	20		00:01:01	

Çizelge 3.9. 100 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan)

Görevli:100		Gün:10	Oturum:4	Salon:10
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	66 505		208 651	
Çözüm	Başkan Sayısı		Çözüm süresi	
100	25		00:01:32	

Çizelge 3.10. 150 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan)

Görevli:150		Gün:10	Oturum:4	Salon:10
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	136 673		255 501	
Çözüm	Başkan Sayısı		Çözüm süresi	
100	50		00:03:49	

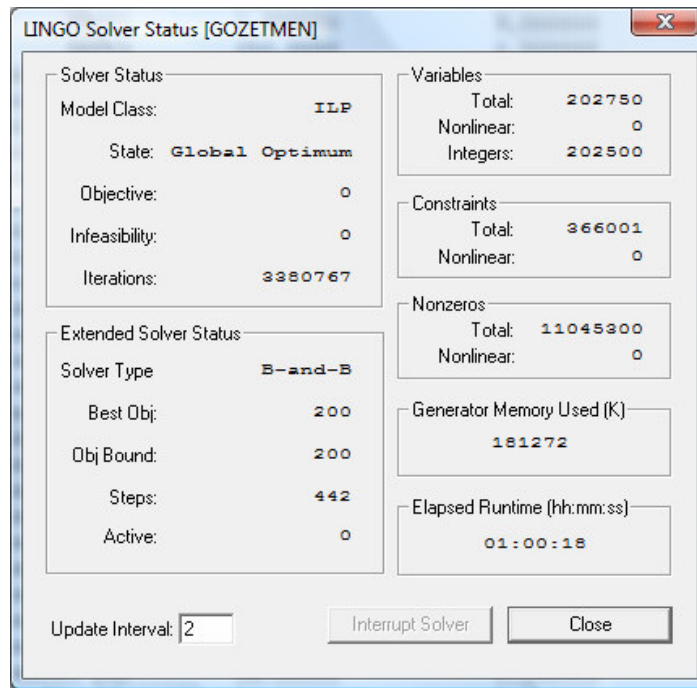
Çizelge 3.11. 200 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan)

Görevli:200		Gün:10	Oturum:4	Salon:20
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	3 776 603		287 051	
Çözüm	Başkan Sayısı		Çözüm süresi	
200	50		00:55:05	

Çizelge 3.12. 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan)

Görevli:250	Gün:10	Oturum:4	Salon:20
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı
En iyi çözüm	3 380 767		366 001
Çözüm	Başkan Sayısı		Çözüm süresi
200	50		01:00:18

Çizelge 3.7-3.12 incelendiğinde problemin boyutlarının artması ile çözüm sürelerinin uzadığı görülmüştür. Önerilen model ile en büyük boyutlu problemin en iyi çözümüne 1 saat 18 saniye içinde ulaşılmıştır (Çizelge 3.12). Problemin LINGO Solver Status sayfası incelendiğinde (Şekil 3.10), problem içinde 202 500 tanesi tamsayı (X_{ijkl} , $i \times j \times k \times l$, $250 \times 10 \times 4 \times 20 = 200\,000$; Y_{ij} , $i \times j$, $250 \times 10 = 2500$) olmak üzere toplam 202 750 değişken ($GORGUN_i$, $i=250$) olduğu görülmektedir.



Şekil 3.10. En büyük boyutlu problemin LINGO çözümü (eniyileme modeli, başkan)

Görevli grubundan başkanların ve gözetmenlerin görevli oldukları gün sayısının en küçüklenmesi

Bu bölümde başkan olarak görevlendirilen personelin yanında gözetmen olarak da görev yapan personellerin görevli oldukları toplam gün sayıları en küçüklenmeye çalışılarak önerilen tamsayı doğrusal programlama modelinin performansı test edilmiştir. ve 50, 80, 100, 150, 200 ve 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durumlar için bulunan çözüm sonuçları Çizelge 3.13-3.18’de sunulmuştur.

Çizelge 3.13. 50 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:50	Gün:5	Oturum:4	Salon:4
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı
En iyi çözüm	8 237		113 401
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi
80	40		00:00:31

Çizelge 3.14. 80 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:80	Gün:10	Oturum:4	Salon:8
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı
En iyi çözüm	76 046		144 971
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi
320	60		00:01:25

Çizelge 3.15. 100 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları (eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:100	Gün:10	Oturum:4	Salon:10
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı
En iyi çözüm	134 760		168 651
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi
400	75		00:02:45

Çizelge 3.16. 150 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:150		Gün:10	Oturum:4	Salon:10
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	257 147		247 601	
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi	
400	125		00:07:30	

Çizelge 3.17. 200 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:200		Gün:10	Oturum:4	Salon:20
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	2 383 840		287 051	
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi	
800	150		02:31:04	

Çizelge 3.18. 250 görevlinin mevcut olduğu örnek durum için çözüm sonuçları
(eniyileme modeli, başkan+gözetmen)

Görevli:250		Gün:10	Oturum:4	Salon:20
Durum	İterasyon		Kısıt sayısı	
En iyi çözüm	4 463 562		366 001	
Çözüm	Başkan+Gözetmen Sayısı		Çözüm süresi	
800	200		09:28:12	

Çizelge 3.13-3.18 incelendiğinde problemin boyutlarının artması ile çözüm sürelerinin uzadığı görülmüştür. Önerilen model ile en büyük boyutlu problemin en iyi çözümüne 9 saat 28 dakika 12 saniye içinde ulaşılmıştır (Çizelge 3.18).

3.2.4. Önerilen model için hedef programlama yaklaşımı

Bazı sınav dönemlerinde on günlük sınav döneminin hafta sonlarını da kapsayacak şekilde düzenlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Sınavlar Cumartesi günü

başlayıp bir sonraki hafta Pazartesi gününe kadar devam edebilmektedir. Bu şartlar altında personelin belirlenen sayıda sınav görevine belirlenen kısıtlar altında atandırılmasının ve görevli oldukları toplam gün sayısının mümkün olduğunca en küçüklenmesinin yanında, personelin hafta sonlarında görevli oldukları toplam gün sayısının da mümkün olduğunca eşitlenmesi önem kazanmaktadır. Bu amaçla önceki bölümlerde önerilen tamsayılı doğrusal programlama modeline ilave kısıtlar eklenerek ve amaç fonksiyonun yapısı hedef programlamaya dönüştürülerek problemin çözümü yapılmıştır. Modele eklenen kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir.

$$Y_{i1} + Y_{i2} + Y_{i8} + Y_{i9} = HFTSNGG_i \quad \forall i \in I \quad (3.18)$$

Daha önce oluşturulan Y_{ij} değişkeninden faydalanılarak her personel için hafta sonlarında görevli olunan toplam gün sayılarına ulaşılabilir. 1, 2, 8 ve 9 olarak belirlenen günler hafta sonu günlerini ifade etmektedir.

$$HFTSNGG_i - HFTSNGG_t + d_i^- - d_i^+ = 0 \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, m \\ t = 1, 2, \dots, m \text{ ve } i \neq t \end{array} \quad (3.19)$$

Eş.3.19 başkan olarak görevlendirilen personelin hafta sonlarında görevli oldukları toplam gün sayıları arasındaki farkı sıfır yapmayı,

$$HFTSNGG_i - HFTSNGG_t + d_i^- - d_i^+ = 0 \quad \begin{array}{l} i = m + 1, m + 2, \dots, n \\ t = m + 1, m + 2, \dots, n \text{ ve } i \neq t \end{array} \quad (3.20)$$

Eş.3.20 gözetmen olarak görevlendirilen personelin hafta sonlarında görevli oldukları toplam gün sayıları arasındaki farkı sıfır yapmayı,

$$HFTSNGG_i - HFTSNGG_t + d_i^- - d_i^+ = 0 \quad \begin{array}{l} i = n + 1, n + 2, \dots, I \\ t = n + 1, n + 2, \dots, I \text{ ve } i \neq t \end{array} \quad (3.21)$$

Eş.3.21 evrak sorumlusu olarak görevlendirilen personelin hafta sonlarında görevli oldukları toplam gün sayıları arasındaki farkı sıfır yapmayı sağlamaktadır.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m d_i^+ + d_i^- + \sum_{i=m+1}^n d_i^+ + d_i^- + \sum_{i=n+1}^l d_i^+ + d_i^- \quad (3.22)$$

Eş. 3.22’de verilen amaç fonksiyonu her gruptan görevlendirilen görevlilerin kendi içerisinde hafta sonlarında görevli oldukları gün sayılarındaki sapmaları en küçüklemeyi amaçlamaktadır.

Önerilen hedef programlama modelinin performansını test etmek amacıyla farklı boyutlarda problemler için çözümler yapılmıştır. Çözüm sonuçları Çizelge 3.19’da sunulmuştur.

Çizelge 3.19. Hedef programlama yaklaşımı ile örnek problem çözümleri

Görevli:50		Gün:5		Oturum:2		Salon:5	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi				
Uygun çözüm	44 561 194	176 171	02:43:27				
Görevli:100		Gün:10		Oturum:4		Salon:5	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi				
Uygun çözüm	4 133 409	231 401	03:34:13				
Görevli:100		Gün:5		Oturum:4		Salon:10	
Durum	İterasyon	Kısıt sayısı	Çözüm süresi				
Uygun çözüm	11 324 817	239 301	07:39:27				

Önerilen hedef programlama modeli ile makul süreler içerisinde en iyi çözüme ulaşılamamıştır. 50 görevlinin, 5 gün, 2 oturumda 5 sınav soluna planlanması için yapılan küçük boyutlu bir problemin çözümünde 2 saat 43 dakika 27 saniye içerisinde en iyi çözüme ulaşılamamış, fakat uygun çözümler (feasible) bulunmuştur (Çizelge 3.19). Benzer şekilde 100 görevlinin 5 gün 4 oturumda 10 sınav salonuna planlandığı durum çalışmasında da 7 saat 39 dakika 27 saniye içerisinde en iyi

özüme ulaşlamamıştır. Problemin boyutlarının artması ile çözüm sürelerinde meydana gelen artışlar düşünöldüğünde önerilen hedef programlama modeli ile makul süreler içerisinde en iyi çözüme ulaşlamayacağı görölmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sınav personel çizelgeleme problemi incelenmiştir. Eğitim öğretim kurumlarında sınav çizelgelerinin hazırlanması; bir görevlinin aynı zaman diliminde iki farklı sınav için görevlendirilememesi gibi sıkı kısıtların hiçbirisinin ihlal edilmeden, sınırlı sayıdaki sınav oturumlarına sınavların, görevlilerin ve öğrencilerin planlanması olarak ifade edilen bir özel bir çizelgeleme problemidir. Bu çalışmada ele alınan eğitim öğretim kurumunda sınav dönemi içinde hangi öğretim elemanının, hangi gün, hangi oturumda, hangi sınav salonuna atanması gerektiği problemi çözülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yarıyıl sonu sınav dönemi boyunca sınavlarda görevlendirilecek olan personelin farklı günlerde, farklı oturumlarda, farklı sınav salonlarına problemin yapısından kaynaklanan kısıtları göz önünde bulundurarak atamasını yapan 0-1 tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Bu sayede planlama birimindeki personelin elle oluşturduğu, büyük emek ve zaman israfına neden olan aynı zamanda idarenin ve görevlendirilecek olan personelin ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamakta zorlanan çizelgelenmeler yerine, bilgisayar ortamında makul süreler içinde gerekli kısıtları sağlayarak ihtiyaç duyulan çözümleri verebilecek bir model ve program hazırlanması amaçlanmıştır.

Geliştirilen model için LINGO paket programı kullanılarak çözümlere ulaşılmıştır. LINGO paket programının her kullanıcı tarafından rahatlıkla kullanılabilmesi mümkün olmadığı için modeldeki parametrelerin güncellenmesinde Microsoft Excel ortamında basit fakat kullanışlı ara yüzler hazırlanmıştır. Hazırlanan ara yüzler sayesinde sınav salonlarında görevlendirilecek personelin mazeret durumlarının sisteme girilmesine, istenilen gün ve oturumlarda istenilen sınav salonlarının açılmasına ve sınav salonlarına arzu edilen miktarda personel planlanmasına imkan sağlanmıştır.

Gerçek bir durum üzerinden veri girişlerinin yapılması, problemin çözülmesi ve çözüm sonuçların gösterilmesini takiben, programın performansını test etmek amacıyla farklı boyutlarda çözümler yapılmıştır. Amaç fonksiyonunda herhangi bir ifadenin yer almadığı, sadece kısıt koşullarının sağlanmaya çalışıldığı tamsayı

programlama modelinde; başkan, gözetmen ve evrak sorumlularından oluşan görevlilerin belirlenen miktarda sınav görevi alarak sınav dönemi içinde sınav salonlarına atanması yapılmıştır. Makul süreler içerisinde en iyi çözümlere ulaşılmıştır. Geliştirilen programın mevcut durumu ile halihazırda söz konusu olan kısıtlar altında problemi etkin bir şekilde çözebildiği gösterilmiştir.

Bir sonraki safhada öncelikle sınav salonunda görevlendirilecek olan başkanların, daha sonraki safhada ise hem başkanların hem de gözetmenlerin görevli oldukları gün sayısını en küçükleyecek şekilde önerilen tamsayı programlama modeli, eniyileme modeline dönüştürülmüştür. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda özellikle problemin boyutlarının artması ile çözüm sürelerinin önemli ölçüde uzamaya başladığı görülmüştür. Fakat geliştirilen program ile makul süreler içerisinde en iyi çözümlere ulaşılabildiği gösterilmiştir.

Son aşamada ise önerilen tamsayı programlama modeli, sınavların hafta sonu günlerini de kapsayacak şekilde planlandığı sınav dönemlerinde, görevlilerin görevli oldukları toplam hafta sonu gün sayılarındaki sapmaları en küçükleyecek hedef programlama modeline dönüştürülmüştür. Çalışılan örnek problemler üzerinde makul süreler içerisinde uygun çözümler bulunmuş, fakat en iyi çözüme ulaşamamıştır.

Bu konu üzerine daha sonra yapılacak olan çalışmalarda; problemin boyutlarının çok büyük olmasından dolayı özellikle idarenin ve görevli personelin ilave isteklerini ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek hedef programlama çalışmalarında, geliştirilecek sezgisel yaklaşımlarla problemin uygun çözümlerine daha kısa sürelerde ulaşılabilir.

Kullanıcıların programı daha etkin kullanabilmeleri açısından bu çalışmada hazırlanan kullanıcı ara yüzleri geliştirilebilir.

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları üzerinde yapılacak uygun düzenlemeler ile, sınav personel çizelgelemesi olarak hazırlanan bu tamsayı programlama modeli; örnek olarak büyük boyutlu bir sempozyumda, hangi gün, hangi oturumda, hangi

salona hangi görevlilerin atanması gerektiği gibi problemlerin çözümü için de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Abbas, A.M., Tsang, E.P.K., “Constraint-based timetabling-a case study”, *Computer Systems and Applications, ACS/IEEE International Conference*, Beirut, Lebanon, 67-72 (2001).

Adamidis P., Arapakis P., “Evolutionary Algorithms in Lecture Timetabling”, *Evolutionary Computation, Proceedings of the 1999 Congress*, Washington, USA, 2: 1145-1151 (1999).

Al-Yakoob S.A., Sherali H.D., “A mixed-integer programming approach to a class timetabling problem: A case study with gender policies and traffic considerations”, *European Journal of Operational Research*, 180 (3): 1028-1044 (2007).

Arous N., Abdallah S.B., Ellouze N., “Evolutionary Potential Timetables Optimization by Means of Genetic and Greedy Algorithms”, *Proceedings of the 1999 International Conference on Information Intelligence and Systems*, Washington, USA, 24-31, (1999).

Asmuni H., Burke E.K., Garibaldi J., McCollum B., “Fuzzy multiple ordering criteria for examination timetabling”. Selected Papers from the *5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, Berlin, Germany, Springer Lecture Notes in Computer Science, 3616: 334-353 (2004).

Beligiannis G.N., Moschopoulos C.N., Kaperonis G.P., Likothanassis S.D., “Applying evolutionary computation to the school timetabling problem: The Greek case”, *Computers & Operations Research*, In Press, Corrected Proof, Available online 10 October 2006 (2006).

Bhatt, V., Sahajpal R., “Lecture Timetabling Using Hybrid Genetic Algorithms”, *Intelligent Sensing and Information Processing, Proceedings of International Conference on 2004*, Chennai, India, 29-34 (2004).

Blum, C., Correia, S., Paechter, B., Rossi-Doria, O., Snoek, M., “A GA Evolving Instructions for a Timetable Builder”. *Proceedings of the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2002)*, Gent, Belgium, 120-123 (2002).

Botsali, A.R., “A Timetabling Problem: Constraint and Mathematical Approaches”, Master Dissertation, *The Institute of Engineering and Sciences of Bilkent University*, Ankara, 1-15 (2000).

Burke E. K., Newall J.P., “A Multistage Evolutionary Algorithm for the Timetable Problem”, *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, 3 (1): 63-74 (1999),

Burke E.K., Newall J.P., “Enhancing Timetable Solutions with Local Search Methods”, *PATAT 2002, Proceedings of the 4th international conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, Gent, Belgium, 336-347 (2002).

Burke E.K., Kendall G. Soubeiga E., “A Tabu-search Hyper-heuristic for Timetabling and Rostering”. *Journal of Heuristics*, 9: 451-470 (2003).

Burke E. K., McCollum B., Meisels A., Petrovic S., Qu R., “A Graph-based Hyper-heuristic for Educational Timetabling Problems”, *European Journal of Operational Research*, 176: 177–192 (2007).

Cambazard H., Demazeau F., Jussien N., David P., “Interactively Solving School Timetabling Problems Using Extensions of Constraint Programming”, *Practice and Theory of Automated Timetabling V, 5th International Conference*, Pittsburgh, PA, USA, Revised Selected Papers. Springer Lecture Notes in Computer Science, 3616: 190-207 (2005).

Cote P., Wong T. Sabouri R., “Application of a hybrid multi-objective evolutionary algorithm to the uncapacitated exam proximity problem”, Selected Papers from the

5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, Pittsburgh, PA, USA, Springer Lecture Notes in Computer Science, 3616: 151-168 (2005).

Dammak A., Elloumi A., Kamoun H., “Classroom Assignment for Exam Timetabling”, *Advances in Engineering Software*, 37: 659–666 (2006).

Daskalaki S., Birbas T., Housos E., “An Integer Programming Formulation for a Case Study in University Timetabling”, *European Journal of Operational Research*, 153 (1): 117-135 (2004).

Daskalaki S., Birbas T., “Efficient Solutions for a University Timetabling Problem Through Integer Programming”, *European Journal of Operational Research*, 160 (1): 106-120 (2005).

Dimopoulou M., Miliotis P., “An Automated University Course Timetabling System Developed in a Distributed Environment: A Case Study”, *European Journal of Operational Research*, 153 (1): 136-147 (2004).

Dowland K.A., Thompson J.M., “Ant Colony Optimization for the Examination Scheduling Problem”, *Journal of the Operational Research Society*, 56: 426–438 (2005).

Erdoğan, P., “Atama Modellerinde Timetabling Problemi ve Ders Çizelgeleme İçin Uygulama Geliştirme Denemesi”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum, 76-82 (2003).

Head C., Shaban S., “A Heuristic Approach to Simultaneous Course/Student Timetabling”, *Computers & Operations Research*, 34 (4): 919-933 (2007).

Kakmacı, Ö., “Eğitim Kurumlarında Karşılaşılan Çizelge Hazırlama Problemlerinin Çözümüne İlişkin Yaklaşımlar”, Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 9-13 (2003).

Kendall G., Mohd Hussin N., “Tabu Search Hyper-heuristic Approach to the Examination Timetabling Problem at University Technology MARA”. In proceedings of the *5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2004)*, Pittsburgh, USA, 199-217 (2004).

Lai L., Hsueh N., Huang L., Chen T., “An Artificial Intelligence Approach to Course Timetabling”, *Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'06)*, Washington D.C., USA, 389-396, (2006).

Legierski W., Widawski R., “System of Automated Timetabling”, *25th Int. Conf. Information Technology Interfaces ITI 2003*, Cavtat, Croatia, 495-500, (2003).

Mahdi, O., Aionon, R.N., Zainuddin, R., “Using a Genetic Algorithm Optimizer Tool to Generate Good Quality Timetables”, *Electronics, Circuits and Systems, ICECS 2003*, Sharjah, United Arab Emirates, Proceedings of the 2003 10th IEEE International Conference, 3: 1300-1303 (2003).

Merlot L.T.G., Boland N., Hughes B.D., Stuckey P.J., “A Hybrid Algorithm for the Examination Timetabling Problem”. *Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers from the 4th International Conference*, Gent, Belgium, Springer Lecture Notes in Computer Science, 2740, 207-231 (2003).

MirHassani S.A., “Improving Paper Spread in Examination Timetables Using Integer Programming”, *Applied Mathematics and Computation*, 179: 702–706 (2006).

MirHassani, S.A., “A Computational Approach to Enhancing Course Timetabling with Integer Programming”, *Applied Mathematics and Computation*, 175 (1): 814-822 (2006).

Öner, A., “Deniz Harp Okulunda Çizelge/Atama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 59-75 (2002).

Özcan E., Ersoy E., “Final Exam Scheduler – FES”, *Evolutionary Computation, 2005. The 2005 IEEE Congress*, Rotterdam, The Netherlands, 2: 1356 – 1363 (2005).

Paechter, B., Cumming, A., Luchian, H., Petriuc, M., “Two Solutions to the General Timetable Problem Using Evolutionary Methods”, *Evolutionary Computation, 1994. IEEE World Congress on Computational Intelligence*, Proceedings of the First IEEE Conference, Florida, USA, 300 – 305 (1994).

Parthiban, P., Ganesh, K., Narayanan, S., Dhanalakshmi, R., “Preferences Based Decision-Making Model (PDM) for Faculty Course Assignment Problem”, *Engineering Management Conference* Proceedings, IEEE International, Singapore, 3: 1338- 1341 (2004).

Piechowiak S., Kolski C., “Towards a Generic Object Oriented Decision Support System for University Timetabling: An Interactive Approach”, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 3 (1): 179–208 (2004).

Ross, P., Marin-Blazquez, J.G., Hart, E., “Hyper-heuristics applied to class and exam timetabling problems”, *Evolutionary Computation,, CEC2004*. Portland, Oregon, USA, 2: 1691 – 1698 (2004).

Santiago-Mozos R., Salcedo-Sanz S., DePrado-Cumplido M., Bousoño-Calzón C., “A Two-Phase Heuristic Evolutionary Algorithm for Personalizing Course Timetables: A Case Study in a Spanish University”, *Computers & Operations Research*, 32 (7): 1761-1776 (2005).

Santos H.G., Ochi L.S., Sauza M.J.F., “A Tabu search heuristic with efficient diversification strategies for the class/teacher timetabling problem”, *Journal of Experimental Algorithmics (JEA)*, 10: 2-9 (2005).

Şahin, T., “Goal Programming Approach to Solve the Timetabling Problem at Turkish Military Academy”, Master Dissertation, *The Institute of Economics and Social Sciences of Bilkent University*, Ankara, 1-13 (2004).

Schaerf, A. “Local Search Techniques for Large High School Timetabling Problems”, *Systems, Man and Cybernetics, Part A, IEEE Transactions*, 29 (4), 368-377 (1999).

Sigl B., Golub M., Mornar V., “Solving Timetable Scheduling Problem Using Genetic Algorithms”, *Information Technology Interfaces, ITI 2003*, Proceedings of the 25th International Conference, Dubrovnik, Croatia, 519 – 524 (2003).

Tam V., Ting D., “Combining the Min-Conflicts and Look-Forward Heuristics to Effectively Solve a Set of Hard University Timetabling Problems”, *15th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'03)*, Sacramento, California, USA, 492-496 (2003).

Varol, İ., “0-1 Tamsayı Hedef Programlama Tabanlı Asistan Doktor Çizelgeleme Modeli”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-9 (2001).

White G.M., Bill S. Xie B.S., Stevan Zonjic S., “Using Tabu Search with Longer-Term Memory and Relaxation to Create Examination Timetables”, *European Journal of Operational Research*, 153 (1): 80-91 (2004).

Wong, T. Cote, P. Sabourin, R., “A Hybrid MOEA for the capacitated Exam Proximity Problem”, *Evolutionary Computation, CEC2004*, Oregon, USA, 1495-1501 (2004).

Yang Y., Petrovic S., “A Novel Similarity Measure for Heuristic Selection in Examination Timetabling”. *Practice and Theory of Automated Timetabling V, 5th International Conference, PATAT 2004*, Pittsburgh, PA, USA, Revised Selected Papers 247-269 (2004).

Zhang L., Lau S.K., “Constructing university timetable using constraint satisfaction programming approach”, Proceedings of the *2005 International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'05)*, Vienna, Austria, 55-60 (2005).

Zhaohui F., Lim A., “Heuristics for the Exam Scheduling Problem”, *Tools with Artificial Intelligence, ICTAI 2000 Proceedings. 12th IEEE International Conference*, Vancouver, Canada, 172 – 175 (2000).

EKLER

EK-1 Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

MODEL:

! SINAV SORUMLULARINI SINAV SALONLARINA ATAYAN TAMSAYILI
PROGRAMLAMA MODELİ;

SETS:

GOZETMEN/1..250/:GORMIK,G1O1U,G1O2U,G1O3U,G1O4U,G2O1U,G2O2U,G2O3U,G2O4U,
G3O1U,G3O2U,G3O3U,G3O4U,G4O1U,G4O2U,G4O3U,G4O4U,G5O1U,G5O2U,G5O3U,G5O4U,
G6O1U,G6O2U,G6O3U,G6O4U,G7O1U,G7O2U,G7O3U,G7O4U,G8O1U,G8O2U,G8O3U,G8O4U,
G9O1U,G9O2U,G9O3U,G9O4U,G10O1U,G10O2U,G10O3U,G10O4U,SIRANO,GORGUN;

GUN/1..10/;

OTURUM/1..4/;

SINAV_YERI/1..20/;

LINKS(GOZETMEN,GUN,OTURUM,SINAV_YERI):ATAMA;

LINKS2(GUN,OTURUM,SINAV_YERI);

LINKS3(OTURUM,SINAV_YERI):OTGOZMIK1,OTGOZMIK2,OTGOZMIK3,OTGOZMIK4,OT
GOZMIK5,OTGOZMIK6,OTGOZMIK7,OTGOZMIK8,OTGOZMIK9,OTGOZMIK10,SAG1,SAG2
,SAG3,SAG4,SAG5,SAG6,SAG7,SAG8,SAG9,SAG10,SGG1,SGG2,SGG3,SGG4,SGG5,SGG6,SG
G7,SGG8,SGG9,SGG10,SESG1,SESG2,SESG3,SESG4,SESG5,SESG6,SESG7,SESG8,SESG9,SES
G10;

LINKS4(GOZETMEN,GUN):Y;

LINKS5(GOZETMEN,GUN,OTURUM);

ENDSETS

!AMAÇ FONKSİYONU;;

MIN=0;

!MIN=@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):GORGUN(I));

!KISITLAR:

!HERHANGİ BİR GÖZETMEN, HERHANGİ BİR GÜN, HERHANGİ BİR OTURUMDA,
SADECE BİR SINAV YERİNE ATANABİLİR;

@FOR(GOZETMEN(I):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I
,J,K,L))<=1)));

!HERHANGİ BİR GÖZETMENE SINAV SÜRECİ BOYUNCA BELİRLENEN MİKTAR KADAR
GÖREV ATANABİLİR;

@FOR(GOZETMEN(I):@SUM(LINKS2(J,K,L):ATAMA(I,J,K,L))=GORMIK(I));

!GÖZETMEN SAYISI DIŞINDAKİ GÖZETMENLERE ATAMA YAPILMAZ;

@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI4):@SUM(LINKS2(J,K,L):ATAMA(I,J,K,L))=0);

!EVRAK SORUMLULARINA ÖĞLEDEN ÖNCE VEYA ÖĞLEDEN SONRA EN FAZLA BİR
SINAV GÖREVİ ATANABİLİR;

@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3):@FOR(GUN(J):@SUM(LINKS3(K,L)|K #LE#
2:ATAMA(I,J,K,L))<=1));

EK-1 (Devam) Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3):@FOR(GUN(J):@SUM(LINKS3(K,L)|K #GE#
3:ATAMA(I,J,K,L))<=1));
```

!SINAV SORUMLULARINA HERHANGİ BİR GÜN, HERHANGİ BİR OTURUMDA MAZERETLERİ YOK İSE ATAMA YAPILABİLİR;

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,1,1,L))<=1*G1
O1U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,1,2,L))<=1*G1
O2U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,1,3,L))<=1*G1
O3U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,1,4,L))<=1*G1
O4U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,2,1,L))<=1*G2
O1U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,2,2,L))<=1*G2
O2U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,2,3,L))<=1*G2
O3U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,2,4,L))<=1*G2
O4U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,3,1,L))<=1*G3
O1U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,3,2,L))<=1*G3
O2U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,3,3,L))<=1*G3
O3U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,3,4,L))<=1*G3
O4U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,4,1,L))<=1*G4
O1U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,4,2,L))<=1*G4
O2U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,4,3,L))<=1*G4
O3U(I))));
```

```
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,4,4,L))<=1*G4
O4U(I))));
```

EK-1 (Devam) Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

```

@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,5,1,L))<=1*G5
O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,5,2,L))<=1*G5
O2U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,5,3,L))<=1*G5
O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,5,4,L))<=1*G5
O4U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,6,1,L))<=1*G6
O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,6,2,L))<=1*G6
O2U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,6,3,L))<=1*G6
O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,6,4,L))<=1*G6
O4U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,7,1,L))<=1*G7
O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,7,2,L))<=1*G7
O2U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,7,3,L))<=1*G7
O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,7,4,L))<=1*G7
O4U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,8,1,L))<=1*G8
O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,8,2,L))<=1*G8
O2U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,8,3,L))<=1*G8
O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,8,4,L))<=1*G8
O4U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,9,1,L))<=1*G9
O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,9,2,L))<=1*G9
O2U(I)));

```

EK-1 (Devam) Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

```

@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,9,3,L))<=1*G9
O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,9,4,L))<=1*G9
O4U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,10,1,L))<=1*G
10O1U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,10,2,L))<=1*G
10O2U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,10,3,L))<=1*G
10O3U(I)));
@FOR(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI4):@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@SUM(SINAV_YERI(L):ATAMA(I,10,4,L))<=1*G
10O4U(I)));

```

!SINAV YERİNE ATANMASI GEREKEN MİKTAR KADAR SINAV SORUMLUSU
ATANABİLİR;

```

@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,1,K,L))=OTGOZMIK1(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,2,K,L))=OTGOZMIK2(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,3,K,L))=OTGOZMIK3(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,4,K,L))=OTGOZMIK4(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,5,K,L))=OTGOZMIK5(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,6,K,L))=OTGOZMIK6(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,7,K,L))=OTGOZMIK7(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,8,K,L))=OTGOZMIK8(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,9,K,L))=OTGOZMIK9(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(OTURUM(K):@FOR(SINAV_YERI(L):@SUM(GOZETMEN(I):ATAMA(I
,10,K,L))=OTGOZMIK10(K,L)));

```

!SINAV AMİRİ GEREKEN SINAV SALONLARINA SINAV AMİRİ OLARAK BELİRTİLEN
GRUPTAN BİRİSİ ATANABİLİR;

```

@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI2):ATAMA(I,1,K,L))=SAG1(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI2):ATAMA(I,2,K,L))=SAG2(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI2):ATAMA(I,3,K,L))=SAG3(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI2):ATAMA(I,4,K,L))=SAG4(K,L)));
@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE#
SAYI2):ATAMA(I,5,K,L))=SAG5(K,L)));

```

EK-1 (Devam) Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):ATAMA(I,6,K,L))=SAG6(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):ATAMA(I,7,K,L))=SAG7(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):ATAMA(I,8,K,L))=SAG8(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):ATAMA(I,9,K,L))=SAG9(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #LE# SAYI2):ATAMA(I,10,K,L))=SAG10(K,L)));

!SINAV SALONLARINA GEREKTİĞİ KADAR GÖZETMEN GRUBUNDAN GÖREVLİ ATANABİLİR;

@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,1,K,L))=SGG1(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,2,K,L))=SGG2(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,3,K,L))=SGG3(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,4,K,L))=SGG4(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,5,K,L))=SGG5(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,6,K,L))=SGG6(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,7,K,L))=SGG7(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,8,K,L))=SGG8(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,9,K,L))=SGG9(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI2 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI3):ATAMA(I,10,K,L))=SGG10(K,L)));

!SINAV SALONLARINA EVRAK SORUMLUSU GRUBUNDAN GÖREVLİ ATANABİLİR;

@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,1,K,L))=SESG1(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,2,K,L))=SESG2(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,3,K,L))=SESG3(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,4,K,L))=SESG4(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,5,K,L))=SESG5(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,6,K,L))=SESG6(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,7,K,L))=SESG7(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,8,K,L))=SESG8(K,L)));
 @FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,9,K,L))=SESG9(K,L)));

EK-1 (Devam) Önerilen tamsayı programlama modelinin LINGO kodu

@FOR(GUN(J):@FOR(LINKS3(K,L):@SUM(GOZETMEN(I)|(SIRANO(I) #GT# SAYI3 #AND# SIRANO(I) #LE# SAYI4):ATAMA(I,10,K,L))=SESG10(K,L)));

!HERHANGİBİR GÖZETMEN HERHANGİBİR GÜN ATANIRSA, Y DEĞİŞKENLERİ 1 DEĞERİ ALSIN;

@FOR(GOZETMEN(I):@FOR(GUN(J):@SUM(LINKS3(K,L):ATAMA(I,J,K,L))<=100*Y(I,J)));

!HERHANGİBİR GÖZETMENİN TOPLAM GÖREV GÜN SAYISI;

@FOR(GOZETMEN(I):@SUM(GUN(J):Y(I,J))=GORGUN(I));

DATA:

!DATALARI EXCEL DOSYASINDAN AL;

SAYI1,SAYI2,SAYI3,SAYI4,SAYI5,GORMIK,SIRANO,G1O1U,G1O2U,G1O3U,G1O4U,G2O1U,G2O2U,G2O3U,G2O4U,G3O1U,G3O2U,G3O3U,G3O4U,G4O1U,G4O2U,G4O3U,G4O4U,G5O1U,G5O2U,G5O3U,G5O4U,G6O1U,G6O2U,G6O3U,G6O4U,G7O1U,G7O2U,G7O3U,G7O4U,G8O1U,G8O2U,G8O3U,G8O4U,G9O1U,G9O2U,G9O3U,G9O4U,G10O1U,G10O2U,G10O3U,G10O4U,OTGOZMIK1,OTGOZMIK2,OTGOZMIK3,OTGOZMIK4,OTGOZMIK5,OTGOZMIK6,OTGOZMIK7,OTGOZMIK8,OTGOZMIK9,OTGOZMIK10,SAG1,SAG2,SAG3,SAG4,SAG5,SAG6,SAG7,SAG8,SAG9,SAG10,SGG1,SGG2,SGG3,SGG4,SGG5,SGG6,SGG7,SGG8,SGG9,SGG10,SESG1,SESG2,SESG3,SESG4,SESG5,SESG6,SESG7,SESG8,SESG9,SESG10=@OLE('C:\Users\alptekin\Desktop\r esimler\TEZ.XLS','SAYI1','SAYI2','SAYI3','SAYI4','SAYI5','GORMIK','SIRANO','G1O1U','G1O2U','G1O3U','G1O4U','G2O1U','G2O2U','G2O3U','G2O4U','G3O1U','G3O2U','G3O3U','G3O4U','G4O1U','G4O2U','G4O3U','G4O4U','G5O1U','G5O2U','G5O3U','G5O4U','G6O1U','G6O2U','G6O3U','G6O4U','G7O1U','G7O2U','G7O3U','G7O4U','G8O1U','G8O2U','G8O3U','G8O4U','G9O1U','G9O2U','G9O3U','G9O4U','G10O1U','G10O2U','G10O3U','G10O4U','OTGOZMIK1','OTGOZMIK2','OTGOZMIK3','OTGOZMIK4','OTGOZMIK5','OTGOZMIK6','OTGOZMIK7','OTGOZMIK8','OTGOZMIK9','OTGOZMIK10','SAG1','SAG2','SAG3','SAG4','SAG5','SAG6','SAG7','SAG8','SAG9','SAG10','SGG1','SGG2','SGG3','SGG4','SGG5','SGG6','SGG7','SGG8','SGG9','SGG10','SESG1','SESG2','SESG3','SESG4','SESG5','SESG6','SESG7','SESG8','SESG9','SESG10');

ENDDATA

@FOR(LINKS:@BIN(ATAMA));

@FOR(LINKS4:@BIN(Y));

END

EK-2 Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	09.06.2007				10.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1								
Başkan2	SALON2	SALON1			SALON9	SALON3	SALON6	
Başkan3		SALON3	SALON1					
Başkan4	SALON3		SALON7	SALON1		SALON2		
Başkan5			SALON3	SALON2	SALON7	SALON1		
Başkan6				SALON7		SALON6	SALON1	
Başkan7				SALON9	SALON3		SALON3	SALON1
Başkan8					SALON6			SALON6
Başkan9			SALON2					
Başkan10								
Başkan11								
Başkan12		SALON9						SALON9
Başkan13								
Başkan14						SALON9	SALON9	
Başkan15					SALON2			
Başkan16	SALON1				SALON1	SALON7	SALON7	
Başkan17								SALON7
Başkan18								
Başkan19								
Başkan20								
Başkan21								
Başkan22				SALON3				
Başkan23								SALON3
Başkan24								
Başkan25	SALON7						SALON2	SALON2
Başkan26			SALON9					
Başkan27		SALON7						
Başkan28	SALON9							
Başkan29								
Başkan30		SALON2						
Gözet.1	SALON9	SALON1						
Gözet.2	SALON1	SALON2						SALON6
Gözet.3	SALON1	SALON7	SALON1		SALON6	SALON9		
Gözet.4	SALON7	SALON7	SALON1	SALON9		SALON12		SALON2
Gözet.5	SALON3	SALON9	SALON3	SALON10		SALON11		
Gözet.6	SALON7	SALON9	SALON3	SALON1				SALON1
Gözet.7	SALON3	SALON3	SALON3	SALON2	SALON7			SALON9
Gözet.8	SALON3	SALON3	SALON3	SALON3	SALON9	SALON7		
Gözet.9	SALON3		SALON3	SALON3	SALON2			
Gözet.10	SALON11	SALON7	SALON3	SALON3	SALON3		SALON9	SALON7
Gözet.11	SALON9		SALON8	SALON7	SALON2	SALON1	SALON7	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	11.06.2007				12.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1		SALON9	SALON7	SALON7			SALON2	
Başkan2								SALON2
Başkan3							SALON6	
Başkan4								
Başkan5	SALON9							
Başkan6					SALON3			
Başkan7						SALON9		
Başkan8	SALON7			SALON9	SALON1		SALON9	
Başkan9					SALON7	SALON1		
Başkan10					SALON9	SALON7	SALON1	SALON7
Başkan11					SALON2	SALON2	SALON7	SALON1
Başkan12								SALON9
Başkan13								SALON3
Başkan14								
Başkan15					SALON6	SALON6		
Başkan16								
Başkan17								
Başkan18								
Başkan19								
Başkan20								
Başkan21						SALON3		
Başkan22								
Başkan23								
Başkan24							SALON3	SALON6
Başkan25								
Başkan26								
Başkan27		SALON7						
Başkan28			SALON9					
Başkan29								
Başkan30								
Gözet.1	SALON8						SALON12	SALON9
Gözet.2	SALON12							
Gözet.3								
Gözet.4								
Gözet.5					SALON11		SALON5	
Gözet.6						SALON4	SALON3	
Gözet.7					SALON11	SALON3		SALON7
Gözet.8			SALON11	SALON7				
Gözet.9								SALON8
Gözet.10						SALON8	SALON7	
Gözet.11					SALON3		SALON3	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	13.06.2007				16.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1					SALON2	SALON2		
Başkan2								
Başkan3								
Başkan4		SALON6						
Başkan5								
Başkan6					SALON7			SALON1
Başkan7								
Başkan8			SALON9					
Başkan9				SALON7				
Başkan10								
Başkan11						SALON3		
Başkan12	SALON2	SALON2						
Başkan13	SALON7	SALON3	SALON2					SALON3
Başkan14			SALON7	SALON6			SALON2	
Başkan15			SALON3	SALON9	SALON1	SALON1		
Başkan16						SALON6	SALON1	SALON7
Başkan17			SALON6		SALON3		SALON7	SALON2
Başkan18						SALON7		SALON6
Başkan19	SALON3			SALON2	SALON6			
Başkan20		SALON9						
Başkan21								
Başkan22							SALON3	
Başkan23							SALON6	
Başkan24								
Başkan25	SALON6							
Başkan26								
Başkan27								
Başkan28								
Başkan29				SALON3				
Başkan30	SALON9	SALON7						
Gözet.1		SALON9	SALON12				SALON6	
Gözet.2			SALON12				SALON7	
Gözet.3			SALON10	SALON6		SALON7		
Gözet.4								
Gözet.5				SALON9				
Gözet.6	SALON3							SALON3
Gözet.7						SALON5		SALON6
Gözet.8			SALON10					SALON6
Gözet.9	SALON5	SALON3	SALON7	SALON2			SALON1	
Gözet.10	SALON5	SALON9						
Gözet.11				SALON3				

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	17.06.2007				18.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1								
Başkan2								
Başkan3							SALON2	
Başkan4								
Başkan5			SALON2		SALON6			
Başkan6			SALON7					
Başkan7								SALON7
Başkan8								
Başkan9						SALON7		
Başkan10			SALON6				SALON6	
Başkan11						SALON9		
Başkan12					SALON2			
Başkan13				SALON9	SALON7			
Başkan14								
Başkan15								
Başkan16								
Başkan17	SALON2							
Başkan18	SALON6	SALON2				SALON3		
Başkan19		SALON7	SALON3		SALON9			
Başkan20				SALON3	SALON1		SALON7	SALON6
Başkan21	SALON3	SALON6			SALON3	SALON2	SALON3	SALON1
Başkan22	SALON9	SALON9				SALON6	SALON1	SALON2
Başkan23			SALON9	SALON6			SALON9	SALON3
Başkan24		SALON3						SALON9
Başkan25								
Başkan26	SALON7							
Başkan27						SALON1		
Başkan28				SALON7				
Başkan29				SALON2				
Başkan30								
Gözet.1				SALON4		SALON6	SALON1	
Gözet.2		SALON7	SALON3	SALON6		SALON7	SALON1	
Gözet.3							SALON5	
Gözet.4				SALON6				SALON12
Gözet.5								
Gözet.6					SALON11			
Gözet.7	SALON9							SALON7
Gözet.8					SALON4			
Gözet.9					SALON12	SALON11	SALON7	
Gözet.10								SALON3
Gözet.11					SALON3			

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	19.06.2007				20.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Başkan1								
Başkan2								
Başkan3		SALON6			SALON2		SALON1	
Başkan4			SALON7					SALON9
Başkan5								
Başkan6								
Başkan7	SALON2							
Başkan8								
Başkan9	SALON6	SALON9						
Başkan10	SALON1							
Başkan11								SALON2
Başkan12			SALON9					
Başkan13								
Başkan14							SALON9	SALON7
Başkan15								
Başkan16								
Başkan17		SALON2						
Başkan18		SALON3						SALON3
Başkan19							SALON2	
Başkan20							SALON6	SALON6
Başkan21								
Başkan22								
Başkan23	SALON7							
Başkan24	SALON3			SALON6		SALON3		
Başkan25		SALON1	SALON1				SALON7	
Başkan26		SALON7	SALON6	SALON1	SALON9	SALON9		
Başkan27			SALON3	SALON3	SALON1	SALON1		
Başkan28				SALON7	SALON6	SALON2		SALON1
Başkan29			SALON2	SALON2	SALON7	SALON7	SALON3	
Başkan30	SALON9			SALON9	SALON3	SALON6		
Gözet.1			SALON3		SALON12	SALON4	SALON2	SALON12
Gözet.2			SALON1	SALON9	SALON9	SALON9	SALON5	
Gözet.3	SALON3	SALON12		SALON10	SALON11	SALON8	SALON7	SALON4
Gözet.4	SALON12	SALON7	SALON2	SALON11	SALON7	SALON8	SALON1	SALON11
Gözet.5	SALON12	SALON10	SALON12	SALON12	SALON2	SALON7	SALON7	SALON7
Gözet.6	SALON4		SALON4	SALON7		SALON10	SALON4	SALON12
Gözet.7			SALON5	SALON2	SALON6			
Gözet.8			SALON8	SALON3		SALON7	SALON2	SALON6
Gözet.9			SALON3				SALON9	SALON9
Gözet.10		SALON3		SALON7	SALON9			SALON5
Gözet.11	SALON2	SALON3	SALON7	SALON6			SALON11	SALON9

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	09.06.2007				10.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.12	SALON9			SALON9	SALON3	SALON3		SALON3
Gözet.13	SALON8		SALON3	SALON3	SALON3	SALON3	SALON1	SALON6
Gözet.14	SALON10		SALON1	SALON3	SALON3	SALON6	SALON4	
Gözet.15		SALON9	SALON5		SALON9	SALON7	SALON2	
Gözet.16		SALON2	SALON4		SALON3	SALON7	SALON8	
Gözet.17	SALON7	SALON9	SALON7			SALON3	SALON7	SALON3
Gözet.18	SALON2	SALON11	SALON7	SALON1		SALON3	SALON3	SALON4
Gözet.19	SALON9			SALON2	SALON4		SALON9	SALON3
Gözet.20	SALON8			SALON12			SALON3	SALON3
Gözet.21		SALON11				SALON10	SALON3	SALON3
Gözet.22	SALON10						SALON10	SALON3
Gözet.23		SALON1			SALON4			SALON3
Gözet.24								
Gözet.25				SALON9			SALON12	SALON9
Gözet.26	SALON3		SALON7		SALON1			
Gözet.27								
Gözet.28						SALON6		SALON9
Gözet.29	SALON7	SALON7						
Gözet.30			SALON9		SALON5	SALON9	SALON3	SALON11
Gözet.31							SALON1	
Gözet.32	SALON12	SALON3		SALON11				SALON5
Gözet.33	SALON2		SALON8	SALON8			SALON1	SALON6
Gözet.34				SALON7			SALON4	
Gözet.35								
Gözet.36					SALON12	SALON6		
Gözet.37					SALON11	SALON8	SALON3	
Gözet.38				SALON9	SALON6			SALON7
Gözet.39		SALON3			SALON3			
Gözet.40		SALON5					SALON11	SALON9
Gözet.41		SALON5	SALON5		SALON1	SALON3	SALON2	
Gözet.42				SALON5	SALON8	SALON2		
Gözet.43						SALON7	SALON10	SALON7
Gözet.44	SALON2	SALON7					SALON7	
Gözet.45			SALON10			SALON1		
Gözet.46	SALON7							
Gözet.47			SALON9	SALON9	SALON7	SALON3		SALON12
Gözet.48	SALON7				SALON7			
Gözet.49		SALON8				SALON2	SALON7	SALON10
Gözet.50						SALON5	SALON6	
Gözet.51						SALON3		
Gözet.52					SALON10	SALON8	SALON3	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	11.06.2007				12.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.12	SALON11			SALON10			SALON3	
Gözet.13							SALON8	
Gözet.14			SALON12					
Gözet.15			SALON9					
Gözet.16	SALON9	SALON12			SALON6		SALON7	SALON12
Gözet.17					SALON4			
Gözet.18				SALON11		SALON9		SALON9
Gözet.19	SALON7	SALON8	SALON12			SALON9		SALON7
Gözet.20	SALON7	SALON7		SALON7		SALON6	SALON4	
Gözet.21	SALON9	SALON7	SALON10		SALON2	SALON10	SALON6	
Gözet.22	SALON7	SALON9	SALON8	SALON7		SALON10		
Gözet.23	SALON7	SALON7	SALON7	SALON10	SALON1	SALON1		SALON6
Gözet.24	SALON7	SALON9	SALON7	SALON8	SALON1	SALON12	SALON12	SALON7
Gözet.25		SALON7	SALON7	SALON7	SALON1			
Gözet.26	SALON12		SALON7	SALON7	SALON3	SALON1		
Gözet.27				SALON7	SALON3	SALON5	SALON6	
Gözet.28				SALON9	SALON3	SALON2	SALON9	SALON5
Gözet.29			SALON10		SALON3	SALON3	SALON3	
Gözet.30		SALON7		SALON12	SALON7	SALON3	SALON2	SALON5
Gözet.31					SALON3	SALON7	SALON1	SALON1
Gözet.32						SALON3	SALON7	SALON1
Gözet.33							SALON7	SALON1
Gözet.34				SALON11		SALON3	SALON9	SALON3
Gözet.35					SALON9		SALON3	SALON9
Gözet.36	SALON10		SALON7		SALON2		SALON3	SALON9
Gözet.37						SALON12	SALON5	SALON7
Gözet.38						SALON9	SALON3	SALON3
Gözet.39					SALON12			
Gözet.40								
Gözet.41	SALON9				SALON5		SALON9	SALON3
Gözet.42						SALON11		SALON3
Gözet.43								
Gözet.44								
Gözet.45							SALON6	
Gözet.46		SALON10		SALON9	SALON7			SALON7
Gözet.47	SALON11					SALON9	SALON9	
Gözet.48					SALON10			
Gözet.49		SALON7				SALON7		SALON4
Gözet.50					SALON8	SALON6		
Gözet.51		SALON9				SALON11		SALON3
Gözet.52			SALON9					SALON4

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	13.06.2007				16.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.12				SALON8	SALON7	SALON5	SALON3	
Gözet.13			SALON6	SALON7	SALON3			
Gözet.14	SALON9	SALON7	SALON4			SALON2		
Gözet.15	SALON12						SALON5	
Gözet.16				SALON6		SALON7		
Gözet.17							SALON4	
Gözet.18	SALON9		SALON7					
Gözet.19	SALON7							
Gözet.20				SALON5				
Gözet.21								
Gözet.22			SALON9					
Gözet.23			SALON9	SALON7	SALON3			
Gözet.24				SALON9				
Gözet.25		SALON7		SALON7				
Gözet.26	SALON9	SALON8		SALON6				
Gözet.27								SALON4
Gözet.28	SALON3		SALON5					
Gözet.29			SALON2					
Gözet.30	SALON8							
Gözet.31		SALON8					SALON1	
Gözet.32			SALON8					SALON1
Gözet.33	SALON2	SALON6	SALON9					SALON2
Gözet.34	SALON2		SALON9					
Gözet.35	SALON2	SALON2	SALON11					
Gözet.36	SALON3	SALON2						
Gözet.37	SALON3	SALON5	SALON2			SALON3		
Gözet.38	SALON9	SALON7	SALON3	SALON7		SALON6		
Gözet.39	SALON7	SALON3	SALON2	SALON12				SALON7
Gözet.40	SALON3	SALON9	SALON3	SALON3		SALON7	SALON6	
Gözet.41		SALON3	SALON3	SALON7				
Gözet.42		SALON3	SALON7	SALON12	SALON1		SALON3	
Gözet.43		SALON3	SALON3	SALON11	SALON2			
Gözet.44			SALON3	SALON3	SALON1	SALON1		SALON3
Gözet.45			SALON3	SALON3	SALON6	SALON1	SALON1	SALON4
Gözet.46				SALON7	SALON3	SALON1	SALON2	SALON1
Gözet.47			SALON7	SALON3	SALON7	SALON3	SALON2	SALON2
Gözet.48				SALON4	SALON7		SALON3	SALON5
Gözet.49	SALON6				SALON3	SALON3	SALON3	SALON3
Gözet.50	SALON7		SALON7	SALON2	SALON3	SALON3	SALON3	SALON3
Gözet.51		SALON9				SALON3	SALON3	SALON7
Gözet.52				SALON5			SALON3	SALON3

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	17.06.2007				18.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.12	SALON10		SALON7			SALON7		
Gözet.13							SALON11	
Gözet.14	SALON8			SALON3				
Gözet.15		SALON4			SALON5	SALON5		
Gözet.16	SALON8					SALON4		
Gözet.17	SALON5		SALON7			SALON2	SALON3	SALON7
Gözet.18	SALON6				SALON6			
Gözet.19					SALON5	SALON11	SALON7	
Gözet.20						SALON4	SALON8	
Gözet.21	SALON4		SALON2					
Gözet.22		SALON3	SALON6	SALON9				
Gözet.23							SALON10	SALON11
Gözet.24	SALON10				SALON9			SALON11
Gözet.25				SALON6				SALON9
Gözet.26	SALON3	SALON9			SALON10			
Gözet.27		SALON12		SALON2	SALON2	SALON3		SALON10
Gözet.28	SALON6				SALON3			
Gözet.29				SALON12	SALON8	SALON8		
Gözet.30			SALON10		SALON2			
Gözet.31				SALON7		SALON6		SALON9
Gözet.32					SALON6	SALON10		SALON2
Gözet.33		SALON9	SALON6					
Gözet.34		SALON12				SALON8		SALON10
Gözet.35	SALON9	SALON10		SALON2	SALON11		SALON4	
Gözet.36		SALON4		SALON9	SALON4			SALON5
Gözet.37	SALON7		SALON12			SALON9		
Gözet.38	SALON3				SALON3	SALON3		
Gözet.39	SALON9	SALON3				SALON3	SALON2	
Gözet.40	SALON9			SALON7	SALON3			
Gözet.41				SALON8				
Gözet.42	SALON7	SALON7	SALON10				SALON5	SALON4
Gözet.43	SALON5		SALON3	SALON9	SALON3	SALON2		
Gözet.44			SALON2	SALON9	SALON9	SALON3	SALON7	
Gözet.45		SALON6	SALON3	SALON11				
Gözet.46	SALON11			SALON3				SALON4
Gözet.47								SALON6
Gözet.48	SALON2	SALON5		SALON4		SALON6	SALON8	
Gözet.49	SALON2				SALON6			
Gözet.50	SALON2	SALON5	SALON9					SALON7
Gözet.51	SALON3	SALON2		SALON7				
Gözet.52	SALON3	SALON2	SALON4				SALON9	SALON6

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	19.06.2007				20.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.12						SALON9		
Gözet.13	SALON7				SALON3		SALON11	SALON2
Gözet.14				SALON9			SALON7	SALON9
Gözet.15	SALON8	SALON3		SALON7		SALON10	SALON1	
Gözet.16							SALON4	SALON5
Gözet.17		SALON4				SALON12	SALON3	
Gözet.18			SALON9				SALON8	
Gözet.19	SALON10		SALON9					
Gözet.20			SALON9	SALON5		SALON7		SALON1
Gözet.21		SALON9	SALON6	SALON11				SALON7
Gözet.22	SALON6		SALON2	SALON8				SALON10
Gözet.23					SALON6			
Gözet.24				SALON12	SALON1	SALON11		SALON3
Gözet.25		SALON8		SALON2		SALON2	SALON12	SALON6
Gözet.26	SALON5				SALON11			
Gözet.27			SALON3	SALON3	SALON5	SALON4	SALON7	SALON11
Gözet.28			SALON10	SALON9	SALON10		SALON7	SALON3
Gözet.29		SALON9	SALON11	SALON5	SALON7	SALON12	SALON3	
Gözet.30			SALON2				SALON10	
Gözet.31	SALON9	SALON5		SALON2		SALON6	SALON9	SALON7
Gözet.32	SALON6		SALON10			SALON3		SALON1
Gözet.33		SALON7	SALON12			SALON9		
Gözet.34	SALON3			SALON3	SALON12		SALON3	SALON3
Gözet.35	SALON9	SALON12		SALON4			SALON9	SALON4
Gözet.36	SALON6			SALON4		SALON2		
Gözet.37			SALON4	SALON6				SALON2
Gözet.38	SALON9					SALON1		
Gözet.39			SALON1		SALON7	SALON3		SALON7
Gözet.40		SALON10		SALON9	SALON4	SALON7		
Gözet.41	SALON7						SALON12	SALON7
Gözet.42	SALON2							
Gözet.43	SALON9	SALON7		SALON7			SALON9	
Gözet.44		SALON11					SALON9	SALON3
Gözet.45	SALON7	SALON4			SALON2			SALON1
Gözet.46				SALON9	SALON10		SALON3	
Gözet.47						SALON11		
Gözet.48	SALON9	SALON7				SALON3	SALON6	
Gözet.49						SALON3	SALON10	
Gözet.50		SALON2						
Gözet.51	SALON8	SALON2	SALON9	SALON3	SALON8			
Gözet.52	SALON10				SALON4	SALON3		

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	09.06.2007				10.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.53	SALON9					SALON3	SALON9	
Gözet.54								
Gözet.55					SALON8	SALON9	SALON9	
Gözet.56	SALON3							SALON1
Gözet.57								
Gözet.58				SALON7			SALON7	
Gözet.59					SALON10	SALON5	SALON9	
Gözet.60			SALON9			SALON7	SALON7	
Gözet.61					SALON3		SALON9	
Gözet.62	SALON3		SALON9	SALON7	SALON1	SALON9	SALON2	
Gözet.63						SALON11		SALON11
Gözet.64								
Gözet.65								SALON9
Gözet.66				SALON7		SALON1		SALON5
Gözet.67		SALON3	SALON7		SALON6		SALON8	
Gözet.68	SALON12	SALON1						SALON2
Gözet.69				SALON8				SALON3
Gözet.70							SALON5	SALON8
Gözet.71		SALON10	SALON12					
Gözet.72	SALON9		SALON3	SALON1		SALON12		
Gözet.73		SALON3		SALON4	SALON3		SALON11	
Gözet.74								SALON7
Gözet.75	SALON11							SALON4
Gözet.76			SALON10	SALON7	SALON9			
Gözet.77			SALON9		SALON9			SALON1
Gözet.78		SALON9	SALON12	SALON11		SALON7	SALON6	
Gözet.79		SALON7	SALON11					
Gözet.80				SALON3	SALON12		SALON6	
Gözet.81	SALON3	SALON12		SALON9	SALON9			
Gözet.82		SALON3	SALON9				SALON5	SALON7
Gözet.83			SALON4	SALON12	SALON11	SALON2		SALON9
Gözet.84		SALON8	SALON2		SALON7			SALON12
Gözet.85	SALON5			SALON5	SALON2	SALON4	SALON3	SALON7
Gözet.86	SALON5	SALON9	SALON7	SALON10				
Gözet.87		SALON12	SALON7	SALON3	SALON7	SALON9		SALON8
Gözet.88		SALON2	SALON11	SALON3	SALON9	SALON9		SALON2
Gözet.89	SALON1	SALON3	SALON2	SALON4	SALON5	SALON4	SALON3	
Gözet.90		SALON10	SALON2	SALON2	SALON7	SALON10	SALON12	SALON10
Ev.Sor.1	SALON2			SALON4				SALON11
Ev.Sor.2		SALON1	SALON10				SALON3	
Ev.Sor.3			SALON2					

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	11.06.2007				12.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.53								SALON3
Gözet.54				SALON9	SALON3			
Gözet.55					SALON12			SALON2
Gözet.56		SALON12	SALON9				SALON4	
Gözet.57			SALON9		SALON10	SALON9	SALON9	
Gözet.58			SALON9				SALON7	
Gözet.59			SALON8		SALON9			
Gözet.60					SALON6	SALON8		SALON2
Gözet.61					SALON7	SALON6		
Gözet.62			SALON11			SALON7	SALON9	
Gözet.63		SALON11			SALON4	SALON3	SALON1	
Gözet.64	SALON8						SALON7	
Gözet.65								
Gözet.66								SALON3
Gözet.67	SALON9							
Gözet.68								
Gözet.69	SALON10	SALON9					SALON1	SALON8
Gözet.70		SALON9			SALON7	SALON4	SALON2	SALON9
Gözet.71				SALON12				
Gözet.72			SALON7					
Gözet.73					SALON9			
Gözet.74				SALON8			SALON3	
Gözet.75		SALON11			SALON7	SALON7		SALON3
Gözet.76	SALON7				SALON8			
Gözet.77						SALON3		
Gözet.78					SALON5			SALON9
Gözet.79	SALON9					SALON5		SALON6
Gözet.80		SALON9		SALON9	SALON9			
Gözet.81				SALON9				
Gözet.82						SALON7		
Gözet.83					SALON6	SALON9		
Gözet.84						SALON2		SALON12
Gözet.85					SALON9	SALON7	SALON2	SALON2
Gözet.86					SALON7	SALON1		
Gözet.87		SALON10	SALON9		SALON9	SALON2		SALON7
Gözet.88							SALON8	
Gözet.89				SALON9	SALON2			SALON6
Gözet.90	SALON9	SALON8			SALON3	SALON3		
Ev.Sor.1	SALON9			SALON7				
Ev.Sor.2		SALON8						
Ev.Sor.3						SALON12		SALON9

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	13.06.2007				16.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.53			SALON9	SALON9			SALON3	SALON7
Gözet.54	SALON3	SALON7		SALON9	SALON6	SALON2		SALON3
Gözet.55		SALON12	SALON7		SALON2			
Gözet.56				SALON2		SALON3		SALON1
Gözet.57			SALON11		SALON3			
Gözet.58	SALON12	SALON2				SALON6		
Gözet.59		SALON6		SALON3		SALON4		
Gözet.60	SALON7			SALON9	SALON5			
Gözet.61			SALON3		SALON7		SALON6	
Gözet.62	SALON7					SALON7		
Gözet.63	SALON9				SALON3	SALON7		
Gözet.64					SALON4	SALON3	SALON4	SALON6
Gözet.65		SALON9	SALON8	SALON4	SALON6	SALON6	SALON7	SALON7
Gözet.66		SALON5		SALON3		SALON2		SALON2
Gözet.67			SALON9	SALON8				SALON5
Gözet.68	SALON6	SALON3					SALON7	
Gözet.69	SALON4							
Gözet.70								
Gözet.71	SALON8	SALON12				SALON3	SALON7	SALON7
Gözet.72					SALON3			
Gözet.73					SALON2		SALON5	
Gözet.74				SALON10				
Gözet.75		SALON7		SALON11	SALON5			
Gözet.76								
Gözet.77	SALON6					SALON7		SALON7
Gözet.78		SALON3						
Gözet.79				SALON9				
Gözet.80					SALON4			
Gözet.81	SALON4	SALON4	SALON3	SALON3				
Gözet.82							SALON7	SALON3
Gözet.83	SALON3	SALON4						
Gözet.84			SALON6					
Gözet.85		SALON9			SALON7			
Gözet.86	SALON9				SALON1			
Gözet.87			SALON5					
Gözet.88	SALON3	SALON3	SALON4					SALON3
Gözet.89		SALON7			SALON7		SALON7	
Gözet.90	SALON7	SALON6	SALON6	SALON10		SALON4	SALON2	
Ev.Sor.1	SALON5							
Ev.Sor.2						SALON7		
Ev.Sor.3	SALON9		SALON11				SALON4	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	17.06.2007				18.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.53	SALON3	SALON2					SALON2	SALON7
Gözet.54	SALON7	SALON7	SALON3	SALON7		SALON10	SALON11	
Gözet.55	SALON7	SALON3	SALON6	SALON10			SALON3	
Gözet.56		SALON9	SALON3				SALON9	SALON5
Gözet.57		SALON9	SALON3	SALON3	SALON7	SALON12	SALON9	SALON7
Gözet.58		SALON3	SALON9	SALON3	SALON8		SALON12	SALON6
Gözet.59			SALON3	SALON3	SALON1		SALON9	SALON3
Gözet.60		SALON9	SALON7	SALON3	SALON1		SALON9	
Gözet.61		SALON3	SALON3		SALON1	SALON1	SALON7	SALON1
Gözet.62				SALON3		SALON1		SALON9
Gözet.63			SALON11	SALON3	SALON7	SALON5		
Gözet.64	SALON7	SALON9		SALON9	SALON7	SALON3	SALON2	SALON9
Gözet.65	SALON3		SALON8	SALON5	SALON3	SALON7	SALON1	SALON8
Gözet.66	SALON3	SALON8			SALON3	SALON3		SALON1
Gözet.67					SALON7	SALON7	SALON3	SALON1
Gözet.68		SALON10	SALON4		SALON7	SALON3	SALON3	SALON2
Gözet.69			SALON8	SALON5			SALON3	SALON9
Gözet.70		SALON11					SALON3	SALON3
Gözet.71	SALON3		SALON12			SALON2	SALON3	SALON3
Gözet.72	SALON12	SALON7	SALON7	SALON8		SALON9	SALON10	SALON3
Gözet.73	SALON9		SALON5				SALON7	
Gözet.74	SALON4		SALON7	SALON10		SALON9	SALON7	SALON3
Gözet.75	SALON6		SALON11					SALON3
Gözet.76	SALON12	SALON3		SALON11	SALON9		SALON6	SALON2
Gözet.77	SALON11			SALON7	SALON3	SALON7		
Gözet.78						SALON12	SALON4	SALON8
Gözet.79	SALON7	SALON3	SALON9	SALON2	SALON9	SALON3		
Gözet.80		SALON8	SALON9	SALON7	SALON9	SALON7	SALON3	SALON3
Gözet.81		SALON6	SALON5		SALON2	SALON9		
Gözet.82		SALON11			SALON12		SALON12	
Gözet.83			SALON9				SALON6	SALON12
Gözet.84		SALON7	SALON2	SALON9	SALON7	SALON9	SALON9	
Gözet.85			SALON9					SALON7
Gözet.86			SALON7	SALON12		SALON9		
Gözet.87		SALON3			SALON10			
Gözet.88	SALON9	SALON7				SALON1	SALON6	SALON9
Gözet.89		SALON6			SALON9			
Gözet.90								
Ev.Sor.1						SALON2		
Ev.Sor.2						SALON10		SALON8
Ev.Sor.3					SALON10			

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	19.06.2007				20.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Gözet.53	SALON3	SALON6				SALON5	SALON3	
Gözet.54	SALON3	SALON9						
Gözet.55	SALON3						SALON6	SALON3
Gözet.56	SALON5	SALON9	SALON7		SALON7			
Gözet.57			SALON11	SALON9				SALON6
Gözet.58		SALON11	SALON1		SALON3			
Gözet.59					SALON7	SALON3		SALON8
Gözet.60			SALON7					SALON9
Gözet.61	SALON1					SALON9	SALON7	
Gözet.62				SALON7	SALON9			
Gözet.63					SALON3	SALON6		SALON8
Gözet.64	SALON11	SALON6				SALON7		
Gözet.65		SALON8						
Gözet.66		SALON5				SALON3		SALON7
Gözet.67	SALON7		SALON7	SALON3	SALON9			
Gözet.68	SALON4	SALON9					SALON1	SALON2
Gözet.69	SALON2		SALON3	SALON7		SALON5		SALON10
Gözet.70	SALON1	SALON3	SALON9		SALON2		SALON9	SALON3
Gözet.71		SALON1	SALON8				SALON6	
Gözet.72		SALON3	SALON9		SALON9			
Gözet.73	SALON7	SALON1	SALON7	SALON10	SALON5	SALON9		
Gözet.74	SALON3			SALON8	SALON9	SALON9	SALON5	SALON3
Gözet.75	SALON3		SALON5	SALON1			SALON8	
Gözet.76	SALON3	SALON3		SALON1	SALON3	SALON1		
Gözet.77		SALON3	SALON6	SALON3			SALON3	SALON9
Gözet.78	SALON11			SALON1	SALON6	SALON3		SALON9
Gözet.79	SALON9	SALON3	SALON7		SALON8			
Gözet.80	SALON7			SALON3				
Gözet.81		SALON2			SALON1	SALON6		
Gözet.82		SALON9	SALON3	SALON3	SALON7	SALON2	SALON3	
Gözet.83		SALON7	SALON6			SALON1		SALON3
Gözet.84		SALON6	SALON3		SALON3			
Gözet.85		SALON7			SALON3			
Gözet.86	SALON1	SALON1		SALON6	SALON3		SALON2	
Gözet.87			SALON3		SALON1		SALON3	
Gözet.88						SALON7		
Gözet.89			SALON3		SALON3			
Gözet.90								
Ev.Sor.1				SALON7		SALON11	SALON8	
Ev.Sor.2		SALON12	SALON1		SALON6			
Ev.Sor.3			SALON3			SALON8	SALON3	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	09.06.2007				10.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Ev.Sor.4			SALON12			SALON10		
Ev.Sor.5				SALON11	SALON1			
Ev.Sor.6					SALON9			SALON9
Ev.Sor.7	SALON9			SALON2		SALON7	SALON1	
Ev.Sor.8	SALON3					SALON8	SALON6	
Ev.Sor.9		SALON8						SALON3
Ev.Sor.10		SALON10		SALON5	SALON2			
Ev.Sor.11		SALON11			SALON12			
Ev.Sor.12				SALON7				
Ev.Sor.13			SALON3					
Ev.Sor.14	SALON10		SALON1		SALON11			
Ev.Sor.15	SALON8							
Ev.Sor.16				SALON1	SALON3		SALON5	
Ev.Sor.17						SALON11		SALON4
Ev.Sor.18			SALON7			SALON12		SALON6
Ev.Sor.19		SALON2	SALON8			SALON6	SALON11	
Ev.Sor.20		SALON7						
Ev.Sor.21								
Ev.Sor.22				SALON8	SALON6		SALON10	
Ev.Sor.23					SALON10		SALON8	
Ev.Sor.24								SALON1
Ev.Sor.25								
Ev.Sor.26		SALON3				SALON9		SALON12
Ev.Sor.27				SALON10				
Ev.Sor.28	SALON7			SALON9		SALON3		
Ev.Sor.29	SALON5		SALON5			SALON1		SALON5
Ev.Sor.30								SALON8
Ev.Sor.31				SALON12		SALON2		
Ev.Sor.32	SALON12						SALON9	
Ev.Sor.33		SALON9			SALON5			SALON10
Ev.Sor.34	SALON1		SALON11				SALON4	
Ev.Sor.35			SALON4					SALON2
Ev.Sor.36						SALON4	SALON7	
Ev.Sor.37	SALON11			SALON3		SALON5	SALON2	
Ev.Sor.38		SALON12			SALON7		SALON12	
Ev.Sor.39		SALON5			SALON4			SALON7
Ev.Sor.40			SALON9		SALON8			

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	11.06.2007				1206.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Ev.Sor.4			SALON11			SALON10		
Ev.Sor.5					SALON10			
Ev.Sor.6						SALON7		SALON6
Ev.Sor.7						SALON9		
Ev.Sor.8								
Ev.Sor.9						SALON11		
Ev.Sor.10	SALON7				SALON12			
Ev.Sor.11		SALON11	SALON7					
Ev.Sor.12	SALON12			SALON10	SALON1			SALON1
Ev.Sor.13		SALON7			SALON7		SALON9	
Ev.Sor.14							SALON1	
Ev.Sor.15		SALON12				SALON2	SALON4	
Ev.Sor.16					SALON3			SALON3
Ev.Sor.17					SALON5			
Ev.Sor.18	SALON8					SALON6		
Ev.Sor.19			SALON9		SALON2			
Ev.Sor.20			SALON8					
Ev.Sor.21		SALON9		SALON12				
Ev.Sor.22			SALON10					
Ev.Sor.23								SALON4
Ev.Sor.24	SALON10			SALON8		SALON1		SALON8
Ev.Sor.25						SALON5		SALON5
Ev.Sor.26								
Ev.Sor.27				SALON11	SALON4		SALON2	
Ev.Sor.28								
Ev.Sor.29					SALON6		SALON12	
Ev.Sor.30	SALON11							SALON2
Ev.Sor.31				SALON9	SALON8			
Ev.Sor.32								SALON7
Ev.Sor.33								
Ev.Sor.34			SALON12				SALON3	
Ev.Sor.35						SALON4	SALON6	
Ev.Sor.36					SALON11		SALON7	
Ev.Sor.37							SALON5	
Ev.Sor.38						SALON8		
Ev.Sor.39					SALON9		SALON8	
Ev.Sor.40		SALON10				SALON3		SALON12

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	13.06.2007				16.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Ev.Sor.4		SALON3						
Ev.Sor.5		SALON6				SALON1	SALON2	
Ev.Sor.6					SALON6			SALON7
Ev.Sor.7				SALON7				SALON1
Ev.Sor.8	SALON7		SALON8					
Ev.Sor.9		SALON7						
Ev.Sor.10			SALON7					
Ev.Sor.11		SALON12				SALON3		SALON4
Ev.Sor.12					SALON7			
Ev.Sor.13								
Ev.Sor.14							SALON3	
Ev.Sor.15								SALON3
Ev.Sor.16	SALON2							
Ev.Sor.17	SALON4						SALON7	
Ev.Sor.18		SALON5	SALON2					
Ev.Sor.19			SALON6					
Ev.Sor.20	SALON3			SALON5	SALON1			SALON6
Ev.Sor.21	SALON12				SALON3			
Ev.Sor.22						SALON6	SALON1	
Ev.Sor.23				SALON8				SALON2
Ev.Sor.24			SALON5					
Ev.Sor.25						SALON2		
Ev.Sor.26				SALON3	SALON2			
Ev.Sor.27		SALON2	SALON12					
Ev.Sor.28				SALON12	SALON4			
Ev.Sor.29		SALON9		SALON9				
Ev.Sor.30		SALON4						
Ev.Sor.31	SALON6		SALON4			SALON5		
Ev.Sor.32			SALON10					
Ev.Sor.33			SALON3					SALON5
Ev.Sor.34				SALON2		SALON4		
Ev.Sor.35							SALON6	
Ev.Sor.36				SALON10				
Ev.Sor.37				SALON11	SALON5			
Ev.Sor.38	SALON8			SALON6				
Ev.Sor.39				SALON4				
Ev.Sor.40		SALON8	SALON9				SALON5	

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	17.06.2007				18.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Ev.Sor.4	SALON3					SALON5		SALON9
Ev.Sor.5			SALON11				SALON6	
Ev.Sor.6		SALON3	SALON7		SALON7			
Ev.Sor.7						SALON7		
Ev.Sor.8	SALON9			SALON12				
Ev.Sor.9				SALON8	SALON12		SALON4	
Ev.Sor.10		SALON7						SALON4
Ev.Sor.11						SALON6	SALON10	
Ev.Sor.12				SALON11		SALON9	SALON11	
Ev.Sor.13						SALON11	SALON12	
Ev.Sor.14				SALON3	SALON9			
Ev.Sor.15		SALON11			SALON3			SALON1
Ev.Sor.16			SALON10					SALON6
Ev.Sor.17					SALON2		SALON5	
Ev.Sor.18	SALON10				SALON4		SALON3	
Ev.Sor.19	SALON12		SALON9				SALON9	
Ev.Sor.20		SALON12		SALON2				
Ev.Sor.21				SALON9		SALON1		SALON5
Ev.Sor.22								SALON11
Ev.Sor.23	SALON2			SALON10				
Ev.Sor.24	SALON6							
Ev.Sor.25		SALON5	SALON2		SALON8			SALON3
Ev.Sor.26		SALON4	SALON4		SALON11			
Ev.Sor.27				SALON4	SALON1		SALON1	
Ev.Sor.28		SALON2	SALON5		SALON5			
Ev.Sor.29	SALON11					SALON3		
Ev.Sor.30		SALON10		SALON7		SALON12	SALON2	
Ev.Sor.31			SALON12					SALON2
Ev.Sor.32		SALON8		SALON6	SALON6			SALON10
Ev.Sor.33	SALON8		SALON3				SALON7	
Ev.Sor.34		SALON6					SALON8	
Ev.Sor.35				SALON5		SALON8		SALON12
Ev.Sor.36			SALON6					SALON7
Ev.Sor.37	SALON7					SALON4		
Ev.Sor.38	SALON5							
Ev.Sor.39		SALON9	SALON8					
Ev.Sor.40	SALON4							

EK-2 (Devam) Örnek problemin LINGO çözümünün düzenlenmiş hali

	19.06.2007				20.06.2007			
	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30	08.30:10.00	10.30:12.00	14.00:15.30	16.00:17.30
Ev.Sor.4		SALON6					SALON7	
Ev.Sor.5						SALON3		SALON12
Ev.Sor.6								SALON1
Ev.Sor.7		SALON2	SALON7					
Ev.Sor.8	SALON7			SALON8				SALON9
Ev.Sor.9		SALON4		SALON11				SALON10
Ev.Sor.10						SALON9		SALON6
Ev.Sor.11						SALON6		
Ev.Sor.12								SALON5
Ev.Sor.13		SALON5	SALON12		SALON7		SALON6	
Ev.Sor.14	SALON5					SALON7	SALON9	
Ev.Sor.15	SALON10							SALON3
Ev.Sor.16			SALON10			SALON2		
Ev.Sor.17	SALON12			SALON9	SALON8			
Ev.Sor.18								
Ev.Sor.19								
Ev.Sor.20	SALON2				SALON10			
Ev.Sor.21				SALON6		SALON12		SALON7
Ev.Sor.22	SALON8			SALON12		SALON1		
Ev.Sor.23		SALON1		SALON5	SALON9			
Ev.Sor.24		SALON10				SALON5		SALON4
Ev.Sor.25	SALON4			SALON1	SALON4			
Ev.Sor.26		SALON7	SALON4					
Ev.Sor.27				SALON3	SALON12			
Ev.Sor.28	SALON6				SALON11			SALON8
Ev.Sor.29			SALON9					
Ev.Sor.30		SALON9			SALON3		SALON12	
Ev.Sor.31		SALON3					SALON10	
Ev.Sor.32	SALON1			SALON4			SALON11	
Ev.Sor.33	SALON9		SALON5		SALON2			
Ev.Sor.34		SALON8	SALON2					
Ev.Sor.35			SALON8			SALON10	SALON4	
Ev.Sor.36		SALON11		SALON10	SALON1			SALON11
Ev.Sor.37					SALON5		SALON1	
Ev.Sor.38	SALON11		SALON11			SALON4	SALON2	
Ev.Sor.39	SALON3		SALON6				SALON5	
Ev.Sor.40				SALON2				SALON2

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇORUHLU, Alptekin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.07.1973 Sakarya
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 440 72 23
Faks : 0 (312) 318 36 09
e-mail : a_coruhlu@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Kara Harp Okulu/Sistem Müh.	1995
Lise	Kuleli Askeri Lisesi	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1995-2007	Kara Kuvvetleri Komutanlığı	Tk/B1 K.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, Kayak