

## TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE SINAV PLANLAMASI

Yrd.Doç.Dr.İbrahim GÜNGÖR\*

### ÖZET

*Bu çalışmada, öğrenci isteklerine olabildiğince uygun olarak yapılan bir sınav planının uygulanmasıyla öğrencilerin bu sınavlardaki başarılarını artıracak düşünceye uygun olacak şekilde bir tamsayılı doğrusal model hazırlandı. Bu modelin kullanımıyla yapılan SDÜ-İİBF'nin 1998-1999 öğretim yılı, güz yarıyılı final sınav planının uygulamaya konması ile öğrencilerin genel olarak sınavlara daha planlı ve istekli hazırlanıyor oldukları gözlemlendi*

*Doğrusal Programlama, Sınav Planlaması, Model Çözümlemesi.*

### GİRİŞ

Bir sınav planı hazırlanırken öğretim elamanlarının tercihleri yanında gözetmen öğretim elamanları, derslik sayısı, sınav dönemindeki gün sayısı, öğrencinin başarısı bakımından ardışık iki sınav arasındaki süre ve sınav yapılacak derslerin diziliş biçimi vb konularla ilgili istem ve olanaklar dikkate alınmaktadır. Bunlardan bir kısmı (derslik sayısı, gözetmen sayısı vb) mutlaka yerine getirilmesi gereken "zorunlu istemler", bir kısmı ise (öğretim elamanlarının özel istemleri, derslerin diziliş biçimi vb) olabildiğince yerine getirilmesi gereken "ikinci derece önemli istemler" olarak düşünülebilir.

Bu çalışmanın amacı, üniversitelerde bir sınav dönemine ait sınav planının, öğrencilerin sınavlardaki başarısını olabildiğince artıracak şekilde nasıl yapılabileceğini araştırmaktır.

Bu çalışmada, öğrenci isteğini olabildiğince yerine getirmekle sınavlardaki başarısının artırılabilmesi düşünceye uygun olarak oluşturulan bir amaç fonksiyonunu maksimize eden ve zorunlu istemleri mutlaka yerine getiren fakat ikinci derece önemli istemleri olabildiğince yerine getiren bir "tamsayılı doğrusal programlama modeli" kuruldu ve bu model Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ), İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nin (İİBF) 1998-1999 öğretim yılı güz yarıyılı sonu final sınav planının hazırlanmasında uygulandı.

Bu çalışma ile geliştirilen model "Probleme D'emploi du Temps" (Dönem Belirleme Problemi)<sup>1</sup> ve Tamsayılı Doğrusal Modelin<sup>2</sup> yapısal özelliğinden yararlanarak yapılmıştır.

\* Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü Öğretim Üyesi.

<sup>1</sup> ROSEAUX, **Exercices et Problemes Resolus de Recherche Operationnelle**, Tom 3, MASON, Paris, 1991, s. 200-206.

<sup>2</sup> H. SALKIN-K. MATHUR, **Foundations of Integer Programming**, North Holland, New York, 1989, s. 70-110.

## 1. MODELİN KURULMASI

SDÜ 'de 1998-1999 öğretim yılından itibaren "bütünleme sınavının olmadığı fakat her yarıyıl sonunda bölümlerde verilen tüm derslerin final sınavının yapıldığı" bir uygulama başlatılmıştır. Bu çalışmada ele alınan 1998-1999 güz yarıyılı sonu sınavları için Üniversite Senatosu tarafından belirlenen beş haftalık süre (04 ocak-05 şubat 1999) içinde hem güz yarıyılında hem de bahar yarıyılında verilen derslerinin final sınavlarının yapılması gerekmektedir. Bu sürenin üçüncü haftası Ramazan Bayramı tatili olduğundan sınavlar için kalan süre dört hafta olmakta ve bu süre, ortasında yer alan dokuz günlük (16-25 ocak 1999) tatil ile ikiye bölünmektedir.

SDÜ-İİBF de yer alan üç bölümün (İşletme, İktisat ve Kamu yönetimi) I. ve II. öğretimdeki bütün sınıfları için tesadüfi olarak belirlenen derslerde bulunan bütün öğrencilerle yapılan oylama sonucuna göre birinci, ikinci ve üçüncü sınıfların güz yarıyılı final sınavlarının ilk iki haftada, dördüncü sınıfların güz yarıyılı final sınavlarının ilk üç haftada, bahar yarıyılı ile ilgili tüm derslerin final sınavlarının ise son iki haftada yapılması oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Bu çalışmada sadece güz yarıyılı derslerinin final sınavlarının planlaması yapılmaktadır. Benzer bir çalışma bahar yarıyılı için de yapılabilir.

Öğrencilerin isteklerine olabildiğince uygun olarak yapılan bir sınav planının uygulanması ile öğrencilerin sınavlardaki başarısının bu çerçevede maksimum olacağı söylenebilir. Bu nedenle, kurulan tamsayılı doğrusal modelin katsayılarının belirlenmesinde öğrenci istekleri dikkate alındı.

SDÜ-İİBF de İşletme, İktisat ve Kamu Yönetimi bölümlerinin bütün sınıflarından tesadüfi olarak belirlenen üçer öğrenciye, bölümlerindeki araştırma görevlilerinin gözetiminde, yukarıda belirlenen sınav süresine uygun olarak, sınıflarındaki öğrenciler adına birer sınav planı yaptırıldı. Böylece her sınıf için 3, her bölüm için 12 ve tüm fakülte için toplam 36 ayrı sınav planı elde edildi.

$X_{ijk}$  = i. inci bölümün j. inci sınıfının k. ıncı sınav planı,

- i = 1 (İşletme Bölümü)
- i = 2 (İktisat Bölümü)
- i = 3 (Kamu Yönetimi Bölümü)
- j = 1, 2, 3, 4 (i. inci bölümün sınıfları)
- k = 1, 2, 3 (Her sınıf için belirlenen üç farklı sınav planı)

$X_{ijk} = 0$  veya 1

$X_{ijk} = 1$  ise, i. inci bölümün j. inci sınıfının k. ıncı sınav planı o sınıf için uygulanacak olan sınav planıdır,

$X_{ijk} = 0$  ise, i. inci bölümün j. inci sınıfının k. ıncı sınav planı o sınıf için uygulanacak olan sınav planı değildir,

$C_{ijk}$  = i. inci bölümün j. inci sınıfındaki öğrencilerin k. ıncı sınav planı için verdikleri oy yüzdesi,

olarak tanımlandığında modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^3 C_{ijk} X_{ijk}$$

Model kurulurken aşağıdaki istemler dikkate alınmıştır:

a. Üst sınıflardaki bir öğrencinin geriden kalan bir dersinin sınavına girememe olasılığını sıfır yapmak için aynı bölümün farklı sınıflarının aynı gün aynı saatte sınavı olmamalı.

b. Öğrenciler arasında eşitlik oluşturmak ve öğretim elemanına kolaylık sağlamak için bir öğretim elemanı tarafından farklı bölümlere verilen bir dersin sınavı bu dersi alan bütün öğrencilere aynı gün aynı saatte yapılmalı.

c. Geriden dersi kalan öğrencilere göre zor olduğu (olabildiğince fazla çalışma zamanı gerektiği) düşünülen derslerin sınavları aynı gün olmamalı. Örneğin İşletme Bölümü üçüncü sınıfında bulunan bir öğrencinin, bulunduğu sınıfın derslerinden ve alt sınıflarda başarısız olduğu derslerden zor olduğunu düşündüğü derslerin sınavları aynı gün olmasın.

d. Sınavlarda gözetmenlik yapacak öğretim elemanı yeter sayıda bulunduğundan bu durum modele kısıt olarak alınmamıştır.

e. Sınav yapılacak derslik sayısı yeterli değil fakat bu sorun, "farklı bölüm öğrencileri aynı sıraya yerleştirilerek ya da aynı bölüm öğrencilerinden iki kişi aynı sıraya yerleştirilip farklı soru gurubu verilerek" çözülebileceği düşünüldüğünden bu durum da modele kısıt olarak alınmamıştır.

f. Bazı öğretim elemanlarının verdikleri derslerin sınavının belli günlerde yapılması gibi istemleri olabilmektedir. Ancak bu durumun modele kısıt olarak alınmasının öğrenci başarısını maksimize etme amacına olumsuz etki edebileceğinden ve ilgili öğretim elemanının böyle bir amaç için özveride bulunabileceği düşünüldüğünden ve fakülte yönetiminin de aynı doğrultuda kararı bulunduğundan bu durum da modele kısıt olarak alınmamıştır.

Fakültenin bütün bölümlerini birlikte dikkate alarak kurulan modelin tam hali çok fazla yer alacağından ve bu modelin her bölüm için ayrıca kurulmasında önemli bir sakınca olmayacağından ve bütün bölümler için aynı mantık söz konusu olduğundan bu çalışma raporunda modelin sadece İşletme Bölümü ile ilgili kısmı verilecektir.

İşletme Bölümü'nde güz yarıyılında verilen dersler Tablo.1'de verilmiştir. Tabloda her sınıfta en çok başarısız öğrenci sayısının bulunduğu derslerin kod numaraları altı çizili olarak gösterilmiştir. Söz konusu dersler, öğrencilerin gözünde zor dersler olup, olabildiğince çok çalışma süresi olmasını istedikleri ve mümkünse sınavlarının aynı gün olmamasını istedikleri dersler olarak kabul edilmiştir.

İşletme Bölümü öğrencilerinin ve araştırma görevlilerinin b. inci isteğe uygun şekilde yaptıkları sınav planları ve bu planların öğrencilerden aldığı kabul oyu yüzdeleri Tablo.2'de verilmiştir.

Tablo 1: İşletme Bölümünün Güz Yarıyılı Dersleri

	Dersin adı	No		Dersin adı	No
1. Sınıf	Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi	01	3. Sınıf	Türkiye Ekonomisi	17
	Türk Dili	02		Maliyet muhasebesi I	18
	Yabancı Dil	03		Pazarlama I	19
	Davranış Bilimleri	04		Yöneylem Araştırması I	20
	Temel Bilgi Teknolojileri	05		İşletme Finansmanı I	21
	Genel matematik I	06		Kıymetli Evrak Hukuku	22
	İktisada Giriş	07		Üretim yönetimi I	23
	Genel Muhasebe I	08		İnsan Kaynakları Yönetimi	24
	Hukukun Temel Kavramları	09		Vergi Hukuku	25
	İşletme Bilimine Giriş	10		Finansal Tablolar Analizi	26
2. Sınıf	Borçlar Hukuku	11	4. Sınıf	Sermaye Piyasası	27
	İktisadi Analiz	12		Bilgisayar Uygulamaları	28
	Ticarî ve Mali Matematik	13			
	Yönetim ve Organizasyon	14			
	İstatistik I	15			
	Şirketler Muhasebesi	16			

Tablo.2'de derslerin adı yerine kod numaraları verilmiştir. Aynı gün sınavı olmamasına özen gösterilecek derslerin kod numaraları ise altı çizili olarak yazılmıştır. Sınavları 3. hafta yapılacak olan 4. sınıf dersleri (üçüncü hafta için önemli kısıtlar bulunmadığından) Tablo.2'de yer almamıştır.

Tablo 2: Farklı Sınav Planları

Sınav Günü No (L)	Sınav Tarihi	Her sınıf için farklı sınav planlarındaki derslerin kod numaraları											
		1. Sınıf			2. Sınıf			3. Sınıf			4. Sınıf		
1	04.1.99	08	06	07	12	11	15	22	18	20			
2	05.1.99	05	05	05							23	24	25
3	06.1.99	02	01	03	13	16	14	19	21	21			
4	07.1.99	10	09	10							26	26	27
5	08.1.99	01	03	02	15	14	16	17	17	17			
6	11.1.99	06	07	08	11	15	12	18	20	22			
7	12.1.99	04	04	04							28	28	28
8	13.1.99	03	02	01	14	12	13	21	19	19			
9	14.1.99	07	08	06							24	27	24
10	15.1.99	09	10	09	16	13	11	20	22	18			
	% oy	56	16	28	25	36	39	54	19	27	83	11	6

Tablo 2'nin son satırındaki oy yüzdeleri ve (1) nolu kısıtlar dikkate alındığında İşletme Bölümü için kurulacak modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & 56X_{1,1} + 16X_{1,2} + 28X_{1,3} + 25X_{2,1} + 36X_{2,2} + 39X_{2,3} \\ & + 54X_{3,1} + 19X_{3,2} + 27X_{3,3} + 83X_{4,1} + 11X_{4,2} + 6X_{4,3} \\ & + 49Y_1 + 49Y_4 + 49Y_6 + 49Y_9 + 49Y_{10} \end{aligned}$$

Burada,

$X_{jk}$ , İşletme Bölümü'nün i. inci sınıfı için yapılan k. inci sınav planını

$Y_L$  , Model geliştirmek için L. inci sınav günü için kullanılan yapay bir değişkeni<sup>3</sup> temsil etmektedir.

Bu model sadece İşletme Bölümü için kurulduğundan, bu bölümü temsil eden i indisi kullanılmamıştır.

Yukarıda saptanan 6 istemden ilk ikisi mutlaka yerine getirilmesi gereken zorunlu istemler, c. inci istem olabildiğince yerine getirilmesi gereken ikinci derece önemli istem olarak kabul edilmiştir. Diğer istemler ise önemsiz olduğu düşüncesiyle modele dahil edilmemiştir.

a. inci istemin gereği, modelin çözüümü ile elde edilen optimum plandaki derslerin sınav saatleri aynı bölümdeki her sınıf için farklı olacak şekilde yazılarak sağlanmıştır.

b. inci istemin gereği, öğrencilere alternatif sınav planları hazırlatırken yerine getirilmiştir.

c. inci istemin gereği ise tablo 2'de altı çizili olarak yazılan derslerden aynı günde olanlarının kod numaraları dikkate alınarak hazırlanan (1) nolu kısıtlar gurubu ile yerine getirilmektedir.

$$\begin{aligned} X_{1,2} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_1 &\leq 4 \\ X_{1,1} + X_{1,3} + X_{4,2} + Y_4 &\leq 4 \\ X_{1,1} + X_{2,3} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_6 &\leq 4 \\ X_{1,3} + X_{4,1} + X_{4,2} + Y_9 &\leq 4 \\ X_{1,2} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_{10} &\leq 4 \\ Y_1 \leq 3, Y_4 \leq 3, Y_6 \leq 3, Y_9 \leq 3, Y_{10} \leq 3 \end{aligned} \quad (1)$$

(1) Nolu kısıtlara, sınavı yapılacak zor derslerin kod numaraları (altı çizili olanlar) sadece bir sınıfın farklı sınav planlarında bulunan günlerle ilgili olanlar dahil edilmemiştir. Çünkü, (2) nolu kısıtlar gurubu ile her sınıf için üç farklı sınav planından sadece birinin seçilmesi sağlanmaktadır.

Bu kısıtlarda yer alan  $Y_L$  değişkenleri, geriden dersi olan öğrencilere göre zor ve olabildiğince fazla çalışma zamanı gerektiren derslerden birden fazlasının sınavlarının aynı günde olmaması isteminin yerine getirilmesini sağlamak için konulmuştur. Öğrencilerin hazırladıkları alternatif sınav planlarında her sınıfın günde en fazla bir sınavı olduğundan tüm sınıflar (4 sınıf) için günde en fazla 4 sınav olabilecektir. Bu 4 sınavdan en fazla birinin zor ders sınavı olması şeklindeki ikinci derece bir istemi olabildiğince sağlamak için modele ( $Y_L \leq 3$ ) şeklindeki kısıtlar konulmuştur.  $Y_L$  değişkeninin değeri ne kadar büyük olursa, L. inci günde sınavı olacak zor derslerin sayısı o kadar az olacaktır ve bu durumun belirlenmesinde  $Y_L$  değişkeninin amaç fonksiyonundaki katsayısı etkili olacaktır.

$Y_L$  değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki katsayılarının 49 olarak alınmasının nedeni şöyle açıklanabilir: Bir sınıfın dersleri ile ilgili sınav planının belirlenmesinde o sınıfta öğrenim görmekte olan öğrencilerin isteklerinin birinci derecede, o sınıfın derslerinden başarısız kalmış olan üst sınıftaki öğrencilerin isteklerinin ise ikinci derecede dikkate alınması gerektiği düşünölmüştür. Her sınıftaki

<sup>3</sup> İmdat KARA, **Yöneylem Araştırması: Doğrusal Olmayan Modeller**, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Anadolu Üniversitesi Ya. No. 139, Eskişehir, 1986, s. 117-134.

öğrencilerin alternatif sınav planları için verdikleri oyların yüzde olarak bulunan değerleri  $X_{jk}$  değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki katsayıları olarak alınmıştır. Zor derslerin sınavının aynı gün olmamasını isteyen öğrenciler, sadece geriden dersi kalan öğrenciler olduğundan ve bu öğrencilerin alt sınıflardaki derslerin sınav planının belirlenmesinde ikinci derecede rol oynaması gerektiği düşünüldüğünden  $Y_L$  değişkenlerinin amaç fonksiyonu katsayıları 49 olarak alınmıştır. Bu durumda; bir sınıftaki öğrencilerin % 50'den fazlası bir sınav planını benimsemiş ise o sınav planının optimum çözümde yer alması sağlanacak, diğer durumda ise üç alternatif sınav planı için de oylar bir birine yakın olacağından bu sınıfın derslerinden başarısız kalan üst sınıf öğrencilerinin isteğini öncelikli yerine getiren bir optimum çözüm elde edilecektir.

Öğrencilerin belirledikleri alternatif sınav planlarında bir sınıfın bir günde birden fazla sınavı olmadığı için bir günde bir bölümün en fazla dört sınavı olabileceğinden (1) nolu kısıtların sağ taraf sabitlerinin değeri 4 olarak yazılmıştır.

Her sınıfın sadece bir sınav planı olmasını sağlamak için,

$$\begin{aligned} X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} &= 1 \\ X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} &= 1 \\ X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} &= 1 \\ X_{4,1} + X_{4,2} + X_{4,3} &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

kısıtları kullanılmıştır.

## 2. MODELİN ÇÖZÜMÜ

Amaç fonksiyonu ve tüm kısıtları aşağıdaki şekilde elde edilen tamsayılı doğrusal modelin optimum çözümü "QSA" isimli paket program kullanılarak yapıldı.

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 56X_{1,1} + 16X_{1,2} + 28X_{1,3} + 25X_{2,1} + 36X_{2,2} + 39X_{2,3} \\ &+ 54X_{3,1} + 19X_{3,2} + 27X_{3,3} + 83X_{4,1} + 11X_{4,2} + 6X_{4,3} \\ &+ 49Y_1 + 49Y_4 + 49Y_6 + 49Y_9 + 49Y_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar: } X_{1,2} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_1 &\leq 4 \\ X_{1,1} + X_{1,3} + X_{4,2} + Y_4 &\leq 4 \\ X_{1,1} + X_{2,3} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_6 &\leq 4 \\ X_{1,3} + X_{4,1} + X_{4,2} + Y_9 &\leq 4 \\ X_{1,2} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + Y_{10} &\leq 4 \\ Y_1 &\leq 3 \\ Y_4 &\leq 3 \\ Y_6 &\leq 3 \\ Y_9 &\leq 3 \\ Y_{10} &\leq 3 \\ X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} &= 1 \\ X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} &= 1 \\ X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} &= 1 \\ X_{4,1} + X_{4,2} + X_{4,3} &= 1 \\ X_{j,k} &= 0 \text{ veya } 1, \quad Y_L \geq 0 \text{ ve tamsayı} \end{aligned}$$

$X_{jk}$  = İşletme Bölümü'nün i. inci sınıfı için yapılan k. inci

sınav planı

$Y_L$  = L. inci sınav günü için kullanılan yapay bir değişken

Optimum çözüm sonuçları aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$X_{1,1}=1$ ,  $X_{2,2}=1$ ,  $X_{3,1}=1$ ,  $X_{4,1}=1$ ,  $X_{j,l}=0$  (diğer j ve k'lar için),  $Y_1=3$ ,  $Y_4=3$ ,  $Y_6=2$ ,  
 $Y_9=3$ ,  $Y_{10}=3$ ,  $Max Z = 915$

Bu çözüm sonucuna göre SDÜ-İİBF'de 1998-1999 öğretim yılı güz yarıyılı sonu final döneminde uygulanması gereken sınav planı tablo 3'de verilmiştir. Tabloda derslerin adı yerine kod numaraları yazılmıştır.

Tablo 3'de görüldüğü gibi optimum çözüm sonucunda, genel olarak öğrencilerin büyük bir kısmının benimsediği bir sınav planı ortaya çıkmıştır. Ayrıca,  $Y_L$  değişkenlerinden sadece  $Y_6$ 'nın değeri 2, diğerlerinin değeri ise 3 olarak bulunmuştur. Yani, sınav döneminin sadece 6. inci günü (11.1.1999) (4-2=2) iki zor dersin sınavı aynı güne gelmekte, diğer tüm günlerde ise en fazla (4-3=1) bir zor dersin sınavı bulunmaktadır.

Tablo 3: Optimum Sınav Planı

Sınav Günü No (L)	Tarih	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf
		Saat:9.00	Saat:11.00	Saat:13.00	Saat:15.00
1	04.1.99	08	11	22	
2	05.1.99	05			23
3	06.1.99	02	16	19	
4	07.1.99	10			26
5	08.1.99	01	14	17	
6	11.1.99	06	15	18	
7	12.1.99	04			28
8	13.1.99	03	12	21	
9	14.1.99	07			24
10	15.1.99	09	13	20	
	% oy	56	36	54	83

Tablo.3'de verilen sınav planında sınav saatleri I. Öğretim öğrencileri için belirlenmiştir. Bu plan, sınav saatleri II. Öğretim öğrencilerine göre yeniden düzenlenerek bu öğrenciler için de uygulanacaktır.

### SONUÇ

Öğrenci isteklerine olabildiğince uygun olarak yapılan bir sınav planının uygulanmasıyla öğrencilerin bu sınavlardaki başarılarını artıracacağı düşüncesine uygun olarak oluşturulan bir tamsayılı doğrusal model, SDÜ-İİBF'nin 1998-1999 öğretim yılı, güz yarıyılı final sınav planının yapılmasında kullanıldı. Oldukça karışık bir yapıda olması beklenen modelin olabildiğince basit, anlaşılır ve pratikte rahatça kullanılabilir bir yapıda olmasına çalışıldı.

Modelin çözümüyle elde edilen optimum sınav planının, uygulamaya konmasından önce ve sonra İİBF öğrencilerinin büyük çoğunluğu tarafından beğenildiği gözlemlendi.

Bir sınav planı yapılırken öğrencilerin bu konudaki düşüncelerinin dikkate alınması duygusunun, sınav öncesinde öğrencilerin sınavlara daha istekli bir şekilde çalışması yönünde olumlu bir etki yaptığı söylenebilir.

#### KAYNAKÇA

1. KARA İmdat, **Yöneylem Araştırması: Doğrusal Olmayan Modeller**, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Anadolu Üniversitesi Ya. No. 139, Eskişehir, 1986.
2. ROSEAUX, **Exercices et Problemes Resolus de Recherche Operationnelle**, Tom 3, MASON, Paris, 1991.
3. SALKIN H.-K. MATHUR, **Foundations of Integer Programming**, North Holland, New York, 1989.
4. TAHA Hamdy A., **Operations Research An Introduction**, Sixth Edition, University of Arkansas, 1997.