

END331 YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI I
GEÇMİŞ SINAV SORULARI

1. Aşağıda verilen modeli bir DP modeli olarak formüle ediniz.

$$\begin{aligned} \min & |x - 4| + |2y - 7| \\ \text{öyle ki} & 3x + 5y \leq 25 \\ & 2x + 10y \geq 20 \\ & x, y \geq 0 \end{aligned}$$

2. Bir banka çek işlemleri için iki özel şube açmıştır. Şube 1 günde 1000 çek, Şube 2 ise günde 600 çek işlemi yapabilmektedir. Banka kurumsal, ticari ve kişisel çek işlemi hizmeti vermektedir. Şube 1'de bu işlemler sırasıyla 10, 8 ve 4 YTL maliyet getirmektedir. Şube 2 için söz konusu rakamlar 6, 8 ve 10 YTL'dir. Her gün, her tür çek için 500 işlem yapılmalıdır (500 kurumsal, 500 ticari ve 500 kişisel çek müşterisi şubelere gelmektedir ve talepleri karşılanmalıdır). Günlük maliyeti enazlayacak bir DP modeli kurunuz.

3. Bir enbüyükleme sorunu için aşağıdaki tablo verilsin. Takip eden ifadeleri doğrulayacak şekilde a_1 , a_2 , a_3 , b , c ve d bilinmeyenlerinin alabilecekleri değerleri hesaplayınız:

- Mevcut çözüm en iyi çözümdür.
- Mevcut çözüm en iyi çözümdür ve alternatif çözümler vardır.
- DP sınırlı değildir ($b \geq 0$ kabul ediniz).

z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	ST
1	-c	2	0	0	0	10
0	-1	a_1	1	0	0	4
0	a_2	-4	0	d	0	1
0	a_3	3	0	0	1	b

4. Aşağıda verilen DP modeli büyük M yöntemi ile çözülürken oluşacak başlangıç bfs'yi (temel olurlu çözümü) gösteriniz (salt başlangıç tablosunu oluşturunuz!). Başlangıç tablosunda temel çözüme giren ve çıkan değişkenleri gösteriniz. (Not: Lütfen sorunu çözmeye çalışıp zaman kaybetmeyin, en iyi çözüme 5. iterasyonda ulaşılmaktadır!.)

$$\begin{aligned} \min w &= 4x_1 + x_2 \\ 3x_1 + x_2 &\geq 10 \\ x_1 + x_2 &\geq 5 \\ x_1 &\geq 3 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

5. Aşağıda verilen DP modeli için

- y karar değişkeni vektörü ve w amaç fonksiyon değeri olacak şekilde bir dual model bulunuz.
- x primal model için olurlu bir nokta ve y dual model için olurlu bir nokta ise $z \geq w$ olduğunu gösteriniz.

$$\begin{aligned} \min z &= c^T x \\ \text{öyle ki} & Ax \geq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

6. Aşağıdaki DP modelinin en iyi çözümünü simpleks yöntem kullanmadan bulunuz (tümler gevşeklik teoremini kullanınız)

$$\begin{aligned} \text{Enk } z &= 6x_1 + 3x_2 + 10x_3 \\ \text{Öyle ki} & \\ & x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 4 \\ & 2x_1 - x_2 + x_3 \geq 1 \\ & x_1 \text{ serbest } d; x_2 \leq 0; x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

7. Beerco, buğday, şerbetçiotu ve malt kullanarak 2 farklı bira üretiyor (B_1 ve B_2). Mevcut durumda 40 kg buğday, 30 kg şerbetçiotu ve 40kg malt bulunmakta. 1kg buğday, 1 kg şerbetçiotu ile 2 kg malt kullanılarak yapılan B_1 birasının fıçısı 40YTL'ye satılabilmektedir. Benzer şekilde 2kg buğday, 1 kg şerbetçiotu ile 1 kg malt kullanılarak yapılan B_2 birasının fıçısı 50YTL'ye satılabilmektedir. Beerco, ürettiğinin tamamını satabilmektedir. Satış gelirini enbüyükleme için; $B_1=B_1$ birasından üretilen miktarı, $B_2=B_2$ birasından üretilen miktarı göstermek üzere aşağıdaki DP modelini kullanmaktadır:

$$\text{Enb } z = 40B_1 + 50B_2$$

$$\begin{aligned}
&\text{Öyle ki} \\
&B1+2B2 \leq 40 \\
&B1+B2 \leq 30 \\
&2B1+B2 \leq 40 \\
&B1, B2 \geq 0
\end{aligned}$$

Modelin en iyi çözümü tabloda verilmiştir. Buna göre aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

- B1 birasının satış fiyatı için temel çözümün değişmeyeceği aralığı bulunuz.
- Malt miktarı için temel çözümün değişmeyeceği aralığı bulunuz.
- Beerco firmasının stoğunda 70kg malt olsaydı yeni çözüm ne olurdu?
- Beerco firması B1 birasını 20YTL'den satsaydı, yeni çözüm ne olurdu?

B1	B2	S1	S2	S3	
0	0	20	0	10	1200
0	1	2/3	0	-1/3	40/3
0	0	-1/3	1	-1/3	10/3
1	0	-1/3	0	2/3	40/3

8. Primal model aşağıda verildiği gibi bir normal enbüyüklemeye sorunu olduğunda herhangi bir kısıt gölge fiyatının o kısıtı temsil eden dual değişken en iyi değerine eşit olduğunu ispatlayınız.

$$\text{enb } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

öyle ki

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

... ..

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

9. Aşağıda bir enbüyüklemeye problemi ile x_4 ve x_5 gevşek değişkenler olmak üzere en iyi tablo verilmiştir. Buna göre aşağıdaki değişiklikleri düzeltilmiş simpleks kullanarak inceleyiniz ve en iyilik ya da olurluluk koşulunun bozulması halinde yeni çözümleri bulunuz.

Enb $z = -5x_1 + 5x_2 + 13x_3$	Z	$+2x_3 + 5x_4$	$=100$
Öyle ki		$-x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4$	$=20$
$-x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 20$	16x1	$-2x_3 - 4x_4 + x_5$	$=10$
$12x_1 + 4x_2 + 10x_3 \leq 90$			

- a. 1.kısıtın sağ taraf değeri 30 olsun.

b. x_2 değişkeninin katsayılarının $\begin{bmatrix} 6 \\ 2 \\ 5 \end{bmatrix}$ şeklinde değişsin.

- c. Probleme " $2x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 50$ " şeklinde yeni bir kısıt eklensin.

10. Milli kütüphane arşiv bölümü 200 dosyayı CD, 100 dosyayı bilgisayar hafızasında ve 300 dosyayı ise kasetlerde saklayabilmektedir. Memurlar yaptıkları işlemler sırasında 300 word dosyası, 100 yazılım dosyası ve 100 veri dosyasını saklamak zorunda kalmaktadırlar. Her ay, tipik bir word dosyasına 8, yazılım dosyasına 4, veri dosyasına ise 2 kez erişilmektedir. Bir dosyaya erişilmek istendiğinde gereksinim duyulan süre kullanılan dosyanın tipine ve saklanma türüne göre değişim göstermektedir. Söz konusu süreler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Amaç memurların dosyalara erişirken geçirdikleri aylık süreyi enazlamak ise;

dosyaların hangi ortamlarda saklanmaları gerektiğini bulmak için bir ulaştırma modeli kurunuz, minimum maliyet yöntemi ile başlangıç çözümünü bularak ulaştırma simpleksi ile problemi 1 iterasyon ilerletiniz.

	Zaman (dak.)		
	Word dosyası	Yazılım dosyası	Veri dosyası
CD	5	4	4
Bilgisayar hafızası	2	1	1
Kaset	10	8	6

11. Carco araba ve kamyon üretmektedir. Her arabanın kâr'a katkısı 300YTL, her kamyonun kâr'a katkısı ise 400 YTL'dir. Tabloda bir araba ve kamyon üretmek için kullanılan kaynak miktarları verilmiştir. Hergün, Carco 1.tip makinadan en çok 98 tane kiralayabilmektedir (makina başına 50YTL harcayarak). Mevcut durumda şirketin 73 adet 2.tip makinası ve 260 ton çeliği vardır. Pazarlama araştırmaları en az 88 araba ve 26 kamyonun satılacağını öngörmektedir.

	1.tip makina da geçen gün sayısı	2.tip makina da geçen gün sayısı	Çelik miktarı (ton)
Araba	0.8	0.6	2
Kamyon	1	0.7	3

x_1 = günlük üretilen araba sayısı, x_2 =günlük üretilen kamyon sayısı; ve m_1 =günlük kiralanan 1.tip makina sayısı olmak üzere Carco'nun karını en çoklayan DP modeli aşağıda kurulmuş ve LINDO ile çözülmüştür. LINDO raporunu kullanarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

Enb $300x_1+400x_2-50m_1$

S.t

$0.8x_1+x_2-m_1 \leq 0$

$m_1 \leq 98$

$0.6x_1+0.7x_2 \leq 73$

$2x_1+3x_2 \leq 260$

$x_1 \geq 88$

$x_2 \geq 26$

$x_1, x_2 \geq 0$

- Eğer bir arabanın kara katkısı 310 milyon TL olsaydı, yeni çözüm ne olurdu?
- Eğer bir kamyonun kara katkısı 350 milyon TL olsaydı, yeni çözüm ne olurdu?
- Eğer Carco'nun, en az 86 araba üretmesi gerekseydi, yeni çözüm ne olurdu?
- Eğer Carco, 1.tip makinadan sadece 97 tane kiralayabilseydi, yeni çözüm ne olurdu?
- Eğer Carco'nun, 280 ton çeliği olsaydı, yeni çözüm ne olurdu?

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 32540.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	88.000000	0.000000
X2	27.600000	0.000000
M1	98.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	400.000000
3)	0.000000	350.000000
4)	0.880000	0.000000
5)	1.200000	0.000000
6)	0.000000	-20.000000
7)	1.600000	0.000000

NO. ITERATIONS= 3

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	300.000000	20.000000	INFINITY

X2	400.000000	INFINITY	25.000000
M1	-50.000000	INFINITY	350.000000

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES			
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE	
2	0.000000	0.400000	1.600000	
3	98.000000	0.400000	1.600000	
4	73.000000	INFINITY	0.880000	
5	260.000000	INFINITY	1.200000	
6	88.000000	2.000000	3.000000	
7		26.000000	1.600000	INFINITY

12. Bir kağıt firması aşağıdaki tabloda özellikleri verilen standart kağıt ruloları dışarıdan tedarik etmektedir:

Standart Rulo No	Genişlik (m)	Uzunluk (m)
1	10	200
2	20	200

Firma standart ruloları keserek aşağıdaki tabloda genişlik ve uzunluğu verilen talepleri karşılamak istemektedir:

Talep no	Genişlik (m)	Uzunluk (m)
1	5	100
2	7	300
3	9	200

Verilen talebi karşılayarak kesinti kaybını minimize edecek kesme şeklini belirleyen DP modelini kurunuz.

13. Aşağıda verilen DP modeli için uygun bir soru yazınız

$$\begin{aligned}
 \text{maks } z &= 40 \text{ MM} + 40 \text{ CM} + 15 \text{ MS} + 15 \text{ CS} \\
 17 \text{ MM} &+ 5 \text{ MS} && \leq 150 \\
 30 \text{ CM} &+ 13 \text{ CS} && \leq 210 \\
 \text{MM, MS, CM, CS} &\geq 0
 \end{aligned}$$

14. Yukarıda verilen modeli LINDO ortamına aktarınız

15. Yukarıda verilen modeli Simpleks algoritması ile çözünüz

16. Giapetto sorununun en iyi tablosu aşağıdaki gibidir:

z	x1	x2	s1	s2	s3	ST	TD
1	0	0	1	1	0	180	z=180
0	0	1	-1	2	0	60	x2=60
0	0	0	-1	1	1	20	s3=20
0	1	0	1	-1	0	20	x1=20

a) Giapetto satış fiyatlarını bir oyuncak asker için \$26.6, bir oyuncak tren için \$21.4 olarak değiştirirse yeni en iyi çözüm ne olur? Yeni haftalık karı bulunuz (Lütfen önce **simpleks (δ)** kullanarak **duyarlılık analizi** yapınız ve daha sonra **%100 kuralı** kullanınız).

b) Giapetto \$10'lık hammadde ve \$10'lık işçilik kullanarak 1 saat montaj ve 2 saat marangozluk ile üreteceği oyuncak gemiyi karlı bir şekilde satabilmesi için geminin satış fiyatı ne kadar olmalıdır? (Lütfen **dualite ve duyarlılık ilişkisini** kullanınız)

17. Aşağıdaki DP modeli için temel değişkenlerin x1, x2 ve s1 olduğunu varsayarak gerekli işlemleri **düzeltilmiş simpleks** yöntemi ile yapıp simpleks tablosunu oluşturup yorumlayınız.

$$\text{Enb } z = 3x_1 + 5x_2$$

$$s_1$$

$$x_1 \leq 4$$

$$\begin{aligned}
2x_2 &\leq 12 \\
3x_1 + 2x_2 &\leq 18 \\
x_1, x_2 &\geq 0
\end{aligned}$$

18. Aşağıda **GAMS** programında kodlanan doğrusal programla modelini **LINDO**'da çözmek üzere kodlayınız.

```

-----
Set      t      zaman  (hafta)      / 1*4 /
Scalars  rho     isci uretkenligi      (isci basina birim) /      8 /
          wage     maas      (hafta ve isci basina TL)      /    100 /

Parameter si(t) baslangic stogu      (birim) / 1 10 /
          wi(t) baslangic isci sayisi (isci) / 1 20 /
          d(t) talep      (birim) / 1 100, 2 200, 3 300, 4 400/

Positive Variables
p(t)      t zamanindaki uretim seviyesi      (birim)
s(t)      t zamanindaki stok miktarı      (birim)
u(t)      t zamanindaki karşılanmayan talep      (birim)
w(t)      t zamanindaki isci sayisi      (isci)
h(t)      t zamaninda ise alınan isci sayisi      (isci)
f(t)      t zamaninda isten cikarilan isci sayisi      (isci)

Variables
phi      toplam maliyet      (TL)

Equations
cb(t)      urun dengesi      (birim)
wb(t)      isci dengesi - zaman gecisleri      (isci)
wd(t)      isci dengesi - uretimde kullanım      (isci)
obj      amac fonksiyonu      ( TL );

cb(t).. s(t) =e= s(t-1) + p(t) - d(t) - u(t-1) + u(t) + si(t);

wb(t).. w(t) =e= w(t-1) - f(t) + h(t) + wi(t);

wd(t).. w(t) =g= p(t)/rho ;

obj.. phi =e= sum(t, 10*s(t) + 30*u(t) + wage * w(t) + 125*(h(t)+f(t)) );

Model jobs job training model / all /;

Solve jobs minimizing phi using lp;

```

19. Aşağıdaki DP'yi Simpleks algoritması ile çözüme hazır hale getiriniz (Lütfen Düzeltilmiş Simpleks veya Dual Simpleks kullanmayın!) ve daha sonra bir başlangıç temel olurlu çözümü (bfs) bulunuz.

$$\begin{aligned}
\max z &= x_1 + x_2 - 2x_3 \\
\text{s.t.} \quad 2x_1 + x_2 + x_3 &\leq 30 \\
x_3 &\geq -20 \\
x_1, x_2 &\geq 0; x_3 \text{ urs}
\end{aligned}$$

20. 2 öğretim üyesi ve mutlaka açılması gereken 3 seçmeli ders olsun. Öğretim üyelerinin dersin konusuna olan yakınlıklarının derse hazırlanma sürelerini etkileyeceği açıktır. Aşağıdaki tabloda bu süreler verilmiştir. Ancak 1.öğretim üyesi 1.dersi vermek istememektedir. Bir öğretim üyesinin en fazla iki ders vermesi durumunda en uygun atamayı gerçekleştiriniz.

	Oyun Kuramı	İstatistiksel Karar Verme	Stokastik Süreçler
1.öğr.üyesi	-	8	7
2.öğr.üyesi	7	6	4

21. Bir şirket 4 yeni ürünü, 3 farklı atölyede üretmeyi planlamaktadır. Aşağıdaki tabloda ürünlerin her bir atölyede üretim maliyetleri, atölyelerin mevcut kapasiteleri ve ürünlere olan tahmini talepler verilmiştir. 3.ürünün 2.atölyede üretilmemesi dışında her atölyede her ürün üretilmektedir. Yönetim, iki üretim alternatifi üzerinde durmaktadır.

- a) Aynı ürünün farklı atölyelerde üretilmesine izin verme
- b) Aynı ürünün farklı atölyelerde üretilmesine izin vermeme.

Her iki durum için de problemi atama ya da ulaştırma modelleri kapsamında irdeleyip modelleyiniz.

	1.ürün	2.ürün	3.ürün	4.ürün	Kapasite (adet)
1.atölye	41	27	28	24	75
2.atölye	40	29	-	23	75
3.atölye	37	30	27	21	45
Talep (adet)	20	30	30	40	

22. Aşağıda bir DP modeli ile modele ait en iyi tablo verilmiştir. Buna göre

- c) Sağ taraf değerlerinin $[75 \ 15 \ 50]^T$ olarak değiştiğini varsayarak yeni çözümü bulunuz.
- d) x_1 değişkenine ait amaç fonksiyon değerinin 15 olarak değişmesi durumunda yeni çözüm ne olur, bulunuz.
- e) Amaç fonksiyon katsayısı 60 ve teknoloji katsayıları $[2 \ 3 \ 1]^T$ olan yeni bir faaliyet eklendiğini varsayalım, yeni çözüm ne olur, bulunuz.

$$\text{Enb. } Z = 35x_1 + 50x_2$$

Öyle ki

$$4x_1 + 6x_2 \leq 120$$

$$x_1 + x_2 \leq 20$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 40$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	St
0	0	0	5	15	700
0	0	1	0	-2	40
1	0	0	3	-1	20
0	1	0	-2	1	0

23. Aşağıda verilen Lindo çıktısına göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

- a) Lindo çıktısından yola çıkarak problem için bir rapor yazınız (amaç fonksiyon değeri, temel değişkenler ve değerleri, kısıtların gevşekliği vb.)
- b) θ , η ve α değerlerini bulunuz.
- c) Yeni amaç fonksiyonu $14x_1 + 18x_2 + 17x_3 + 15x_4 + 53x_5 + 10x_6 + 14x_7 + 10x_8 + 12x_9$ olsaydı 100% kuralına göre optimal çözüm değişir miydi? Değişmiyor ise amaç fonksiyon değerini bulunuz.
- d) İlk kısıt sağ tarafı 50'den 70'e arttırılrsa ve ikinci kısıt sağ tarafı da 20'den 18'e düşürülse optimal çözüm değişir miydi? Değişmiyor ise amaç fonksiyon değerini bulunuz.

```

Max      14X1 + 17X2 + 17X3 + 15X4 + 40X5 + 12X6 + 14X7 + 10X8 + 12X9

ST       12X1 + 54X2 + 6X3 + 6X4 + 30X5 + 6X6 + 48X7 + 36X8 + 18X9 <= 50
        3X1 + 7X2 + 6X3 + 2X4 + 35X5 + 6X6 + 4X7 + 3X8 + 3X9 <= 20
        X1
            X2
                X3
                    X4
                        X5
                            X6
                                X7
                                    X8
                                        X9 <= 1

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 9

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 70.27273

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	0.000000
X2	0.000000	3.409091
X3	1.000000	0.000000
X4	1.000000	0.000000

X5	0.000000	29.318182
X6	0.969697	0.000000
X7	0.045455	0.000000
X8	0.000000	0.500000
X9	1.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.136364
3)	0.000000	1.863636
4)	0.000000	6.772727
5)	1.000000	0.000000
6)	0.000000	5.000000
7)	0.000000	10.454545
8)	1.000000	0.000000
9)	0.030303	0.000000
10)	0.954545	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	3.954545

NO. ITERATIONS = 9

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	14.000000	INFINITY	6.772727
X2	17.000000	θ	INFINITY
X3	17.000000	INFINITY	5.000000
X4	15.000000	INFINITY	10.454545
X5	40.000000	η	INFINITY
X6	12.000000	5.000000	4.961538
X7	14.000000	11.600000	0.666667
X8	10.000000	0.500000	α
X9	12.000000	INFINITY	3.954545

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	50.000000	41.999996	2.000000
3	20.000000	0.166667	5.333333
4	1.000000	0.222222	0.083333
5	1.000000	INFINITY	1.000000
6	1.000000	0.969697	0.030303
7	1.000000	0.500000	0.111111
8	1.000000	INFINITY	1.000000
9	1.000000	INFINITY	0.030303
10	1.000000	INFINITY	0.954545
11	1.000000	INFINITY	1.000000
12	1.000000	0.133333	0.111111

24. MYG mısır ve yulaf kullanarak ürettiği mısır gevreği için 4 haftalık üretim planı oluşturmak istemektedir. Dört hafta için karşılanması zorunlu olan talepler sırasıyla 1000, 3000, 2500 ve 4000 pakettir. Bir paket mısır gevreğinde 400 gr. mısır ve 100 gr. yulaf bulunmaktadır. Firma mısırları iki ayrı tedarikçiden temin ederken yulaf için sadece bir tane tedarikçi mevcuttur. Aşağıdaki tabloda her hafta için hammaddelerin fiyatları ve tedarikçilerin kapasiteleri (en fazla tedarik edebilecekleri miktarlar) verilmiştir:

Hafta	Mısır TD1	Mısır TD2	Yulaf
1	50 YKr/kg	45 YKr/kg	90 YKr/kg
2	55 YKr/kg	60 YKr/kg	95 YKr/kg
3	60 YKr/kg	50 YKr/kg	100 YKr/kg
4	60 YKr/kg	55 YKr/kg	110 YKr/kg
Kapasite	600 kg/hafta	400 kg/hafta	300 kg/hafta

MYG'nin haftalık normal mesai üretim kapasitesi 2500 adettir. Bununla birlikte fazla mesai ile 2000 adetlik ek üretim gerçekleştirilebilmektedir. Fakat normal mesaide 100 YKr. / adet olan birim üretim maliyeti fazla mesaide 150 YKr. / adet olarak gerçekleşmektedir. Firmanın taze hammadde kullanma

politikası gereği hammaddelerde depolama (önceki dönemlerde alınanların kullanımı) söz konusu değildir. Mısır gevreğinde ise depolama ve sonraki dönemde kullanma mümkün olabilmektedir. Yalnız bunun için 20 Ykr./adet olan envanter taşıma maliyetine katlanılmak zorundadır. MYG'nin üretim planını en düşük maliyet ile gerçekleştirmesine yardımcı olacak DP modelini kurunuz (Not: problemi çözmeye çalışmayınız, sadece çözümü verecek modeli kurunuz).

25. Aşağıda verilen DP modelini çözünüz

$$\begin{aligned} \text{maks} \quad & 5x_1 + 3x_2 + x_3 \\ & x_1 + x_2 + x_3 \leq 6 \\ & 5x_1 + 3x_2 + 6x_3 \leq 15 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

26. Bir enbüyükleme modelinin çözümü sırasında karşılaştığımız aşağıda verilen tabloyu kullanarak sorulan soruları yanıtlandırınız:

- Mevcut bfs'in olurlu çözüm vermesi için eksik hücrelerde hangi değerler olmalıdır?
- F'nin hangi değerleri için mevcut bfs bir tek en iyi çözüm vermektedir? Söz konusu çözüm nedir?
- F'nin hangi değerleri için mevcut çözüm en iyi çözüm değildir? Bu durumda çözüme girecek ve çözümden çıkacak değişkenler hangileridir?

z	x1	x2	s1	s2	s3	ST	TD
		F			3		z=120
		1			-2		s1=20
		1			-1		s2=40
		0			1	40	

27. Standart biçime çevrilen DP modelinde hangi parametre grubu için sınırlandırma vardır? Söz konusu sınırlandırma nedir? (Yol gösterme: Standart biçim tanımından hareket ederek soruyu yanıtlandırabilirsiniz)

28. Bir fabrika, önümüzdeki ayın üretimi için 3 üretim hattı üzerinde yoğunlaşma kararı almıştır. Söz konusu hatlarda üretilen ürünlerin karları 120YTL, 150YTL ve 90YTL olmak üzere farklılık göstermektedir. İlk hatta üretilen ürün en tutulan üründür, dolayısı ile orada üretilen miktarın en az, diğer iki hatta üretilen miktar kadar olması istenmektedir. Hatlar sırasıyla 1, 0.5 ve 0.75 saat üretim zamanı kullanmaktadırlar. Söz konusu ayda 2420 saat üretim yapılması beklenmektedir. Üretim sırasında 1.ve 3. hatlar tarafından 2'şer adet, 2.hat tarafından 3 adet kullanılan özel bir bileşen ise stoklarda 7000 adet ile sınırlıdır. Üretilen tüm miktarın satılabileceği varsayımıyla, karın enbüyüklenmesi için kurulan model, ilk tablo ve çözüm sonunda ulaşılan en iyi tablo aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- En iyi sonucu yorumlayınız. (çözüm nedir? dual fiyatlar hakkında ne diyebilirsiniz?)
- Özel bileşenden fabrikanın stoklarında 6500 adet olsaydı yeni çözüm ne olurdu?
- 1.hatta üretilen üründen elde edilen kar 90 YTL olsaydı yeni çözüm ne olurdu?
- 3.hatta üretilen üründen elde edilen kar 110YTL olsaydı yeni çözüm ne olurdu?
- İşe yeni alınan çalışanlar nedeniyle üretim saati 4000'e çıkarsa yeni çözüm ne olurdu?

$$\text{Enb. } Z = 120x_1 + 150x_2 + 90x_3$$

Öyle ki

$$-x_1 + x_2 + x_3 \leq 0$$

$$x_1 + 0.5x_2 + 0.75x_3 \leq 2420$$

$$2x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 7000$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	Sağ taraf
-120	-150	-90	0	0	0	0
-1	1	1	1	0	0	0
1	0.5	0.75	0	1	0	2420
2	3	2	0	0	1	7000

En iyi tablo						Sağ taraf
x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	
0	0	22.5	0	30	45	387600
0	1	0.25	0	-1	0.5	1080
0	0	1.375	1	2.5	-0.75	800
1	0	0.625	0	1.5	-0.25	1880

29. META metal alaşımları şirketi A, B, C, D metallerini kullanarak iki alaşım üretmektedir. Kullanılan metallerin özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Metal	Yoğunluk	Karbon, %	Fosfor, %	Fiyat, YTL / kg	Tedarik miktarları
A	6500	0,20	0,050	2,2	350
B	5800	0,35	0,015	2,5	200
C	6200	0,15	0,065	2,0	250
D	5900	0,11	0,100	1,7	300

Üretildikten sonra alaşımların bazı özellikleri taşıması gerekmektedir. Birinci alaşımın (AL1) yoğunluğunun en az 5950, en fazla 6050; karbon yüzdesinin en fazla 0,3; fosfor yüzdesinin ise en az 0,045 olması gerekmektedir. İkinci alaşımın (AL2) yoğunluğunun en az 6000; karbon yüzdesinin en az 0,1 ve fosfor yüzdesinin en fazla 0,055 olması istenmektedir. Şirketin elinde 100kg. A metalinden vardır ve tedarikçilerden temin edilebilecek metal miktarları kısıtlıdır (yukarıdaki tablonun son sütununda her bir metal için tedarik edilebilecek en büyük miktarlar verilmiştir.)

- META'nın AL1 ve AL2'den 200 kg. ve 400kg.'lık taleplerini karşılayabilmesi için en küçük metal satın alma maliyetini verecek DP modelini kurunuz.
- Tedarikçi firma C metalinin fiyatını 100 kg.'dan fazla alınması halinde fazla alınacak miktarın fiyatını 1,5 YTL/kg.'a indireceğini taahhüt etmektedir (Örneğin 60 kg. alınırsa fiyat $60 \cdot 2 = 120$ YTL; 130 kg alınırsa fiyat $100 \cdot 2 + 30 \cdot 1,5 = 245$ YTL olacaktır). Bu yeni duruma göre metal satın alma maliyetini en küçükleyecek modeli tekrar kurunuz (önceki aşamaya göre değişecek kısımları vermeniz yeterlidir. C metalinin fiyatı dışında her şey önceki aşamadakiyle aynıdır.)

30. Aşağıda bir ulaştırma problemine ait tablo verilmiştir. Tabloda parantez içindeki rakamlar atama miktarlarını, diğer rakamlar uzaklıkları belirtmektedir.?

	1	2	3	4	Arz
A	9 (4)	7 (14)	12	8	18
B	15	12	12 (4)	15	4
C	8 (2)	9	6 (4)	12	6
D	14	12	11 (7)	12 (5)	12
Talep	6	14	15	5	

- Tabloda verilen çözüm temel bir çözüm müdür?
- Verilen çözüm optimal midir?
- Probleme alternatif çözümler bulunmakta mıdır? (Var ise, çözümü hesaplamayınız.)
- Soruya ait doğrusal problemi kurunuz ve problemin dualini almadan dual değişkenlerin değerini belirtiniz.
- $c_{D3} = 13$ olsaydı, optimallik değişir miydi?

31. Bayrak yarışında hangi yüzücü hangi stili yüzmelidir?

	Ozan	Alara	Doruk	Baran	Gülin
Sırtüstü	37,7	35,4	33,8	37	32,9
Serbest	43,4	33,1	42,2	34,7	41,8
Kelebek	28,5	33,3	38,9	30,4	33,6
Kurbağalama	29,2	26,4	29,6	28,5	31,1

32. Aşağıda verilen Lindo çıktısını ve model kısıtlarını kullanarak soruları yanıtlandırınız.

- A, B, C, D, E, F, G, H ve I harfleri ile verilen değerleri bulunuz.
- Birinci şıkta bulduğunuz sonuçları kullanarak modelin dualini hesaplayınız.
- Bulduğunuz dualin dual değişken değerlerini Tümler Gevşeklik Teoremini kullanarak hesaplayınız.

LP optimum found at Step 3

Objective function value: 209.0000

Variable	Value	Reduced Cost
X1	A	1.833333
X2	2.000000	0.000000
X3	3.000000	0.000000
X4	0.000000	B

Row	Slack or Surplus	Dual Prices
2)	6.000000	0.000000
3)	0.000000	2.166667
4)	C	0.000000
5)	0.000000	8.000000

No. Iterations = 3

Ranges in which the basis is unchanged:

Variable	<u>Obj Coefficient Ranges</u>		
	Current	Allowable Increase	Allowable Decrease
X1	33.000000	1.833334	Infinity
X2	D	2.500000	3.250000
X3	45.000000	E	1.666667
X4	28.000000	2.500000	Infinity

Row	<u>Righthand Side Ranges</u>		
	Current	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	F	Infinity	6.000000
3	G	6.000000	3.000000
4	18.000000	Infinity	H
5	18.000000	2.000000	3.000000

Kısıtlar:

$$4x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 2x_4 < \mathbf{F}$$

$$5x_1 + 6x_2 + 6x_3 + 3x_4 < \mathbf{G}$$

$$2x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 < 18$$

$$3x_1 + 3x_2 + \mathbf{I}x_3 + 3x_4 < 18$$

33. İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencisi olan Defne, 3. sınıfın ilk dönemi için ders programını yapmak istemektedir. Bu dönem en az 5 adet (END kodlu) farklı bölüm dersi almalıdır ve bu bölüm derslerinden birinin 2. sınıfta bıraktığı ders (END211) olması gerekmektedir. Ayrıca ATA ve TUR kodlu derslerden de sadece 1 tanesini almak istemektedir.

a) Aşağıdaki ders saatleri tablosuna bakarak Defne'nin ders seçme problemi için bir kısıt tablosu oluşturun (DP modelinin kısıt kısmını kurun).

DERS KODU	DERSİN ADI	DERS GÜNÜ	DERS SAATİ
1. END 211	Sistem Analizine Giriş	Salı	0930/1229
2. END 211	Sistem Analizine Giriş	Salı	1330/1629
3. END 311	İstatistik	Pazartesi	0930/1229
4. END 311	İstatistik	Pazartesi	1330/1629
5. END 317E	Database Management Systems	Salı	1330/1629
6. END 319E	Cost Management	Perşembe	1330/1629
7. END 321	İş Etüdü	Çarşamba	1330/1629
8. END 327E	Decision Theory	Cuma	1330/1629
9. END 329E	Total Quality Management	Perşembe	1330/1629
10. END 331	Yöneylem Araştırması I	Pazartesi	0930/1229
11. END 331	Yöneylem Araştırması I	Pazartesi	1330/1629
12. END 334	Verimlilik Analizi	Perşembe	0930/1229
13. END 345	Yönetim Düşüncesinin Evrimi	Çarşamba	1330/1629
14. END 347	Sayısal Analiz	Perşembe	0930/1229
15. END 359E	Materials Science	Cuma	1330/1629
16. ATA 101	Atatürk İlk & İnkılap Trh I	Pazartesi	0930/1229
17. ATA 101	Atatürk İlk & İnkılap Trh I	Salı	1330/1629
18. ATA 101	Atatürk İlk & İnkılap Trh I	Cuma	1330/1629
19. TUR 101	Türkçe I	Pazartesi	0930/1229
20. TUR 101	Türkçe I	Pazartesi	1330/1629
21. TUR 101	Türkçe I	Salı	1330/1629
22. TUR 101	Türkçe I	Perşembe	0930/1229

b) Bu problemi *DP modeli* olarak çözmek için karar değişkenleri ile ilgili pek mantıklı olmayan bir varsayımda bulunmamız gerekmektedir, bu varsayım nedir?

c) Bu problem için nasıl bir amaç fonksiyonu kullanılmasını önerirsiniz? Neden?

34. Bonbon üç farklı tip şekerleme üretmektedir. Birinci tip şekerlemeden 3 YTL kar elde etmekte ve bu şekerlemenin üretiminde 1 birim şeker ve 2 birim çikolata kullanmaktadır. İkinci tip şekerlemeden 7 YTL kar elde etmekte ve bu şekerlemenin üretiminde 1 birim şeker ve 3 birim çikolata kullanmaktadır. Üçüncü tip şekerlemeden ise 5 YTL kar elde etmekte ve bu şekerlemenin üretiminde 1 birim şeker ve 1 birim çikolata kullanmaktadır. Bonbon'un günlük üretim için elinde 50 birim şeker ve 100 birim çikolata vardır.

a. Bonbon şirketine yardımcı olmak için bir DP modeli kurunuz ve kurduğunuz modeli çözünüz ve yorumlayınız (yönetici özeti cümlesi).

- Kurduğunuz modelin dualini bulunuz ve dual modelin ekonomik yorumunu (değişken, amaç fonksiyonu ve kısıtlar neyi temsil etmektedir?) yapınız. Primal modelin çözümünden faydalanarak dual modelin çözümünü (herhangi bir algoritma kullanmadan) belirleyiniz (nasıl belirlediğinizi gösteriniz) ve çözümü yorumlayınız.
- Dualite - duyarlılık ilişkisini kullanarak primal modelin kısıtlarının gölge fiyatlarını belirleyiniz (nasıl belirlediğinizi gösteriniz).
- δ yöntemi ile temelin optimalliğinin korunduğu ikinci şekerleme kar aralığını belirleyiniz.
- Dualite - duyarlılık ilişkisini kullanarak temelin optimalliğinin korunduğu birinci şekerleme aralığını belirleyiniz.
- Primal modelin değişkenleri için indirgenmiş maliyetleri belirleyiniz (nasıl belirlediğinizi gösteriniz).
- δ yöntemi ile temelin (primal model çözümü) optimalliğinin korunduğu primal model kısıt sağ taraf değeri aralığını belirleyiniz (tüm kısıtlar için)
- Birinci tip şekerlemekten 6 YTL kar elde edilirse yeni en iyi çözüm ne olur?
- Tüm şekerlemelerden 5 YTL kar elde edilirse yeni en iyi çözüm ne olur?
- Günlük kullanılabilir çikolata miktarı 50 birime düşerse yeni en iyi çözüm ne olur?

35. Bir enbüyükleme problemi için aşağıda verilen Lindo çıktısını kullanarak problemin Simpleks Algoritması çözümü en iyi tablosundaki bilinmeyenleri (A, B, ..., K) bulunuz. Mantiğinizi açıklayınız.

Z	x1	x2	x3	s1	s2	s3	RHS
A	B	C	D	E	F	G	H
0	0	0	1	1	-1	-2	I
0	1	0	0,5	0	0,5	0,5	J
0	0	1	-1,5	0	-0,5	0,5	K

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 25.00000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	15.000000	0.000000
X2	5.000000	0.000000
X3	0.000000	1.500000
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	10.000000	0.000000
3)	0.000000	1.500000
4)	0.000000	0.500000

36. Aşağıda bir DP modeli ile en iyi tablosu verilmiştir. Buna göre, düzeltilmiş simpleks algoritmasından yararlanarak:

- İlk kısıdın sağ taraf değeri 30 yerine 10 olsaydı yeni çözüm ne olurdu bulunuz.
- Modele amaç fonksiyon katsayısı 6, teknoloji kısıt katsayıları ise sırasıyla 3 ve 2 olan yeni bir değişken eklense yeni çözüm ne olur, bulunuz ve çözümü yorumlayınız.
- Modelin yeni değişken eklenmiş halinin dual çözümü ne olur, tümler gevşeklik teoreminden yararlanarak bulunuz.

$$\text{enb } Z = 3x_1 - 2x_2$$

öyle ki

$$2x_1 - x_2 \leq 30$$

$$x_1 - x_2 \leq 10$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

x1	x2	s1	s2	Sağ taraf
0	0	1	1	40
0	1	1	-2	10
1	0	1	-1	20

37. Aşağıda verilen GAMS modelini LINDO modeli haline dönüştürünüz.

```
sets
    i      / I1*I2 /
    j      / J1*J2 /
    k      / K1*K2 /;

scalars
    B      / 5 /;

parameters
    T(k)
    /
        K1      3
        K2      7
    /

    R(k)
    /
        K1      3
        K2      1
    /;

table    M(i,j)
    J1      J2
I1        1      5
I2        0      3;

table    C(i,k)
    K1      K2
I1        4      0
I2        2      2;

table    P(i,k)
    K1      K2
I1        0      5
I2        2      3;

table    S(j,k)
    K1      K2
J1        4      0
J2        2      2;

table    N(i,j,k)
                K1      K2
I1        .      J1      1      3
I1        .      J2      2      4
I2        .      J1      1      5
I2        .      J2      3      4;

positive variables
    X(i,j)
    Y(k);

variables
    Z;

equations
    amacf
    k1(j,k)
    k2
    k3(k);

amacf..      Z =e= sum((i,j), M(i,j) * sum(k, C(i,k) * X(i,j) + T(k) * Y(k)));
k1(j,k)..  
Y(k) + sum(i, P(i,k) * X(i,j)) =l= S(j,k);
k2..  
sum(k, R(k) * Y(k)) =l= B;
k3(k)..  
sum((i,j), N(i,j,k) * X(i,j)) =l= T(k);

model vize2 / all /;
vize2.limrow = 100;
solve vize2 using lp maximizing Z;
```

38. Aşağıda verilen modeli Büyük M yöntemi ile çözünüz.

$$\begin{aligned} \text{Max } & 3x_1 + x_2 \\ \text{s.t. } & x_1 + x_2 \geq 3 \\ & 2x_1 + x_2 \leq 4 \\ & x_1 + x_2 = 3 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

39. ABC şirketinin Foça ve Ayvalıkta bulunan zeytinyağı atölyelerinde günlük 500 ve 400 kg zeytinyağı üretilmektedir. Bu zeytinyağları daha sonra işlenip çeşitlendirilmek üzere Balıkesir ve İzmir'deki zeytinyağı fabrikalarına gönderilmektedir (Bu fabrikaların sınırsız işleme kapasiteleri olduğu varsayılacaktır). Balıkesir'deki fabrikada 100 kg zeytinyağını işlemenin maliyeti 700 TL iken bu fiyat İzmir'de 900 TL'dir. Şişelenmiş zeytinyağları Ankara ve Trabzon'daki günlük 400 kg ve 300 kg olan talebi karşılamak için kullanılmaktadırlar. Taşıma maliyetleri 100 kg için aşağıdaki tabloda verilmiştir. Buna göre Vogel yöntemiyle başlangıç çözümünü bulup problemin optimal çözümüne erişiniz ve sonucu yorumlayınız.

	Balıkesir	İzmir	Trabzon	Ankara
Ayvalık	300TL	110TL	-	-
Foça	420TL	100TL	-	-
Balıkesir	-	-	450TL	550TL
İzmir	-	-	470TL	530TL

40. Son sınıftaki 4 arkadaş, grup olarak yapmaları gereken 4 farklı projenin her biri için bir kişinin sorumlu olmasına karar vermişlerdir. Her bir öğrencinin farklı konulardaki bilgi ve başarı seviyeleri birbirinden farklıdır. Aşağıdaki tabloda birer performans aracı olarak kullanılmak üzere son sınavdan aldıkları notlar verilmiştir.

- Hangi projeden hangi öğrencinin sorumlu tutulacağını belirleyiniz.
- Toplamda aldıkları notları yükseltmek için aralarındaki en çalışkan öğrenci olan 3.öğrenci iki projeden birden sorumlu olabileceğini bildirirse yeni atamayı bulunuz.

	1.Proje	2.Proje	3.Proje	4.Proje
1.öğrenci	90	78	45	69
2.öğrenci	11	71	50	89
3.öğrenci	88	90	85	93
4.öğrenci	40	80	65	39

41. Bir tekstil firması 5 çeşit kumaş üretmektedir. Fabrikada dokuma ve boyama işlemleri gerçekleşmektedir. Kumaşların 3 aylık talebi sırasıyla 16, 48, 35, 21 ve 82 bin metredir. Dokunan ve boyanan kumaşlar piyasada sırasıyla 0.9, 0.8, 0.8, 1.2 ve 0.6 TL/metreye satılmaktadır. Fabrika aynı zamanda dışarıdan dokunmuş kumaş alma opsiyonuna da sahiptir. Dışarıdan dokunmuş kumaş alındığında maliyeti 0.8, 0.7, 0.75, 0.9 ve 0.7 TL/metre olmaktadır. Kumaş fabrikanın kendisi tarafından dokunursa maliyeti 0.6 TL, 0.5 TL, 0.6 TL, 0.7 TL ve 0.3 TL olmaktadır. Fabrikada A ve B tipi olmak üzere iki çeşit dokuma tezgahı bulunmaktadır. A tipi dokuma tezgahından 10 adet, B tipi dokuma tezgahından 80 adet bulunmaktadır. A tipi dokuma tezgahının üretim hızı 5 çeşit kumaş için sırasıyla 4.6, 4.6, 5.2, 3.8 ve 4.2 metre/saattir. B tipi dokuma tezgahı için de aynı hızlar söz konusudur ancak bu tezgahta sadece 3, 4 ve 5. tipte kumaşlar dokunabilmektedir. Fabrika haftada 7 gün 24 saat üretim yapmaktadır. Firmanın karını en büyükleyecek 3 aylık üretim planını oluşturmak üzere DP modelini kurunuz (1 ay = 30 gün).

42. Devlet önümüzdeki 30 yıl için elektrik kapasitesini 10 yıllık dönemler bazında planlamak istemektedir. Şu an dâhil olmak üzere 10 yılda bir kapasite genişletmesine gidilebilmektedir. DPT'nin tahminlerine göre önümüzdeki t . 10 yıllık zaman dilimi için maksimum elektrik ihtiyacı d_t olacaktır. Bu talebin tamamının karşılanması gerekmektedir. Geçmiş dönemlerde yapılmış ve kirli yöntemlerle üretim yapan enerji santralleri t . dönemde e_t kadar enerji üretebilmektedir ve önümüzdeki 30 yıl boyunca da çalışır durumda kalacakları bilinmektedir. Elektrik kapasitesini genişletmek için sadece çevreci yöntemlerle elektrik üreten tesisler kurulacaktır. Bunlardan rüzgâr ve güneş enerjilerinin kullanılması düşünülmektedir. Bu tesislerin t . dönemde kurulmaları için, megavat başına sırasıyla r_t ve g_t milyon TL yatırım gerekmektedir (sabit maliyet olmadığını varsayınız). Hiçbir dönemde kirli enerji kapasitesi toplam kapasitenin %20'sini aşmamalıdır. Kurulan rüzgâr enerjisi tesislerinin ömrü 20 yıl, güneş enerjisi tesislerininki ise 10 yıldır. Verilen parametrelerin değerleri aşağıdaki tabloda bulunmaktadır.

- Buradaki karar problemi nedir, amaç ne olmalıdır?
- Bu problemi lineer programlama modeli olarak modelleyiniz. (değişkenlerin neyi ifade ettiklerini mutlaka açık bir şekilde yazınız.)
- Modeli Σ ve $\forall$ gösterimi kullanarak yazınız.

Dönem	d_t (bin megavat)	e_t (bin megavat)	r_t (milyon TL)	g_t (milyon TL)
0-10	15	5	10	8
10-20	20	4	7	7
20-30	30	2	5	6

43. Aşağıda verilen model ile ilgili soruları cevaplayınız:

$$\begin{aligned} \text{enb.} \quad & 3x_1 + 2x_2 \\ \text{öyle ki} \quad & 2x_1 + 2x_2 \leq 5 \\ & 2x_1 + x_2 \leq 4 \\ & x_1 + 2x_2 \leq 4 \\ & \forall x_i \geq 0 \end{aligned}$$

- Modeli Grafik Yöntem ile çözünüz.
- Modelin Simpleks Yöntemi ile çözümünü bulunuz.
- x_1 ve x_2 'nin amaç fonksiyon katsayılarının hangi değer aralıkları için bu çözüm optimaldir?
- Modelin dualini bulunuz.

44. Aşağıdaki problemi dikkate alınız:

$$\text{Enb. } z = -5x_1 + 5x_2 + 13x_3$$

$$\text{Öyle ki} \quad -x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 20$$

$$12x_1 + 4x_2 + 10x_3 \leq 90$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

x_4 ve x_5 ilgili kısıtlar için gevşek değişkenler olmak üzere simpleks yöntemi aşağıdaki denklemler kümesini sonuç olarak vermektedir.

$$(0) \quad z + 2x_3 + 5x_4 = 100$$

$$(1) \quad -x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 20$$

$$(2) \quad 16x_1 - 2x_3 - 4x_4 + x_5 = 10$$

Lütfen orijinal modelde yapılan aşağıdaki dört değişikliği birbirinden bağımsız olarak inceleyerek duyarlılık analizi yapınız. Yeni en iyi çözümlerin ne olduğunu gerektiğinde primal ya da dual simpleks kullanarak bulunuz.

- Birinci kısıtın sağ taraf değerini 30 yapınız.
- x_3 'ün amaç fonksiyon katsayısını 16 yapınız.
- Aşağıdaki katsayılarla sahip yeni bir değişken (x_6) ekleyiniz.

$$\begin{bmatrix} c_6 \\ a_{16} \\ a_{26} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix}$$

- Yeni bir kısıt ekleyiniz.

$$2x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 50$$

45. Aşağıdaki problemi *iki aşamalı simpleks* yöntemini kullanarak *çözüünüz*, bulduğunuz *çözümü yorumlayınız*.

$$\text{Enb. } z = 4x_1 + 5x_2 + 3x_3$$

$$\text{Öyle ki } x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 20$$

$$15x_1 + 6x_2 - 5x_3 \leq 50$$

$$x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 30$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

46. Maçka Karakolunda 30 polis memuru çalışmaktadır. Her polis memuru haftada 5 gün çalışmaktadır ve 2 gün dinlenmektedir. Suç oranı haftanın gününe bağlı olarak değişmektedir, bu nedenle her gün ihtiyaç duyulan polis memuru sayısı o günün haftanın hangi günü olduğuna göre değişmektedir. Pazartesi 18, Salı 24, Çarşamba 25, Perşembe 16, Cuma 21, Cumartesi 28, Pazar 18 polis memuruna ihtiyaç duyulmaktadır. Polis memurları için bir çalışma çizelgesi hazırlanmak istenmektedir. Söz konusu çalışma çizelgesinde izin günleri birbirini izlemeyen (ardışık olmayan) polis memuru sayısı enküçüklenmek istenmektedir. Bu amacı gerçekleştirecek bir *DP modeli kurunuz*.

47. Işıl, okul masraflarına katkı olsun diye, haftada en az 20 saat olmak üzere iki mağazada çalışmaktadır. Işıl, birinci dükkânda haftada 5 ile 12 saat arasında, ikinci dükkânda da haftada 6 ile 10 saat arasında çalışabilmektedir. Her iki dükkândan da aynı ücreti alan Işıl, bu dükkânların hangisinde ne kadar çalışacağı konusundaki kararını iş ortamındaki stres faktörüne bağlı olarak verme arzusunda. Mevcut çalışanlarla yaptığı görüşmelerden yola çıkarak birinci dükkân için stres faktörünü 10 üzerinden 8, ikinci dükkân için de 10 üzerinden 6 olarak belirleyen Işıl'ın stresin zaman arttıkça daha da biriktiğini (kümülatif olduğunu) ve dolayısıyla hafta sonunda elde edilen toplam stresin mağazadaki çalışma süresiyle doğru orantılı olduğunu da bildiği varsayımıyla, Işıl'e her bir mağazada ne kadar çalışması gerektiği konusunda yardımcı olmak üzere

- Bir DP modeli kurunuz (Sorundaki karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Varsa işaret sınırlamalarını belirleyiniz.)
- Kurduğunuz modeli büyük M yöntemi ile çözerken oluşacak başlangıç temel olurlu çözümünü (bfs) gösterecek şekilde başlangıç tablosunu oluşturunuz. Başlangıç tablosunda temel çözüme giren ve çıkan değişkenleri gösteriniz. (Not: Lütfen sorunu tamamen çözmeye çalışıp zaman kaybetmeyin.)

48. Aşağıda taşıma maliyetleri ile arz ve talep bilgileri verilen taşıma modeli için;

- Vogel yöntemi ile başlangıç çözümü bulunuz.
- En uygun çözümü bulunuz.

		Hedef					Arz
		1	2	3	4	5	
Kaynak	1	2	4	6	5	7	4
	2	7	6	3	M	4	6
	3	8	7	5	2	5	6
	4	0	0	0	0	0	4
Talep		4	4	2	5	5	

49. Bir firma ürün yelpazesini 4 yeni ürün ile genişletmek istemektedir. Firmanın hali hazırda üretim yapan ve artık kapasitesi bulunan 3 fabrikası bulunmaktadır. Bu fabrikalarda yeni ürünleri üretmenin değişken

maliyetleri, fabrika aylık üretim kapasiteleri ve öngörülen aylık talep miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ürün 3, fabrika 2'de üretilememektedir. Bunun yanında aşırı yüksek sabit maliyetler sebebiyle, her bir ürün, fabrikalardan sadece birinde üretilmelidir. Ayrıca fabrikalardaki dinamizmi koruyabilmek adına, her fabrikada, bu yeni ürünlerden en az biri üretilmelidir. Bu problemi bir atama problemi olarak modelleyiniz ve çözünüz.

Birim Üretim Maliyetleri		Ürün				Aylık Kapasite
		1	2	3	4	
Fabrika	1	41	27	28	24	75
	2	40	29	-	23	75
	3	37	30	27	21	45
Aylık Talep		20	30	30	40	

50. Bir yük uçağının kargo taşımak için üç büyük bölümü vardır. Bu bölümlerin ağırlık ve hacim sınırlamaları şu şekildedir:

Bölüm	Ağırlık (Ton)	Hacim (m ³)
Ön	10	6800
Orta	16	8700
Arka	8	5300

Bu uçağa yüklenmek üzere hazırda bekleyen dört adet kargo vardır. Bu kargoların özellikleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

Kargo	Toplam Ağırlık (Ton)	Toplam Hacim (m ³)	Kâr (TL/ton)
K1	18	8640	310
K2	15	9750	380
K3	23	13340	350
K4	12	4680	285

Ayrıca, uçağın dengesinin sağlanması için bölümlerdeki kargoların, bölümlerin toplam ağırlık kapasitelerine oranlarının her üç bölüm için eşit olması gerekmektedir.

Bu kargoların tamamı taşınabileceği gibi, belirli bir kısmı da taşınabilir

Bu şartlar altında en yüksek kârı elde etmek için uçağa hangi kargodan kaç ton yüklenmesi gerekeceğini gösterecek bir doğrusal programlama modeli kurunuz.

51. Aşağıda verilen model ile ilgili soruları cevaplayınız:

$$\begin{aligned}
 \text{min.} \quad & x_1 + x_2 \\
 \text{öyle ki} \quad & x_1 \leq 5 \\
 & x_2 \leq 4 \\
 & \forall x_i \text{ serbest (urs)}
 \end{aligned}$$

- Modeli Grafik Yöntem ile çözünüz.
- Modeli Simpleks Yöntemi ile çözünüz.
- Modelin dualini bulunuz.

52. Aşağıda verilen model ile ilgili soruları cevaplayınız:

$$\begin{aligned}
 \text{maks.} \quad & x_1 + x_2 \\
 \text{öyle ki} \quad & x_1 \leq 5 \\
 & x_2 \leq 4 \\
 & \forall x_i \text{ serbest (urs)}
 \end{aligned}$$

- Modeli Simpleks Yöntemi ile çözünüz.
- Modelin dualini bulunuz.

53. Aşağıdaki DP modelini ele alalım:

$$\text{mak. } z = x_1 + 5x_2 + 3x_3$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 = 3$$

$$2x_1 - x_2 = 4$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

a) Modelin dualini bulunuz.

b) Primal en iyi çözümde temel değişkenlerin x_1 ve x_3 olması durumunda, dual modeli çözmeden dual en iyi çözümü (dual değişkenlerin ve dual amaç fonksiyonun değerlerini) belirleyiniz.

54-65 numaralı sorular için bilgi

"Değiştirilmiş Reklam Örneği" için DP Modeli:

x_1 : tiyatro oyununa verilen reklam sayısı

x_2 : futbol maçına verilen reklam sayısı

$$\min z = 30x_1 + 70x_2$$

$$\text{st} \quad 12x_1 + 3x_2 \geq 32 \text{ (yüksek gelirli kadınlar)}$$

$$4x_1 + 9x_2 \geq 16 \text{ (yüksek gelirli erkekler)}$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Gerekli bilgiler (Lütfen modeli çözmeyiniz, sadece bu bilgileri kullanınız):

En iyi çözüme göre birinci kısıt aktif değildir (nonbinding) ve fazlalık (excess) değeri 16'dır. İkinci kısıt ise aktiftir (binding) ve gölge fiyatı -7,5'tir.

54. Verilen DP modeline göre aşağıdaki sorudaki boşlukları doldurunuz.

Dorian yüksek gelirli kadın ve erkekler için lüks otomobil ve jeep üretmektedir. Tiyatro oyunlarına ve futbol maçlarına bir dakikalık reklam vermek istemektedir. Tiyatro oyununa verilen reklamın maliyeti \$.....dır ve yüksek gelirli kadın ve yüksek gelirli erkek tarafından izlenmektedir. Futbol maçına verilen reklamın maliyeti \$.....dır ve yüksek gelirli kadın ve yüksek gelirli erkek tarafından izlenmektedir. Dorian yüksek gelirli kadın ve yüksek gelirli erkeğe en az maliyetle nasıl ulaşır?

55. Aşağıda verilen rapordaki (yönetici özeti) boşlukları doldurunuz:

Hedeflenen kitleye ulaşmak için en az maliyetli çözüm adet reklamı tiyatro oyununa ve adet reklamı futbol maçına vermektir. Bu durumda Dorian \$ reklam masrafı yapacaktır.

56. Verilen DP modelinin dualini bulunuz. Dual modelin ekonomik yorumunu yapınız (dual modeldeki karar değişkenlerini, kısıtları ve amaç fonksiyonunu açıklayınız).

57. Dual modelin en iyi çözümü nedir? (Lütfen dual modeli çözmezsiniz, sadece dual modelin karar değişkenlerinin ve amaç fonksiyonunun en iyi çözüm değerlerini yazınız)

58. Mevcut en iyi çözüm (temel) değişmeyecek şekilde x_2 değişkeninin amaç fonksiyon katsayısı için izin verilen aralığı bulunuz. (İpucu: Dualite-Duyarlılık ilişkisinden yararlanınız)

59. Primal modeldeki karar değişkenlerinin indirgenmiş maliyetleri nedir? Neden?

60. Mevcut en iyi çözüm (temel) değişmeyecek şekilde primal modeldeki ilk kısıtın sağ taraf değeri için izin verilen aralığı bulunuz.

61. Aşağıdaki Lindo çıktısında boş bırakılan alanları doldurunuz:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE			
1)			
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
X1			
X2			
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	
2)			
3)			
RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1		1.111111	30.000000
X2			
ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2			
3		INFINITY	5.333333

62. Eğer tiyatro oyunu reklamının maliyeti \$40bin ise problemin yeni en iyi çözümü ne olur?

63. Eğer tiyatro oyunu reklamının maliyeti \$25bin ise problemin yeni en iyi çözümü ne olur?

64. Eğer Dorian 13M yüksek gelirli erkeğe ulaşmayı hedeflerse problemin yeni en iyi çözümü ne olur?

65. Dorian yarışma programlarına da reklam vermeyi planlamaktadır. Yarışma programına verilen bir dakikalık reklam ile 6 milyon yüksek gelirli kadın ve 9 milyon yüksek gelirli erkeğe ulaşabilmektedir. Yarışma programına reklam verilmesinin mantıklı olması (çözümde önerilebilmesi) için maliyetinin ne kadar olması gerekir?

66. A işletmesi özel lambalar üretmektedir. B işletmesine 2011 yılının ilk dört ayında teslim etmeyi taahhüt ettiği miktar Tablo 1'de verilmektedir. A işletmesi ayda en fazla 160 adet lamba üretimi yapmaktadır ve

lambanın tanesini 35 TL'ye üretmektedir. C şirketinden de tanesi 50TL'ye lamba satın alabilmektedir. A şirketinin aylık stokta tutma maliyeti lamba başına 5TL'dir. A şirketinin dört aylık üretim planını oluşturan doğrusal programlama modelini genel matematiksel ifadeler ($\sum, \forall$) kullanarak yazınız, modelinizde kullandığınız karar değişkenleri, parametreler ve sabitleri açık olarak ifade ediniz.

Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
Miktar	150	160	225	180

67. ABC firması ürünlerini, fabrikalarından ana bayilerine ya doğrudan ya da tek deposu üzerinden ulaştırabilmektedir. Aşağıdaki tabloda ilgili birim taşıma maliyetleri ile haftalık kapasite ve talepler verilmiştir. Her iki fabrikasından da depoya gönderim maliyeti ürün başına 15TL'dir. Firma, müşterilerinin taleplerini minimum maliyetle karşılamak istemektedir. Buna uygun taşıma modelini kurup başlangıç çözümünü Vogel yöntemi ile bulunuz. Ulaşım simpleksi yöntemi ile 1 iterasyon ilerleyiniz ve bulduğunuz çözümü yorumlayınız.

Birim taşıma maliyetleri			
	Bayi 1	Bayi 2	Kapasite
Fabrika 1	25 TL	30 TL	400
Fabrika	45 TL	23 TL	600
Depo	11 TL	14 TL	-
Talep	160	700	

68. Aşağıdaki problemi ele alalım

$$Z = 2x_1 - x_2 + x_3$$

öyle ki

$$3x_1 - 2x_2 + 2x_3 \leq 15$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 \leq 3$$

$$x_1 - x_2 + x_3 \leq 4$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Gevşek değişkenlere x_4, x_5 ve x_6 isimlerini verdiğimizde, aşağıdaki optimal tablo elde edilmektedir.

$$(0) Z + 2x_3 + x_4 + x_5 = 18$$

$$(1) x_2 + 5x_3 + x_4 + 3x_5 = 24$$

$$(2) 2x_3 + x_5 + x_6 = 7$$

$$(3) x_1 + 4x_3 + x_4 + 2x_5 = 21$$

Bu durumda aşağıdaki durumları bağımsız olarak inceleyiniz. En iyi çözümün değişip değişmediğini ve değişiyorsa yeni çözümün ne olacağını belirtiniz.

- Yukarıdaki modelde ??? yerine ne yazılmalıdır? (Problem en büyükleme midir, en küçükleme midir?) Nedenini açıklayınız.
- $2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 60$ şeklinde yeni bir kısıt ekleyiniz.
- $c_1 = 1$ olarak değiştiriniz.

69. XYZ firması yeni 4 modeli piyasa sürmek istediği için otomobil montaj fabrikalarında ciddi bir değişikliğe gitmeyi planlamaktadır. Her bir model sadece 1 fabrikada üretilmelidir. Aşağıdaki tabloda milyon TL olarak her bir fabrikanın yeni modeli üretmek için dönüştürülme maliyetleri verilmiştir. "-" olarak gösterilen hücreler o modelin o fabrikada üretilmeyeceğini göstermektedir. Minimum maliyetli planı veren atamayı yapınız.

	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Fabrika 5
Model1	18	26	-	31	-
Model2	-	50	22	-	30
Model3	40	29	52	39	-
Model4	-	-	43	46	35

70. Bir fakülte dekanı güz döneminde açılacak olan dersleri planlamaktadır. Öğrencilerden gelen talepler doğrultusunda en az 30 lisans ve 20 yüksek lisans dersinin açılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Fakülte yönetmeliğine göre ise bir dönemde toplamda en az 60 ders açılmalıdır. Bir lisans dersinin fakülteye ortalama maliyeti 2500TL'dir ve yüksek lisans için bu maliyet ders başına 3000TL olmaktadır. Fakültenin bütçesini enküçükleme için güz döneminde kaç lisans ve yüksek lisans dersi açılması gerektiğini verecek DP modelini kurunuz. (Karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Gerekliyorsa işaret kısıtlarını belirtiniz. Lütfen problemi çözmeye çalışmayınız.)

71. Bir şirket önümüzdeki beş ayda müşteri taleplerini karşılaması gerekmektedir. Bu yüzden i . ayın sonunda d_i adet ürünü teslim etmelidir ($i = 1, \dots, 5$ için d_i değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir). Herhangi bir ay içinde 100 TL'ye üretilen ürün, söz konusu ayın talebini karşılamak için kullanılabilir. Ancak stokta tutulan her ürün için aylık 5 TL stokta tutma maliyeti vardır. Birinci ayın başında 3 ürün bulunmaktadır. Şirket i . ayda x_i adet, $i+1$. ayda x_{i+1} adet üretiyorsa, üretim hızının değişmesinden dolayı $40 * |x_{i+1} - x_i|$ TL'lik bir maliyet daha ortaya çıkmaktadır. Beş aylık süreç için şirketin toplam maliyetini enküçükleyen, üretim ve stokta tutma miktarlarını veren doğrusal programlama modelini oluşturun. Beş aylık sürecin sonunda stokta kalan malzemenin satış değerinin ya da stokta tutma maliyetinin olmadığını farz edin. (Karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Gerekliyorsa işaret kısıtlarını belirtiniz. Lütfen problemi çözmeye çalışmayınız.)

Aylar	1	2	3	4	5
d_i	15	17	19	11	7

72. Maks $z = 100[67 - (x_A + x_B + x_C)]$

Öyle ki;

$$x_A + x_B + x_C \leq 67$$

$$3x_A \geq 40$$

$$10x_C \leq 70$$

$$5x_D \geq 60$$

$$(3x_A + 7x_B + 10x_C + 5x_D)/5 \geq 50$$

$$x_A + x_B + x_C = 1,5 x_D$$

$$x_A, x_B, x_C \geq 0; x_D \text{ urd (serbest değişken)}$$

Yukarıda verilen DP modelini;

- Standart biçime getiriniz.
- Büyük M yöntemi ile çözmek için başlangıç tablosunu oluşturunuz.
- Başlangıç tablosunun en iyi olup olmadığını kontrol ediniz. En iyi değil ise ilk iterasyon için hangi temel dışı değişkenin temel, hangi temel değişkenin temel dışı olacağını belirleyiniz (ilk iterasyon işlemlerini yapmayınız)

73. maks $z = 3x_1 - 6x_2 + x_3$

Öyle ki;

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 8$$

$$2x_1 - x_2 = 5$$

$$-x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 7$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Yukarıdaki DP modelinin 2-Aşamalı simpleks ile çözümünde ilk aşama sonucunda elde edilen tablo aşağıda verilmiştir. Bu tabloya göre gerekliyse ikinci aşamaya geçerek problemi çözünüz.

W	x_1	x_2	x_3	e_1	a_1	a_2	s_3	ST
1	0	0	0	0	-1	-1	0	0
0	0	1	2/3	-2/3	2/3	-1/3	0	11/3
0	1	0	1/3	-1/3	1/3	1/3	0	13/3
0	0	0	1/3	5/3	-5/3	4/3	1	1/3

74. Transco, transistor üreten bir firmadır. Transistor üretimindeki en önemli süreç transistorun temel bileşeni olan germanyumun fırında eritilmesidir. Eritme faaliyeti sonucunda farklı kalitelerde erimiş germanyum elde edilir.

Germanyumu eritmek için iki yöntem kullanılır; 1. yöntemin transistor başına maliyeti 50TL iken 2. yöntemin transistor başına maliyeti 70TL'dir. 1. ve 2. yöntemlerin sonucunda elde edilen erimiş germanyumların kalitesi Tablo 1'de görülmektedir. 1. derece düşük kaliteyi, 4. derece mükemmel kaliteyi gösterir. Germanyumun kalitesi üretilen transistorun kalitesini gösterir.

Erimiş germanyumun kalitesi yeniden ısıtma işleminden geçirilerek arttırılabilir. Bir transistor için erimiş germanyumu yeniden ısıtma işleminin maliyeti 25 TL'dir. Yeniden ısıtma işleminin sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Transco ayda en fazla 20.000 transistor üretmek üzere, gerekli olan germanyumu eritmek ve yeniden ısıtmak için yeterli fırın kapasitesine sahiptir. Transco'nun 4. derecede transistor için aylık talebi 1000, 3. derece için 2000, 2. derece için 3000 ve 1. derece için 3000'dir. Talepleri karşılamak için üretim maliyetini enküçükleyen DP modelini genel halde ($\sum$ ve $\forall$ kullanarak) kurunuz.

Tablo 1. Eritme Sonucunda Elde Edilen Kalite Dereceleri (%)

Erimiş Germanyumun Kalite Derecesi	Eritme Yöntemi	
	1.Yöntem	2.Yöntem
Hatalı	30	20
1	30	20
2	20	25
3	15	20
4	5	15

Tablo 2. Yeniden Isıtma Sonucunda Elde Edilen Kalite Dereceleri (%)

Yeniden Isıtma Sonucunda Elde Edilen Kalite	Yeniden Isıtılan Germanyumun Kalite Derecesi			
	Hatalı	1.Derece	2.Derece	3.Derece
Hatalı	30	0	0	0
1	25	30	0	0
2	15	30	40	0
3	20	20	30	50
4	10	20	30	50

75. Aşağıdaki DP modeli için;

$$\text{enk } z = 5x_1 + 3x_2 - 2x_3$$

öyle ki;

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 4$$

$$\begin{aligned}
2x_1 + 3x_2 - x_3 &\geq 9 \\
x_2 + x_3 &\leq 5 \\
x_1, x_2, x_3 &\geq 0
\end{aligned}$$

En iyi Tablo:

Z	x ₁	x ₂	x ₃	e ₁	a ₁	e ₂	a ₂	s ₃	STD	TD
1	-2,5	0	0	0	-M	-1,25	1,25-M	-0,75	7,5	Z = 7,5
	-0,5	0	1	0	0	0,25	-0,25	0,75	1,5	x ₃ = 1,5
	0,5	1	0	0	0	-0,25	0,25	0,25	3,5	x ₂ = 3,5
	-1	0	0	1	-1	0	0	1	1	e ₁ = 1

Lindo çıktısı:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3
 OBJECTIVE FUNCTION VALUE
 1) 7.500000
 VARIABLE VALUE REDUCED COST
 X1 0.000000 A
 X2 3.500000 0.000000
 X3 B 0.000000
 ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES
 2) 1.000000 0.000000
 3) 0.000000 -1.250000
 4) C D
 NO. ITERATIONS= 3
 RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:
 OBJ COEFFICIENT RANGES
 VARIABLE CURRENT COEF ALLOWABLE INCREASE ALLOWABLE DECREASE
 X1 5.000000 INFINITY 2.500000
 X2 3.000000 E F
 X3 -2.000000 1.000000 5.000000
 RIGHTHAND SIDE RANGES
 ROW CURRENT RHS ALLOWABLE INCREASE ALLOWABLE DECREASE
 2 4.000000 1.000000 INFINITY
 3 9.000000 6.000000 14.000000
 4 5.000000 INFINITY 1.000000

Aşağıdaki soruları en iyi tablo ve lindo çıktısına göre cevaplayınız (Her şık birbirinden bağımsızdır, verdiğiniz cevapları açıklayınız, hesaplamaları gösteriniz):

- Lindo çıktısındaki A, B, C,D değerlerini belirleyiniz.
- Lindo çıktısındaki E ve F değerlerini belirleyiniz.
- x₃'ün amaç fonksiyonundaki katsayısı (mevcut -2) -1 olursa yeni Z kaç olur?
- İkinci kısıtın sağ taraf değeri (mevcut 9) 16 olursa yeni Z kaç olur?
- Tüm kısıtların sağ taraf değerleri b = [3; 10; 4,5]^T olarak değiştirilirse mevcut temel çözüm değişir mi? Değişmez ise yeni Z kaç olur?

76. Aşağıdaki doğrusal programlama modelini grafik yöntem ile çözünüz. En iyi çözümdeki z, x₁, x₂ ve x₃ değerlerini belirleyiniz. (İpucu: Tümler Gevşeklik Teoreminden faydalanınız)

$$\begin{aligned}
\text{maks } z &= 6x_1 + 4x_2 + 20x_3 \\
\text{öyle ki;} \\
2x_1 + x_2 + 2x_3 &\leq 5 \\
x_1 + x_2 + 10x_3 &\leq 1 \\
x_1, x_2, x_3 &\geq 0
\end{aligned}$$

77. Aşağıdaki DP modeline göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

$$\text{maks } z = 2x_1 + x_2 + x_3$$

öyle ki;

$$\begin{aligned} x_1 + x_3 &\leq 1 \\ x_2 + x_3 &\leq 2 \\ x_1 + x_2 &\leq 3 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 \end{aligned}$$

- x_1, x_2 ve x_3 temel değişkenleri ile elde edilen temel çözümün en iyi olduğunu gösteriniz. En iyi çözümü bulunuz.
- Her kısıtın sağ taraf değerinin negatif olmayan bir k sabiti ile çarpılması sonucunda elde edilen yeni en iyi sonucun, orijinal en iyi çözümdeki tüm temel değişkenlerin değerlerinin k ile çarpılmasına eşit olduğunu gösteriniz.
- İkinci kısıt sağ taraf değeri için en iyi temel çözümü değiştirmeyecek değişim aralığını bulunuz.
- Modele yeni bir karar değişkeni (x_4) eklendiğinde model aşağıdaki hali almaktadır. Yeni en iyi çözüm ne olur?

$$\text{maks } z = 2x_1 + x_2 + x_3 + 2,5x_4$$

öyle ki;

$$\begin{aligned} x_1 + x_3 + 2x_4 &\leq 1 \\ x_2 + x_3 - x_4 &\leq 2 \\ x_1 + x_2 &\leq 3 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

$$\text{İpucu: } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

78. Metal A.Ş. üç tip alaşımı kullanarak iki tip (A ve B) ürün üretmektedir. Alaşımlar farklı oranlarda kalay, çinko ve kurşun içermektedir (yüzdelere aşağıdaki tabloda verilmiştir). A ürününde en fazla %50 kalay ve en az %30 kurşun olmalıdır. B ürününü ise %35 oranında çinko içermelidir.

	1. Alaşım	2. Alaşım	3. Alaşım
Kalay yüzdesi	60	25	45
Çinko yüzdesi	10	15	45
Kurşun yüzdesi	30	60	10
Maliyet (TL/kg.)	22	20	25

Firma alaşımları tabloda verilen fiyatlara temin edebilmektedir. Her alaşımdan aylık en fazla 400 kg. temin edilebilir. Metal A.Ş.'nin A ve B ürünleri için aylık talepleri 700'er kg.'dır. Firma bu talepleri karşılayamazsa A ürünü için 30TL/kg.; B ürünü için ise 35TL/kg. ceza ödeyecektir.

Firmanın toplam maliyetlerini (alaşım satın alma ve talepleri karşılayamama) en küçükleyecek DP modelini kurunuz.

79. Bir müzayede şirketi dört değerli resmi satmak için dört müşteriden teklif almıştır. Müşterilerin teklifi tabloda verilmiştir. Müşteri 1, iki resim almak istemektedir. Diğerleri ise en fazla bir resim alacaktır.

	Teklifler (1.000TL)			
Müşteri	1. Resim	2. Resim	3. Resim	4. Resim
1	8	11	-	-
2	9	13	12	7
3	9	-	11	-
4	-	-	12	9

- a) Müzayede şirketinin gelirlerini en büyükmek için hangi resmi hangi müşteriye satması gerektiğini bulmak üzere atama tablosunu oluşturunuz.
- b) (a) şıkında oluşturduğunuz atama problemini Macar yöntemi ile çözünüz.

80. Aşağıdaki DP problemi verilsin:

$$\text{Min } Z = 2x_1 + 3x_2 + 2x_3,$$

Öyle ki;

$$x_1 + 4x_2 + 2x_3 \geq 8$$

$$3x_1 + 2x_2 \geq 6$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

e_1 ve e_2 kısıtlar için gevşek değişkenler; a_1 ve a_2 ise kısıtlar için yapay değişkenlerdir.

Problem Büyük M yöntemi ile çözmek için maksimizasyon problemine dönüştürülmüş ve gerekli işlemler yapılarak aşağıdaki başlangıç tablosu elde edilmiştir:

Z	x_1	x_2	x_3	e_1	a_1	e_2	a_2	ST	TD
-1	$-4M+2$	$-6M+3$	$-2M+2$	M	0	M	0	$-14M$	$-z = -14M$
0	1	4	2	-1	1	0	0	8	$a_1 = 8$
0	3	2	0	0	0	-1	1	6	$a_2 = 6$

Yukarıdaki tabloya Simpleks algoritması uygulandığında aşağıdaki en iyi tablo elde edilmiştir.

Z	x_1	x_2	x_3	e_1	a_1	e_2	a_2	ST	TD
-1					M-0,5		M-0,5		$-z =$
0					0,3		-0,1		$x_2 =$
0					-0,2		0,4		$x_1 =$

Yukarıdaki tabloya göre düzeltilmiş simpleks yöntemindeki formülleri kullanarak boşlukları doldurunuz. Yaptığınız işlemleri gösteriniz. (Klasik simpleksle yapılan çözümler kabul edilmeyecektir)

81. Aşağıda verilen ulaştırma probleminin çözümünde temel değişkenler $x_{11}, x_{12}, x_{23}, x_{31}, x_{33}, x_{43}$ ve x_{44} olarak bulunmuştur.

	1	2	3	4	Arz
1	9	7	12	8	18
2	15	12	12	15	4
3	8	9	6	12	6
4	14	12	11	12	12
Talep	6	14	15	5	

- Bu çözüm temel bir çözüm müdür?
- Bu çözümün en iyi çözüm olduğunu gösteriniz.
- Verilen ulaştırma probleminin doğrusal programlama modelini ve dualini yazınız.
- Dual problemin en iyi çözümü nedir?
- c_{43} 'ün değeri 11'den 13'e çıkarsa, mevcut çözüm hâlâ en iyi çözüm müdür? Değilse en iyi çözümü bulunuz.
- Eğer 2'nin arzı ve 4'ün talebi 2'şer birim artarsa en iyi çözüm ne olur?

82. FSK şirketi; P1, P2 ve P3 adındaki ürünlerini, M1 ve M2 makinelerinde üretmektedir. Her ürün her iki makinede de işlenme sırası önemli olmaksızın işlenmelidir. Makineleri operatörler çalıştırmaktadır. Bir makineyi bir saat çalıştırabilmek için 0.5 adam-saatlik operatör zamanı gerekmektedir. Ürünlerin birim karları sırasıyla 8 TL, 11 TL ve 7 TL'dir. Makinelerin sırasıyla 40 ve 30 saatlik kapasiteleri ve toplamda 30 adam-saatlik operatör zamanı bulunmaktadır. Aşağıdaki tablo makinelerde bir saatte kaç ürün yapılacağını göstermektedir

	P1	P2	P3
M1	4	6	9
M2	7	3	13

Ek olarak, 2. üründen en az 15 tane üretilmesi gerekmektedir. FSK'nın karını enbüyüklemeyi amaçlayan bir DP modelini kurunuz. (Karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Gerekliyorsa işaret kısıtlarını belirtiniz. Lütfen problemi çözmeye çalışmayınız.)

83. Aşağıdaki DP modelini Simpleks Yöntemi ile çözünüz ve çözümünüzü yorumlayınız.

$$\begin{aligned} \text{maks } z &= 4x_1 + x_2 \\ \text{öyle ki } 2x_1 + 3x_2 &\leq 4 \\ x_1 + x_2 &\leq 1 \\ 4x_1 + x_2 &\leq 2 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

84. Aşağıdaki DP modelini iki aşamalı simpleks yöntemi kullanarak çözünüz ve çözümünüzü yorumlayınız.

$$\begin{aligned} \text{min } z &= 3x_1 \\ \text{öyle ki } 2x_1 + x_2 &\geq 6 \\ 3x_1 + 2x_2 &= 4 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

85. Bir bankanın hem tam zamanlı hem de yarı zamanlı çalışan veznedarları bulunmaktadır. Banka hafta içi her gün 9-17 saatleri arasında açıktır. Tam zamanlı veznedarlar 9-17 saatleri arasında bir saatlik yemek molası dışında çalışmak zorundadırlar ve günde 64 TL almaktadırlar. Tam zamanlı veznedarlar için yemek molası ya 12-13 ya da 13-14 saatleri arasında olabilir. Yarı zamanlı veznedarlar ise yemek molası yapmadan her iş günü en az 3, en fazla 4 ardışık saat çalışmak zorundadırlar ve saat başına 5 TL almaktadırlar. Yarı zamanlı çalışan sayısı en fazla 5 olmalıdır. Bankanın saatlere göre veznedar gereksinimi aşağıdaki tabloda verilmektedir. Maliyeti enküçükleyen bir DP modeli kurunuz (Karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Gerekliyorsa işaret kısıtlarını belirtiniz. Lütfen problemi çözmeye çalışmayınız).

Saat	Veznedar Gereksinimi
09:00-10:00	4
10:00-11:00	3
11:00-12:00	4
12:00-13:00	6
13:00-14:00	5
14:00-15:00	6
15:00-16:00	8
16:00-17:00	8

86. Aşağıda verilen DP'yi göz önüne alınız

$$\begin{aligned} \text{maks } z &= 2x_1 + 4x_2 + 3x_3 + x_4 \\ \text{öyle ki } 3x_1 + x_2 + x_3 + 4x_4 &\leq 12 \\ x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 &\leq 7 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 - x_4 &\leq 10 \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

Bu DP'nin en iyi çözümü: $z = 42$; $x_1 = 0$; $x_2 = 10,4$; $x_3 = 0$; $x_4 = 0,4$

- DP'nin dualini bulunuz.
- Verilen en iyi çözümü ve tümler gevşeklik koşullarını kullanarak dual modelin çözümünü bulunuz.
- Dual model çözümünü kullanarak primal model için gölge fiyatları ve indirgenmiş maliyetleri bulunuz.

87. ATK-Sugar, şeker ve çikolata ile üç tip şekerleme üretmektedir. Birinci tip şekerlemede 1 birim şeker ve 2 birim çikolata bulunmaktadır. İkinci tip şekerlemede 1 birim şeker ve 3 birim çikolata bulunmaktadır. Üçüncü tip şekerlemede ise 1'er birim şeker ve çikolata bulunmaktadır. Şekerlemelerden elde edilen kar sırasıyla 3, 6 ve 4 TL'dir. Firmanın elinde 50 birim şeker ve 80 birim çikolata vardır. x_i , i'nci tip şekerlemekten üretilen miktar olmak üzere ($i = 1,2,3$); ATK-Sugar aşağıdaki DP'yi çözerek karını enbüyükleyebilir:

$$\text{maks } z = 3x_1 + 6x_2 + 4x_3$$

$$\text{Öyle ki: } x_1 + x_2 + x_3 \leq 50$$

(şeker kısıtı)

$$2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 100$$

(çikolata kısıtı)

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Verilen DP'nin en iyi çözümünde x_2 ve x_3 temel değişkenlerdir ve $Z = 260$, $x_1 = 0$, $x_2 = 30$, $x_3 = 20$ 'dir. Buna göre aşağıdaki soruları simpleks yöntem kullanarak cevaplayınız.

$$\text{Yardım : } \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} -1/2 & 1/2 \\ 3/2 & -1/2 \end{bmatrix}$$

- Birinci tip şekerlemenin karı 4TL olursa yeni en iyi çözüm ne olur?
 - Üçüncü tip şekerlemenin hangi kar değerleri için mevcut temel çözüm en iyi kalacaktır? Eğer üçüncü tip şekerlemenin karı 7 TL olursa, ATK-Sugar'ın yeni en iyi çözümü ne olur?
 - Firmanın elindeki şeker miktarı hangi değerler arasında olursa mevcut temel çözüm en iyi olarak kalır?
 - Firmanın elinde 70 birim şeker olsaydı, toplam karı ne olurdu? Her bir şekerleme tipinden firma kaç tane üretti?
 - Firma içerisinde iki birim şeker ve bir birim çikolata olan yeni bir şekerleme üretmeyi planlamaktadır. Yeni şekerlemenin birim karı 5 TL ise, bu ürünü üretmek karlı olur mu? Karlı olur ise firmanın yeni üretim planını oluşturunuz. Karlı olmazsa karlı olabilmesi için bu şekerlemenin fiyatı ne kadar olmalıdır?
88. Yeni bir arama motoru kuran bir kişi, kurduğu sitedeki reklamlarla para kazanmayı planlamaktadır ve kişisel bağlantıları ile yerel birer market olan A, B ve C'nin reklamlarını sitesinde yayınlamaya karar vermiştir. A, B ve C marketleri ise reklamlarının sadece 4 anahtar kelime arandığında, kullanıcılara önerilmesini bildirmiştir: market - alışveriş - perakende - ucuzluk
- Daha önceki deneyimlerinden yola çıkan site sahibi, market kelimesi için 35000, alışveriş kelimesi için 25000, perakende kelimesi için 15000 ve ucuzluk kelimesi için 5000 arama yapılmasını beklemektedir. Ayrıca, tahminlerine göre kullanıcıların %20'si kendilerine gösterilen reklama tıklayacaklardır. A, B ve C tıklanan her reklam için aşağıdaki ödemeyi yapmaktadır

	Market	Alışveriş	Perakende	Ucuzluk
A	2	3	11	7
B	1	2	6	1
C	5	8	15	9

A, B ve C'nin kendi sitelerinin kaldırabileceği belirli bir yoğunluk kapasitesi vardır. A en fazla 6000, B en fazla 2000, C en fazla 9000 siteye girişi kaldırabilmektedir.

Kelimelerin her aranmasıyla sadece bir firmanın reklamı verilebilmektedir. Site sahibi gelirini en büyükmek için hangi kelimenin kaç arama sayısında hangi firmanın reklamı çıkması gerektiğine karar vermek istemektedir.

- Problemi Ulaştırma sorunu olarak tanımlayarak dengeli ulaştırma tablosunu oluşturunuz.
- Vogel'in Yaklaşımı (VAM) yöntemi ile bir başlangıç temel olurlu çözüm bulunuz.

89. İTÜ Endüstri Müh. Bölüm Başkanı iki öğretim üyesine (A ve B) üç yeni dersi paylaşacaktır. Bir öğretim üyesine en fazla iki ders verilebilir. Öğretim üyeleri ile yapılan görüşmeler neticesinde dersleri vermek isteme dereceleri aşağıdaki tablodaki gibi oluşturulmuştur. Değerlendirme 1-10 ölçeğinde yapılmış olup; 10: öğretim üyesinin o dersi çok istediğini, 1: hiç istemediğini göstermektedir. Tabloda (--) kısımlar bölüm başkanının o ders için o öğretim üyesini görevlendirmek istemediği ifade etmektedir.

Öğretim Görevlileri	Dersler		
	END500	END501	END502
A	8	10	7
B	4	8	--

- a) Bölüm başkanının derslere öğretim görevlilerini atamasına yardım etmek için toplam istekliliği en büyükecek atama sorununu tanımlayınız (Atama tablosunu oluşturunuz).
- b) Kurduğunuz atama sorununu Macar Yöntemi kullanarak çözünüz. Hangi öğretim görevlisi hangi derse atanmalıdır? Toplam isteklilik ne olur?
90. Kağıt geri dönüşümü yapan bir firma kullanılmış karton, gazete kağıdı ve kitap kağıdı işleyerek farklı kağıt yapımına uygun kağıt hamuru üretmektedir. Kullanılmış kağıtların alış fiyatları karton için 5 TL/ton, gazete kağıdı için 8TL/ton ve kitap kağıdı için 10TL/ton'dur. Bu kağıtların ilk işlemleri sonucunda elde edilen kağıt hamuru oranları şu şekildedir: kartondan %15; gazete kağıdından %30 ve kitap kağıdından %40. Sonraki aşamada kağıt hamuru iki işlemten biri ile işlenebilir: su ile arındırma veya kesme ile ayırma. Su ile arında işlemi 20TL/tondur ve işlem gören hamurun %10'u zayi olur (giren hamurun %90'ı sonraki aşamada kullanılabilir). Kesme ile ayırma işleminin maliyeti ise 15TL/tondur ve işlem gören hamurun %20'si zayi olur. Firmanın su ile arındırma kapasitesi günlük 2000 ton; kesme ile ayırma kapasitesi ise 3000 tondur (kapasite işleme giren hamur miktarına göre belirlenmiştir). Firmanın günlük 2200 tonluk talebini karşılaması için hangi kullanılmış kağıt cinsinden ne kadar alacağına ve hangi işlemi (arındırma ve ayırma) ne kadar kullanacağına karar vermek istemektedir. Son oluşan kağıdın kalitesi gereği toplam kullanılan kullanılmış kağıdın en az %30'u kitap kağıdı olmalıdır. Ayrıca firma su ile arındırma ve kesme ile ayırma kapasitelerinin her biri için en az %50'sinin kullanılmasını istemektedir. Bu şartlarda firmanın maliyetlerini en küçükleyecek DP modelini kurunuz. Karar değişkenlerini, amaç fonksiyonunu ve kısıtları açıklayarak tanımlayınız.
91. Aşağıda bir projenin kritik yolunu bulabilmek için kurulmuş DP'nin Lindo kodları ve çözüm raporu verilmiştir. Buna göre soruları cevaplayınız.
- a) Proje ağını çiziniz ve faaliyet sürelerini ağ üzerinde gösteriniz.
- b) Proje faaliyetlerini ve öncelik ilişkilerini bir tabloda gösteriniz.
- c) Proje kritik yolunu belirleyiniz. Proje en kısa ne kadar sürede bitirilebilir?
- d) Tüm faaliyetler için en olası (m), en iyimser (a) ve en kötümser (b) faaliyet sürelerini; m = önceki aşamada bulunan faaliyet süresi, a = 0,7m ve b = 1,3m kabul ederek projenin 15 günden önce bitirilme olasılığını hesaplayınız.

Lindo kodu

```
min x7-x1
st
A) x2-x1 > 2
B) x3-x1 > 4
Y1) x3 - x2 > 0
C) x4-x2 > 1
D) x6-x3 > 5
Y2) x4 - x3 > 0
E) x6-x4 > 7
F) x7-x6 > 5
G) x5-x2 > 8
H) x7-x5 > 3
End
```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 7
OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16.00000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X7	16.000000	0.000000
X1	0.000000	0.000000
X2	3.000000	0.000000
X3	4.000000	0.000000
X4	4.000000	0.000000
X6	11.000000	0.000000
X5	13.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
A)	1.000000	0.000000
B)	0.000000	-1.000000
Y1)	1.000000	0.000000
C)	0.000000	0.000000
D)	2.000000	0.000000
Y2)	0.000000	-1.000000
E)	0.000000	-1.000000
F)	0.000000	-1.000000
G)	2.000000	0.000000
H)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 7

92. Aşağıdaki DP'yi dual simpleks yöntemi ile çözünüz.

$$\text{Min } z = 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 + 6x_4$$

$$\text{Öyle ki ; } 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 \geq 3$$

$$-x_1 + x_2 - x_3 + 3x_4 \leq -2$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

93.

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & -2x_1 + 2x_2 + x_3 - 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 + 2x_7 \\ \text{Öyle ki;} \quad & -x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - x_5 - x_6 + x_7 = 4 \\ & 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 4x_4 + 3x_5 - 4x_6 + x_7 = 12 \\ & -x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 - 2x_5 + 3x_7 = 7 \\ & x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0 \end{aligned}$$

Yukarıda verilen DP için BV={x₁, x₂, x₃} temeline karşılık gelen düzeltilmiş simpleks tablosu aşağıda verilmiştir:

	3	0	-1	5
x ₁	-0,5	0,25	0	1
x ₂	1,5	0,25	-1	2
x ₃	-1	0	1	3

- Verilen temel çözümün en iyi olmadığını temel dışı değişkenlerin indirgenmiş maliyetlerini hesaplayarak gösteriniz.
- Düzeltilmiş simpleks yöntemini bir adım yürüterek yeni bir temel olurlu çözüm bulunuz. Bu çözüm için düzeltilmiş simpleks tablosunu oluşturunuz. Bu çözümün en iyi olup olmadığına karar veriniz.

94. Gimignano şirketi 1000 kiloluk partiler halinde sosis üretmektedir. Sosis, tavuk ve siğir eti içerir. Tavuk etinin kilo başına maliyeti 30 TL, siğir etinin kilo başına maliyeti 50 TL'dir. Sosis karışımında, tavuk etinin siğir etine oranı en az ikiye bir olmalıdır. Her parti aşağıdaki içerik şartlarını sağlamalıdır

- En az 500 kilo tavuk içermeli
- En az 200 kilo siğir eti içermeli

Şirket maliyetini minimize edecek en uygun karışımı bulmak istemektedir.

a) DP modelini kurunuz (karar değişkenleri, amaç ve kısıtlar nelerdir? Varsa işaret sınırlarını belirtiniz)

b) İçerik şartlarının olmadığı varsayarak sorunu iki aşamalı simpleks yöntemiyle çözünüz.

95. Aşağıda GAMS kodları verilen sorun için kapalı formda DP modeli yazınız.

```
sets
    i          fabrika indisi          / FAB1,FAB2,FAB3 /
    j          eleme tesis indisi      / EL1, EL2 /;

scalar  TM      birim taşıma maliyeti  /3/;

parameters
    U(i)        i. Fabrika üretim miktarı
    / FAB1      700
      FAB2      600
      FAB3      200/

    KE(j)       j. eleme tesisi kapasitesi
    / EL1       700
      EL2       800 /

    M(j)        j. eleme tesisindeki eleme maliyeti
    / EL1       20
      EL2       30 /;

table DF(i,j)  i fabrikadan j eleme tesisine olan mesafe
               EL1      EL2
    FAB1       30       5
    FAB2       36       42
    FAB3       20       34 ;

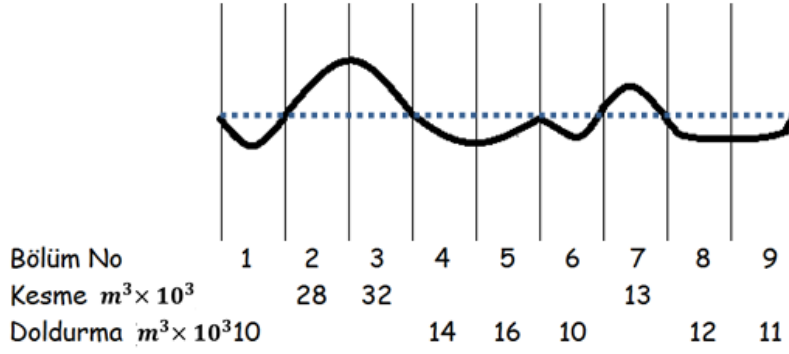
positive variable
    X(i,j)      i. fabrikadan j. eleme tesisine gönderilecek urun miktarı;
variable
    Z           toplam taşıma ve eleme maliyetleri;

equations
    amac          toplam maliyet
    TopFabur(i)   toplam üretilen urun miktarı
    ElTesKap(j)   Eleme tesis kapasiteleri ;

amac..  Z =e= sum((i,j), TM* DF(i,j) * X(i,j))+ sum(j, M(j) * sum(i,X(i,j)));
TopFabur(i)..  sum(j, X(i,j)) =e= U(i);
ElTesKap(j)..  sum(i, X(i,j)) =l= KE(j);

model vize1 /all/;
solve vize1 using lp minimizing Z;
```

96. Bir otoyol inşasında yolun bazı bölümlerinde arazi değişikliği yapılması gerekmektedir. Bu çalışma ile arazinin bazı kısımlarındaki toprak çıkarılacak ve bazı kısımlarına toprak doldurulacaktır. Böylece otoyolun geçeceği arazi profilinin daha düz olması sağlanacaktır. Mevcut arazi profili (düz çizgi) ve bitmiş profil (kesikli çizgi) aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



Şekle göre otoyol arazisi dokuz bölüme ayrılmıştır. Örneğin, Bölüm 1'e $10 \times 10^3 m^3$ toprak doldurma işlemi gerekirken; Bölüm 2'deki $28 \times 10^3 m^3$ toprak çıkarılmalıdır. Çıkarma işlemi için m^3 başına 8 TL yükleme maliyeti ve doldurma işlemi için m^3 başına 12 TL sıkıştırma maliyeti oluşmaktadır. Ayrıca toprakların bir bölümden diğerine taşınma maliyeti bölüm m^3 başına 2 TL'dir (Örneğin 3 m^3 toprak Bölüm 2'den Bölüm 6'ya taşınırsa $2 \times 3 \times 4 = 24$ TL taşıma maliyeti oluşur). En düşük maliyet ile ne kadar toprağın nereden nereye taşınması gerektiğini belirlemek üzere bir DP modeli kurunuz.

97. Aşağıdaki kısıtları tanımlayan doğrular grafikte yer almaktadır:

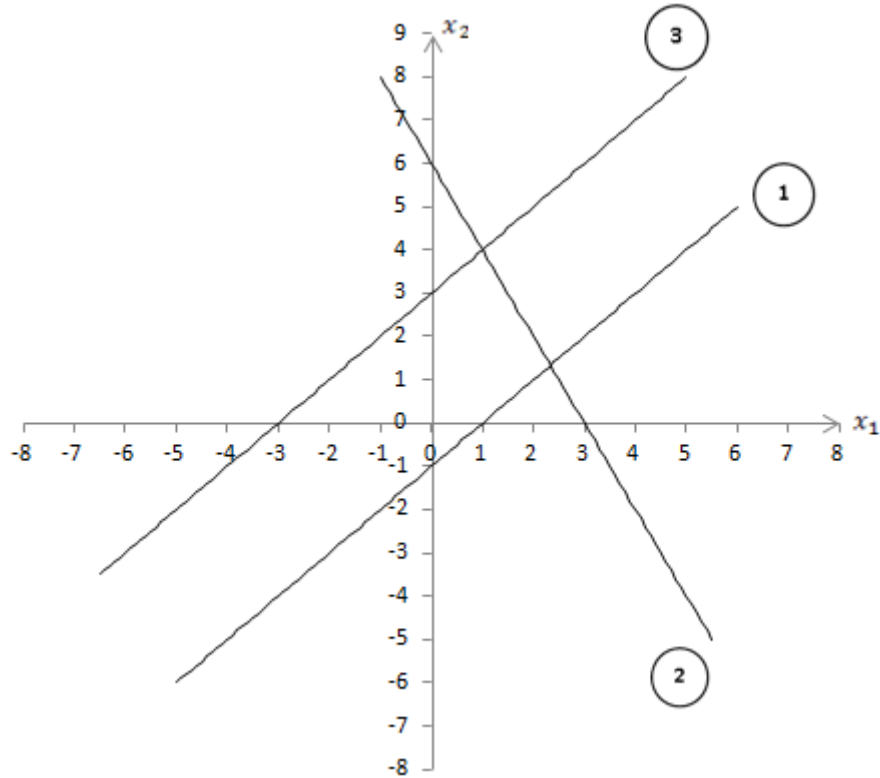
$$x_2 - x_1 \geq -1 \quad (1)$$

$$x_2 + 2x_1 \leq 6 \quad (2)$$

$$x_2 - x_1 \leq 3 \quad (3)$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

a) Kısıtların oluşturduğu olurlu bölgeyi gösteriniz.



- b) En iyi çözüm $(x_1, x_2) = (1, 4)$ noktası olacak şekilde bir amaç fonksiyonu yazınız.
c) $(x_1, x_2) = (2, 1)$ noktası en iyi çözüm olacak şekilde bir amaç fonksiyonu yazınız.

98. Ders notlarındaki Oranj meyve suyu örneğinin DP modeli ve en iyi çözümü aşağıda verilmiştir. Buna göre;

a. DP modelinin dualini yazınız.

b. Dual modeldeki değişkenlerin en iyi çözüm değerlerini tümler gevşeklik teoremini kullanarak bulunuz.

Oranj meyve suyu örneği DP modeli:

x_1 ve x_2 bir şişe Oranj'da bulunması gereken portakal gazozu ve portakal suyu miktarı olsun.

$$\min z = 2x_1 + 3x_2$$

$$0.5x_1 + 0.25x_2 \leq 4$$

(şeker kısıdı)

$$x_1 + 3x_2 \geq 20$$

(C vit. kısıdı)

$$x_1 + x_2 = 10$$

(10 oz'luk şişe kısıdı)

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Oranj meyve suyu örneği çözümü:

$$x_1=5, x_2=5, Z = 25.$$

99. ATK Beyaz üç farklı ürünü için günlük üretim planı yapmak istemektedir. Ürünlerin üretiminde işçilik ve makine zamanı kullanılmaktadır. Üretim ile ilgili veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	İşçilik (adam/saat)	Makine (saat)	Birim kar (TL)
Ürün 1	2	1	8
Ürün 2	2	2	14
Ürün 3	4	1	7
Günlük kapasite	90	60	

Firmanın üretim planını oluşturmak için aşağıdaki DP oluşturulmuştur.

x_1, x_2, x_3 sırasıyla ürün 1, 2 ve 3'ün günlük üretim miktarı olmak üzere;

$$\max z = 8x_1 + 14x_2 + 7x_3$$

Öyle ki;

$$2x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 90$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 60$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Tanımlanan problem ve DP'ye göre soruları cevaplayınız.

a) x_1 ve x_2 'nin temel değişken olduğu temel olurlu çözümün (BV = { x_1, x_2 }) en iyi çözüm olduğunu

gösteriniz (Yardım; $\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -0,5 & 1 \end{bmatrix}$).

b) x_1 ve x_2 'nin temel değişken olduğu temel olurlu çözüm için simpleks tablosunu oluşturunuz (işlemlerin ayrıntılarını vermeniz gerekmektedir).

Z	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	STD
1						
0						
0						

c) 1. Ürünün birim karı 10 birim olursa yeni çözüm ne olur? (gerekliyse simpleks kullanarak yeni çözümü bulunuz)

d) Firmanın kullanabileceği makine saati miktarı 100 saate çıkarsa yeni çözüm ne olur? (gerekliyse dual simpleks kullanarak yeni çözümü bulunuz)

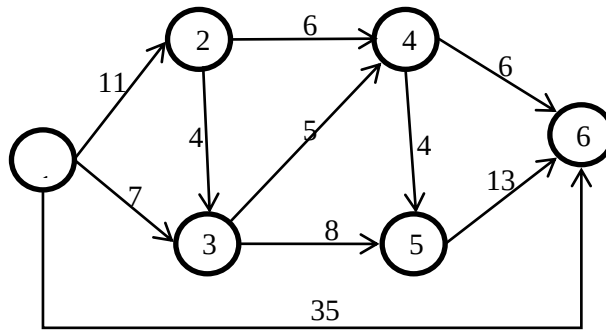
100. Üç farklı şehrin elektrik ihtiyacını karşılayacak 25, 40 ve 30 milyon kW's (kilowatt/saat) üretim kapasitesine sahip üç farklı elektrik santrali bulunmaktadır. Bu şehirlere ait tahmin edilen maksimum talepler sırası ile 30, 35, ve 25 milyon kW's olarak hesaplanmıştır. Kws başına elektrik fiyatları aşağıdaki tabloda verilmektedir. Ağustos ayı boyunca enerji taleplerinde %20'lik bir artış görüleceği öngörülmektedir. Bu artışın mevcut santrallerden karşılanamayan kısmı diğer bir şebekeden 1000TL/milyon kW's fiyatla elektrik satın alınarak karşılanacaktır (Bu şebeke 3 numaralı şehre hizmet

verememektedir). Firma ek olarak satın almaları ve dağıtmaları gereken bu elektriğe ait en az maliyetli planı bulmak istemektedir.

		Şehir		
		1	2	3
Santral	1	600 TL	700 TL	400 TL
	2	320 TL	300 TL	350 TL
	3	500 TL	480 TL	450 TL

- a) Soruyu ulaştırma problemi olarak formüle ediniz (DP formülasyonunu yazınız ve ulaştırma tablosunu oluşturunuz).
- b) En düşük maliyetli dağıtım planını ulaştırma simpleksi kullanarak bulunuz (Başlangıç çözümü için Vogel yöntemini kullanınız).

101. Aşağıdaki ağda 1 noktasından 6 noktasına gitmek üzere bir en kısa yol problemi tanımlanmıştır (Bağlantılar üzerinde maliyet değerleri - cij - verilmiştir). Bu problemi atama problemine dönüştürerek Macar yöntemi ile çözünüz.



102. Verilen en iyi tablo ve Lindo çıktısını inceleyerek A, B, C, D, E, F, G ve H değerlerini bulunuz.

$$\max z = -3x_1 + x_2 + 2x_3$$

öyle ki

$$x_2 + 2x_3 \leq 6$$

$$-x_1 + 3x_3 \leq 4$$

$$-2x_1 + 3x_2 - x_3 \leq 9$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

En iyi tablo:

Z	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	ST
1	3	0	0	1	0	0	6
0	2/3	1	0	1	-2/3	0	10/3
0	-1/3	0	1	0	1/3	0	4/3
0	-13/3	0	0	-3	7/3	1	1/3

Lindo çıktısı:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 6.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	A
X2	3.333333	0.000000
X3	B	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	C	D

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	-3.000000	E	F
X2	1.000000	0.000000	1.000000
X3	2.000000	9.000000	0.000000

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	6.000000	0.111111	3.333333
3	4.000000	5.000000	0.142857
4	9.000000	G	H

A = B = C = D =
E = F = G = H =

103. Aşağıdaki soruları 1. soruda verilen en iyi tablo ve Lindo çıktısına göre yanıtlandırınız.

- a) x_2 'nin amaç fonksiyonundaki katsayısı -2 olursa yeni z değeri ne olur?
b) Birinci kısıtın sağ taraf değeri 4 olursa yeni z değeri ne olur?

104. Aşağıdaki DP modelinin en iyi çözümünde x_1 ve x_2 değişkenlerinin aynı anda temel değişken olamayacağını verilen modeli çözmeden tümler gevşeklik teoremini kullanarak gösteriniz.

$$\max z = 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 3x_4$$

öyle ki

$$x_1 + x_2 + x_3 = 4$$

$$x_1 + 4x_2 + x_4 = 8$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

105. İnternet üzerinden ev gereçleri satmakta olan ATK-Web, ürünlerini depolayabilmek için ek depo alanına ihtiyaç duymaktadır. Firma bu amaçla önümüzde beş ayda bir üçüncü parti lojistik şirketlerinden depo alanı kiralayacaktır. Firmanın beş aylık alan ihtiyacı bellidir ve aşağıda verilmiştir. Görüldüğü gibi aylık ihtiyaçlar birbirinden farklıdır. O yüzden firma alanları birer aylık olarak kiralayabilir. Fakat firma eğer bir aydan daha uzun kiralama yaparsa aylık ortalama depolama maliyetleri daha düşük olabilmektedir. Aşağıdaki tabloda kiralama süresine göre m² kira bedelleri verilmiştir. Bu göre örneğin, 1. ayda 30.000 m² bir aylık, ikinci ayda 20.000 m² bir aylık kiralama yapılırsa maliyet $65 \times 30.000 + 65 \times 20.000 = 3.250.000$ TL olur. Firma eğer 1. ayda 20.000 m² iki aylık ve yine 1. ayda 10.000 m² bir aylık kiralama yaparak 1. ve 2. ayların ihtiyacını karşılırsa maliyet $100 \times 20.000 + 65 \times 10.000 = 2.650.000$ TL olacaktır. (Not: buradaki örnek problem anlayabilmeniz için verilmiştir, modelleme yaparken farklı denemeler yaparak çözüm üretmeniz istenmemektedir).

Ay	Alan İhtiyacı (m ²)
1	30.000
2	20.000
3	40.000
4	10.000
5	50.000

Kiralama süresi (ay)	Kiralama bedeli (TL/m ²)
1	65
2	100
3	135
4	160
5	190

Firmanın amacı önümüzdeki beş aydaki alan ihtiyacını en düşük maliyet ile karşılamaktır. Bu amaçla kullanılacak bir doğrusal programlama modeli öneriniz (karar değişkenlerini, amaç fonksiyonu ve kısıtları tanımlayınız).

106. Aşağıdaki en küçüklemeye problemi için tanımlanmış ulaştırma tablosuna göre soruları cevaplayınız.

	1		2		3		
1		7		9		8	45
2		5		7		10	75
3		3		6		13	20
4		4		2		9	30
	90		45		35		

- $(BV) = \{x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{31}, x_{42}\}$ temel çözümünün en iyi çözüm olduğunu gösteriniz.
- En iyi çözümdeki x_{ij} ve amaç fonksiyonu değerlerini bulunuz.
- İkinci arz noktasının arzı (s_2) ve üçüncü talep noktasının talebi (d_3) 5 birim artarsa yeni çözüm ne olur?
- x_{12} 'nin amaç fonksiyonu katsayısı hangi aralıkta değişirse mevcut çözüm en iyi olarak kalır? x_{12} 'nin amaç fonksiyonu katsayısı 8 olursa yeni çözüm ne olur?

107. Türker'in daha önceden biriktirmiş olduğu 300 TL nakit parası vardır. Buna ek olarak her ayın başlangıcında Türker'in eline geçen para miktarı ve ödenmesi gereken faturalar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Türker her ay kalan parasını faize yatırmaktadır. 1 aylık faize yatırılan para her ay için % 0.1 faiz, 2 aylık faize yatırılan para her 2 ay için % 1 faiz; 3 aylık faize yatırılan para her 3 ay için %3; 4 aylık faize yatırılan para her 4 ay için % 8 faiz oranıyla işlem görmektedir. 5. ayın başlangıcında elde bulunan parayı enbüyükleyecek yatırım stratejisini belirleyen bir DP modeli geliştiriniz.

Ay	1	2	3	4
Gelir	400	800	300	300
Faturalar	600	500	500	250

108. Aşağıdaki eniyileme problemine eşdeğer bir DP modeli yazınız.

(x_{ij} modelin değişkeni; a_{ij} ve b_{ij} modelin katsayılarıdır)

$$\min \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \max\{0, -\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + x_{n+1} + 1\} + \frac{1}{k} \sum_{i=1}^m \max\{0, \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j - x_{n+1} + 1\} \right)$$

109. $\min z = 4x_1 + x_2$

s.t. $3x_1 + x_2 \geq 6$

$3x_1 + 5x_2 \geq 15$

$x_1 + x_2 \geq 4$

$x_1, x_2 \geq 0$

- Yukarıdaki DP modelinin iki aşamalı simpleks yöntemi ile çözümünün Aşama I en iyi tablosu aşağıda verilmiştir. Aşama II'yi çözerek modelin en iyi çözümünü bulunuz.

x_1	x_2	e_1	e_2	e_3	a_1	a_2	a_3	ST
0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0
1	0	0	1/2	-5/2	0	-1/2	5/2	5/2
0	1	0	-1/2	3/2	0	1/2	-3/2	3/2
0	0	1	1	-6	-1	-1	6	3

- Aşama II iterasyonları boyunca çözümün izlediği yolu grafik üzerinde gösteriniz.

110. Dejenere olma (degeneracy) ile alternatif en iyi çözümler vermeyi karşılaştırınız.

111. Aşağıdaverilen DP problemi ve bu DP'ye ait en iyi çözüm tablosuna göre soruları cevaplayınız.

$$\text{Min } z = -3x_1 - 2x_2 - 5x_3$$

$$\text{Öyle ki; } x_1 + 2x_2 + x_3 \leq b_1$$

$$3x_1 + 2x_3 \leq b_2$$

$$x_1 + 4x_2 \leq b_3$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Modelde b_1, b_2 ve b_3 sabit değerlerdir.

En iyi çözüm tablosu:

z	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	ST	TD
1	a	b	0	c	d	0	-1350	z
0	g	e	0	1/2	-1/4	0	100	x_2
0	3/2	0	1	0	1/2	0	230	x_3
0	2	0	0	-2	1	f	20	s_3

a) a,b,c,d,e,f,g değerlerini düzeltilmiş simpleks formüllerini kullanarak bulunuz (Aşağıdaki tabloyu doldurunuz).

a	b	c	d	e	f	g

b) b_1, b_2 ve b_3 değerlerini düzeltilmiş simpleks formüllerini kullanarak bulunuz. (aşağıdaki tabloyu doldurunuz.) İşlemlerinizi ayrıntılı olarak gösteriniz.

b_1	b_2	b_3

- c) Problemin dualini alınız ve dual modelin çözümünü primal modelin çözümünü kullanarak bulunuz. (Dual modeli baştan çözmeiniz!)
- d) x_2 'nin amaç fonksiyonu katsayısı hangi aralıkta değişirse mevcut temel en iyi olarak kalır? x_2 'nin amaç fonksiyonu katsayısı -1 olursa en iyi çözüm ne olur? (gerekli ise düzeltilmiş simpleks veya dual simpleks ile yeni çözümü bulunuz)
- e) b_1 hangi aralıkta değişirse mevcut temel en iyi olarak kalır? $b_1 = 200$ olursa en iyi çözüm ne olur? (gerekli ise düzeltilmiş simpleks veya dual simpleks ile yeni çözümü bulunuz)

112. Bir havayolu firması uçak üretimi yapmaktadır ve üretimin son aşamasında dışarıdan tedarik edilen jet motorları uçağa montajlanmaktadır. Aşağıdaki tablonun ikinci sütunda önümüzdeki dört ay boyunca gerekli motor sayısı verilmiştir. Motor üretimi yapan üreticilerden önümüzdeki dört ay için fiyat teklifleri alınmıştır. Ayrıca aylık tedarik edilebilecek motor sayıları kısıtlıdır. Aşağıdaki tabloda tedarik edilebilecek maksimum motor miktarı ve motor fiyatları (milyon dolar) verilmiştir. Aylık fiyatlardaki farklılıktan dolayı bazı motorları bir ya da birkaç ay önceden tedarik etmek daha karlı olabilecektir. Fakat önceden temin edilen her motor için aylık 100,000\$ elde bulundurma maliyeti söz konusudur.

Ay	Gerekli Motor sayısı	Tedarik edilebilecek motor sayısı	Birim satın alma Maliyeti (milyon \$)
1	10	25	2.08
2	15	35	2.11
3	25	30	2.10
4	20	10	2.13

Satın alma müdürü toplam tedarik ve elde bulundurma maliyetini enazlayacak 4 aylık sipariş çizelgesini tasarlamak istemektedir.

a) Soruyu dengeli ulaştırma problemi olarak formüle ediniz (ulaştırma tablosunu oluşturunuz).

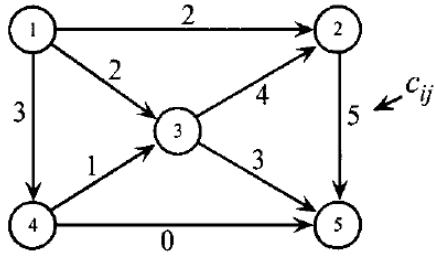
Aşağıdaki iki sorudan yalnızca birini cevaplayınız. Hangisini cevapladığınızı belirtiniz.

b) a şıkkında tanımladığınız ulaştırma problemi için En Küçük Maliyet Yöntemi ile bir başlangıç çözümü bulunuz.

c) Aşağıdaki ulaştırma problemi için Vogel Yöntemi ile bir başlangıç çözümü bulunuz.

	1	2	3	
1		4	17	2
2		8	18	9
3		2	16	4
4		1	7	3
	8	10	13	

113. Aşağıdaki ağ üzerinde bir en kısa yol problemi tanımlanmıştır (1 başlangıç, 5 varış noktasıdır). cij parametre değerleri bağlantılar üzerinde verilmiştir. Problemi atama problemine dönüştürerek Macar yöntemi ile çözünüz.



114. Verilen en iyi tablo ve Lindo çıktısını inceleyerek A, B, C, D, E, F, G ve H değerlerini bulunuz.

$$\text{maks } 2x_1 + x_2 + 3x_3$$

Öyle ki;

$$x_2 + 2x_3 \leq 6$$

$$2x_1 + x_2 - 3x_3 \geq 2$$

$$4x_1 + x_2 + x_3 \leq 3$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Optimal tablo:

Z	x ₁	x ₂	x ₃	s ₁	e ₂	s ₃	ST
1	3	0	0	0	0,5	1,5	3,5
0	-4,5	0	0	1	-0,25	-1,25	2,75
0	3,5	1	0	0	-0,25	0,75	2,75
0	0,5	0	1	0	0,25	0,25	0,25

Lindo çıktısı:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 3.500000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
x ₁	A	B
x ₂	2.750000	0.000000

X3 0.250000 0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	C	0.000000
3)	0.000000	-0.500000
4)	0.000000	D

NO. ITERATIONS= 3

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	2.000000	3.000000	INFINITY
X2	1.000000	2.000000	0.857143
X3	3.000000	INFINITY	F

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	6.000000	E	2.750000
3	2.000000	1.000000	11.000000
4	3.000000	G	H

A = B = C = D =

E = F = G = H =

115. Bir şirketin proje yöneticisi 10 büyük proje yatırımdan oluşabilecek bir portföy üzerinde düşünmektedir. Yatırımların gerektirdiği sermaye miktarı ile uzun dönem getirilerinin tahmini (şimdiki zaman değeri) farklıdır. Her j yatırım fırsatı için P_j ve C_j sırasıyla getiri ve gerekli sermaye miktarlarını gösterebilir. Kullanılabilir toplam sermaye miktarı ise Q olsun.

Her proje yatırımı en fazla bir kez yapılabilir. Projenin tamamı yapılabileceği gibi bir kısmı için de yatırım yapılabilir. Bu durumda gereken sermaye miktarı ve getiri de o oranda olacaktır (örneğin 3 numaralı yatırımın %40'ı yapılırsa getiri $0,4 P_3$ ve gerekli sermaye miktarı $0,4 C_3$ olacaktır).

Proje yöneticisi yukarıdaki şartları göz önüne alıp projelere yatırım yaparak toplam getiriyi enbüyüklemek istemektedir. Yöneticiye yardımcı olacak bir DP modeli kurunuz (karar değişkenlerini, amaç fonksiyonunu, kısıtları ve işaret sınırlarını tanımlayınız).

116. Aşağıda verilen DP modeli için:

a) Dual DP modelini oluşturunuz.

b) Dual modelin grafik yöntem ile en iyi çözümünü bulunuz.

c) Dual çözüm ve tümler gevşeklik teoreminden yararlanarak primal modelin çözümünü ve her iki modelin amaç fonksiyon değerlerini bulunuz.

min $2x_1 + 15x_2 + 5x_3 + 6x_4$

öyle ki;

$x_1 + 6x_2 + 3x_3 + x_4 \geq 2$

$-2x_1 + 5x_2 - 4x_3 + 3x_4 \leq -3$

$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$

117. Aşağıda bir en küçükleme problemi için dengeli ulaştırma tablosu verilmiştir.

	1	2	3	
1	4	2	-2	9
2	2	4	7	6
3	-1	6	4	3
4	5	6	3	12
	14	7	9	

- $TD = \{x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{31}, x_{33}, x_{42}\}$ çözümünün temel olduğunu ama olurlu olmadığını gösteriniz.
- $TD = \{x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{31}, x_{41}, x_{42}\}$ temel çözümünün en iyi olduğunu gösteriniz. Karar değişkenlerinin değerlerini ve amaç fonksiyonu değerini bulunuz.
- Mevcut temel çözümün en iyi kalması için c_{41} 'in hangi aralıkta değişebileceğini bulunuz.
- $c_{41} = 3$ olarak değiştirilirse en iyi çözüm ne olur? Hesaplayınız.