

Laboration 1, Operationsanalys A188TG E75V4

Student: Anders Lorén

Student-ID: S170512

Information till lärare

All text som står utanför kommentarer är på engelska. Det verkar som att LINGO har problem med å, ä och ö.

Om du föredrar att köra koderna så har jag laddat upp dem på GitHub:

<https://github.com/andersloren/operationsanalys-vt24>

Där finns även detta dokument i *.md som gör sig bättre än pdf-dokumentet jag skickade in.

Förberedelseuppgift 1

Kod

```
Laboration 1, förberedande uppgift 1

!- Beslutsvariabler --

Xjt      där,

      j : 1 = grossist 1, 2 = grossist 2
      t : månad 1,2,3;

!- Bivillkor --

! Det producerade fodret kan inte ha en negativ kvantitet;

[BASIC_FEED]      X1 >= 0;
[STANDARD_FEED]   X2 >= 0;
[SPECIAL_FEED]    X3 >= 0;

! Det ställs följande krav på näringsinnehållet i fodret;

[CARBS]           0.5*X1 + 0.7*X2 + 0.3*X3 >= 200;
[PROTEIN]          0.1*X1 + 0.2*X2 + 0.05*X3 >= 80;
[FAT]             0.02*X1 + 0.02*X2 + 0.08*X3 >= 30;
[MINERALS_MAX]     0.008*X1 + 0.001*X2 >= 0.4;
[MINERALS_MIN]     0.008*X1 + 0.001*X2 <= 1.6;

!- Målfunktion -- ;

[OBJECTIVE_FUNCTION] MIN = 6*X1 + 12*X2 + 4*X3;
```

Lösningsrapport

Variable	Value	Reduced Cost
X1	169.0265	0.000000
X2	247.7876	0.000000
X3	270.7965	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
BASIC_FEED	169.0265	0.000000
STANDARD_FEED	247.7876	0.000000
SPECIAL_FEED	270.7965	0.000000
CARBS	139.2035	0.000000
PROTEIN	0.000000	-58.76106
FAT	0.000000	-13.27434
MINERALS_MAX	1.200000	0.000000
MINERALS_MIN	0.000000	17.69912
OBJECTIVE_FUNCTION	5070.796	-1.000000

Analys

Recuded Cost

Den optimala lösningen ger att följande mängd foder och fodertyp ska användas: ≈ 169 kg basfoder, ≈ 248 kg standardfoder och ≈ 271 kr specialfoder.

Lösningen ger ett större värde än 0 på samtliga variabler vilket innebär att reduced cost är 0 för samtliga variabler.

Slack or Suprplus samt Dual Price

De variabler som har ett slack eller surplus på 0 är de variabler som direkt kan påverka målfunktionen om restriktionerna för dessa bivillkor ändras.

Om kravet på protien eller fett minskar med 1 så sjunker värdet på målfunktionen med ≈ 59 respektive ≈ 13 . Ökar man istället något av kraven med 1 så ökar målfunktionen med ≈ 59 respektive ≈ 13 .

Vad gäller minimikravet för mineraler så gäller samma sak även här. Att reduced cost anges som ett positivt tal tror jag beror på att vi använder ett mindre-än-tecken i bivillkoret.

Frågor

Vilken foderblandning ska bonden välja?

Svar: ≈ 169 kg basfoder, ≈ 248 kg standardfoder och ≈ 271 kr specialfoder

Hur mycket kolhydrater ingår i blandningen?

Svar: ≈339 kg (bivillkor 200 kg + surplus ≈139 kg).

Förberedelseuppgift 2

Kod

```
Laboration 1, Förberedelseuppgift 2

!- Beslutsvariabler --

Xi   där,

      i : 1 = indoor paint 1, 2 = outdoor paint, 3 = marine;

[OUTDOOR_PAINT] X1>=0;
[INDOOR_PAINT]  X2>=0;
[MARINE]        X3>=0;

!- Bivillkor --

Färgerna måste innehålla olika mängder råmaterial;

[RAW_MATERIAL_1] 6*X1 + 4*X2 + 0.7*X3 >= 24;
[RAW_MATERIAL_2] 1*X1 + 2*X2 + 0.95*X3 >= 6;

! Förhållandet mellan inomhusfärg och utomhusfärg;

[OUTDOOR_PAINT_vs_INDOOR_PAINT] -1*X1 + X2 <= 1;

! Efterfrågan;

[OUTDOOR_PAINT_MAX] X2 <= 2;
[MARINE_MIN]        X3 >= 0.4;
[MARINE_MAX]        X3 <= 2.1;

!- Målfunktion --

! Minimera kostnaden för att tillverka färgerna;

[OBJECTIVE_FUNCTION] MIN = 5*X1 + 4*X2 + 4.5*X3;
```

Lösningsrapport

Variable	Value	Reduced Cost
X1	3.120000	0.000000
X2	1.250000	0.000000
X3	0.4000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OUTDOOR_PAINT	3.120000	0.000000
INDOOR_PAINT	1.250000	0.000000
MARINE	0.4000000	0.000000
RAW_MATERIAL_1	0.000000	-0.7500000
RAW_MATERIAL_2	0.000000	-0.5000000
OUTDOOR_PAINT_VS_INDOOR_PAINT	2.870000	0.000000
OUTDOOR_PAINT_MAX	0.7500000	0.000000
MARINE_MIN	0.000000	-3.500000
MARINE_MAX	1.700000	0.000000
OBJECTIVE_FUNCTION	22.40000	-1.000000

Analys

Analysen är samma som i förra uppgiften. Värt att notera är att marine bara görs i sådan mängd att den tillfredställer den lägsta dagliga efterfrågan.

Den bästa mixen av färger är alltså:

3.12 ton utomhusfärg, 1.25 ton inomhusfärg och 0.4 ton marine.

Förberedelseuppgift 3

Kod

```
!  
  
Laboration 1, Uppgift 3  
  
!- Beslutsvariabler --  
  
Xjt , antal hyllor där  
  
    j : 1 = hyllmodell s , 2 = hyllmodell l , 3 = hyllmodell p  
    t : månad 1,2,3  
  
Ijt , antal lagerhållna hyllor där  
  
    j : 1 = hyllmodell s , 2 = hyllmodell l , 3 = hyllmodell p  
    t : månad 0,1,2,3;  
  
!- Bivillkor --  
  
! Producerade kvantiteter av de olika hyllmodeller per månad kan inte vara
```

negativa;

[PRODUCTION_S1] $X_{s1} \geq 0$;
 [PRODUCTION_L1] $X_{l1} \geq 0$;
 [PRODUCTION_P1] $X_{p1} \geq 0$;

[PRODUCTION_S2] $X_{s2} \geq 0$;
 [PRODUCTION_L2] $X_{l2} \geq 0$;
 [PRODUCTION_P2] $X_{p2} \geq 0$;

[PRODUCTION_S3] $X_{s3} \geq 0$;
 [PRODUCTION_L3] $X_{l3} \geq 0$;
 [PRODUCTION_P3] $X_{p3} \geq 0$;

! Lagerhållnina kvantiteter av de olika hyllmodellerna per månad kan inte vara negativa. Ij0 startvärden enligt föreläsningssanteckningar. ;

[INV_S0] $I_{s0} = 800$;
 [INV_S1] $I_{s1} \geq 0$;
 [INV_S2] $I_{s2} \geq 0$;
 [INV_S3] $I_{s3} \geq 0$;

[INV_I0] $I_{l0} = 500$;
 [INV_I1] $I_{l1} \geq 0$;
 [INV_I2] $I_{l2} \geq 0$;
 [INV_I3] $I_{l3} \geq 0$;

[INV_P0] $I_{p0} = 150$;
 [INV_P1] $I_{p1} \geq 0$;
 [INV_P2] $I_{p2} \geq 0$;
 [INV_P3] $I_{p3} \geq 0$;

! Lagerbalansvillkor : (Ingående lager + införskaffade enheter - utgående lager = efterfrågan);

[BALANCE_S1] $I_{s0} + X_{s1} - I_{s1} = 700$;
 [BALANCE_S2] $I_{s1} + X_{s2} - I_{s2} = 800$;
 [BALANCE_S3] $I_{s2} + X_{s3} - I_{s3} = 600$;

[BALANCE_L1] $I_{l0} + X_{l1} - I_{l1} = 400$;
 [BALANCE_L2] $I_{l1} + X_{l2} - I_{l2} = 500$;
 [BALANCE_L3] $I_{l2} + X_{l3} - I_{l3} = 700$;

[BALANCE_P1] $I_{p0} + X_{p1} - I_{p1} = 100$;
 [BALANCE_P2] $I_{p1} + X_{p2} - I_{p2} = 300$;
 [BALANCE_P3] $I_{p2} + X_{p3} - I_{p3} = 400$;

! Respektive bearbetningsfas har sina respektive resursbegränsningar;

[PUNCHING_MONTH_1] $0.3 \cdot X_{s1} + 0.3 \cdot X_{l1} + 0.3 \cdot X_{p1} \leq 600$;
 [PUNCHING_MONTH_2] $0.3 \cdot X_{s2} + 0.3 \cdot X_{l2} + 0.3 \cdot X_{p2} \leq 500$;
 [PUNCHING_MONTH_3] $0.3 \cdot X_{s3} + 0.3 \cdot X_{l3} + 0.3 \cdot X_{p3} \leq 400$;

[FORMING_MONTH_1] $0.25 \cdot X_{s1} + 0.5 \cdot X_{l1} + 0.45 \cdot X_{p1} \leq 600$;

```
[FORMING_MONTH_2] 0.25*Xs2 + 0.5*Xl2 + 0.45*Xp2 <= 500;
[FORMING_MONTH_3] 0.25*Xs3 + 0.5*Xl3 + 0.45*Xp3 <= 400;

[ASSEMBLING_S1] 0.3*Xs1 <= 540;
[ASSEMBLING_S2] 0.3*Xs2 <= 500;
[ASSEMBLING_S3] 0.3*Xs3 <= 450;

[ASSEMBLING_P1] 0.6*Xl1 + 0.3*Xp1 <= 440;
[ASSEMBLING_P2] 0.6*Xl2 + 0.5*Xp2 <= 400;
[ASSEMBLING_P3] 0.6*Xl3 + 0.5*Xp3 <= 400;

!- Målfunktion -- ;

[OBJECT_FUNCTION] MAX = 100*Is3 + 170*Il3 + 160*Ip3 - 20*(Is1 + Il1 + Ip1) - 35*
(Is2 + Il2 + Ip2);
```

Lösningsrapport

Variable	Value	Reduced Cost
XS1	29.62963	0.000000
XL1	168.5185	0.000000
XP1	1129.630	0.000000
XS2	670.3704	0.000000
XL2	664.8148	0.000000
XP2	0.000000	6.000000
XS3	1066.667	0.000000
XL3	266.6667	0.000000
XP3	0.000000	4.444444
IS0	800.0000	0.000000
IS1	129.6296	0.000000
IS2	0.000000	7.777778
IS3	466.6667	0.000000
IL0	500.0000	0.000000
IL1	268.5185	0.000000
IL2	433.3333	0.000000
IL3	0.000000	10.55556
IP0	150.0000	0.000000
IP1	1179.630	0.000000

Variable	Value	Reduced Cost
IP2	879.6296	0.000000
IP3	479.6296	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
PRODUCTION_S1	29.62963	0.000000
PRODUCTION_L1	168.5185	0.000000
PRODUCTION_P1	1129.630	0.000000
PRODUCTION_S2	670.3704	0.000000
PRODUCTION_L2	664.8148	0.000000
PRODUCTION_P2	0.000000	0.000000
PRODUCTION_S3	1066.667	0.000000
PRODUCTION_L3	266.6667	0.000000
PRODUCTION_P3	0.000000	0.000000
INV_S0	0.000000	52.77778
INV_S1	129.6296	0.000000
INV_S2	0.000000	0.000000
INV_S3	466.6667	0.000000
INV_I0	0.000000	125.5556
INV_I1	268.5185	0.000000
INV_I2	433.3333	0.000000
INV_I3	0.000000	0.000000
INV_P0	0.000000	105.0000
INV_P1	1179.630	0.000000
INV_P2	879.6296	0.000000
INV_P3	479.6296	0.000000
BALANCE_S1	0.000000	-52.77778
BALANCE_S2	0.000000	-72.77778
BALANCE_S3	0.000000	-100.0000
BALANCE_L1	0.000000	-125.5556
BALANCE_L2	0.000000	-145.5556
BALANCE_L3	0.000000	-180.5556

Row	Slack or Surplus	Dual Price
BALANCE_P1	0.000000	-105.0000
BALANCE_P2	0.000000	-125.0000
BALANCE_P3	0.000000	-160.0000
PUNCHING_MONTH_1	201.6667	0.000000
PUNCHING_MONTH_2	99.44444	0.000000
PUNCHING_MONTH_3	0.000000	64.81481
FORMING_MONTH_1	0.000000	211.1111
FORMING_MONTH_2	0.000000	291.1111
FORMING_MONTH_3	0.000000	322.2222
ASSEMBLING_S1	531.1111	0.000000
ASSEMBLING_S2	298.8889	0.000000
ASSEMBLING_S3	130.0000	0.000000
ASSEMBLING_P1	0.000000	33.33333
ASSEMBLING_P2	1.111111	0.000000
ASSEMBLING_P3	240.0000	0.000000
OBJECT_FUNCTION	45898.15	1.000000

Analys

Av alla bivillkor är det formning månad 3 som har störst potential att höja målfunktionens värde.

Värt att notera är att variablerna borde ha varit heltal.

Uppgift 1

Kod

```
!  
  
Laboration 1, uppgift 1  
  
!- Beslutsvariabler --  
  
Xjt      där,  
  
    j : 1 = grossist 1, 2 = grossist 2  
    t : månad 1,2,3;  
  
!- Bivillkor --
```



```
! Lager kan inte vara negativt;

[STARTING_INVENTORY]      I0 = 0;
[INVENTORY_END_OF_MONTH_1] I1 >= 0;
[INVENTORY_END_OF_MONTH_2] I2 >= 0;
[INVENTORY_END_OF_MONTH_3] I3 >= 0;

! Antalet köpta lådor från återförsäljare kan inte vara negativa;

[WHOLESALE_1_MONTH_1] X11 >= 0;
[WHOLESALE_1_MONTH_2] X12 >= 0;
[WHOLESALE_1_MONTH_3] X13 >= 0;
[WHOLESALE_2_MONTH_1] X21 >= 0;
[WHOLESALE_2_MONTH_2] X22 >= 0;
[WHOLESALE_2_MONTH_3] X23 >= 0;

! Lagerbalansvillkor : (Ingående lager + införskaffade enheter - utgående lager =
efterfrågan);

[BALANCE_MONTH_1] I0 + X11 + X21 - I1 = 500; ! Ingående lager är 0;
[BALANCE_MONTH_2] I1 + X12 + X22 - I2 = 600;
[BALANCE_MONTH_3] I2 + X13 + X23 - I3 = 400;

! Återförsäljarna kan sälja max 400 lådor per månad;

[WHOLESALE_1_MONTH_1_MAX] X11 <= 400;
[WHOLESALE_1_MONTH_2_MAX] X12 <= 400;
[WHOLESALE_1_MONTH_3_MAX] X13 <= 400;

[WHOLESALE_2_MONTH_1_MAX] X21 <= 400;
[WHOLESALE_2_MONTH_2_MAX] X22 <= 400;
[WHOLESALE_2_MONTH_3_MAX] X23 <= 400;

!- Målfunktion --;

[OBJECT_FUNCTION] MIN = 1000*X11 + 1100*X12 + 1200*X13 + 1150*X21 + 1080*X22 +
1250*X23 + 50*(I1 + I2); ! Sista termen är kostnaden för antalet lagerhållna lådor
per månad
```

Lösningsrapport

Variable	Value	Reduced Cost
I0	0.000000	0.000000
I1	0.000000	50.00000
I2	200.0000	0.000000

Variable	Value	Reduced Cost
I3	0.000000	1200.000
X11	400.0000	0.000000
X12	400.0000	0.000000
X13	200.0000	0.000000
X21	100.0000	0.000000
X22	400.0000	0.000000
X23	0.000000	50.00000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
STARTING_INVENTORY	0.000000	1150.000
INVENTORY_END_OF_MONTH_1	0.000000	0.000000
INVENTORY_END_OF_MONTH_2	200.0000	0.000000
INVENTORY_END_OF_MONTH_3	0.000000	0.000000
WHOLESALE_1_MONTH_1	400.0000	0.000000
WHOLESALE_1_MONTH_2	400.0000	0.000000
WHOLESALE_1_MONTH_3	200.0000	0.000000
WHOLESALE_2_MONTH_1	100.0000	0.000000
WHOLESALE_2_MONTH_2	400.0000	0.000000
WHOLESALE_2_MONTH_3	0.000000	0.000000
BALANCE_MONTH_1	0.000000	-1150.000
BALANCE_MONTH_2	0.000000	-1150.000
BALANCE_MONTH_3	0.000000	-1200.000
WHOLESALE_1_MONTH_1_MAX	0.000000	150.0000
WHOLESALE_1_MONTH_2_MAX	0.000000	50.00000
WHOLESALE_1_MONTH_3_MAX	200.0000	0.000000
WHOLESALE_2_MONTH_1_MAX	300.0000	0.000000
WHOLESALE_2_MONTH_2_MAX	0.000000	70.00000
WHOLESALE_2_MONTH_3_MAX	400.0000	0.000000
OBJECT_FUNCTION	1637000.	-1.000000

Analys

Gelateria bör köpa glass efter följande modell:

	lådor juni	lådor juli	lådor augusti
grossist 1	400	400	200
grossist 2	100	400	0
totalt	500	800	200

Uppgift 2

Kod

```
!  
  
Laboration 1, uppgift 2  
  
!- Beslutsvariabler --  
  
Xj   där,  
  
      j : 1 = bröd 1, 2 = jordnötsmör, 3 = jordgubbsylt, 4 = kex, 5 = mjölk, 6 =  
      juice;  
  
!- Bivillkor --  
  
Antalet enheter mat som barnen äter kan inte vara negativa;  
  
[BREAD]      X1 >= 0;  
[PEANUT_BUTTER] X2 >= 0;  
[JAM]         X3 >= 0;  
[CRACKERS]    X4 >= 0;  
[MILK]        X5 >= 0;  
[JUICE]       X6 >= 0;  
  
! Näringsintaget har vissa restriktioner;  
  
[CALORIES_MIN] 70*X1 + 100*X2 + 50*X3 + 60*X4 + 150*X5 + 100*X6 >= 400;  
[CALORIES_MAX] 70*X1 + 100*X2 + 50*X3 + 60*X4 + 150*X5 + 100*X6 <= 600;  
[FAT]          10*X1 + 75*X2 + 20*X4 + 70*X5 <= 0.3*(70*X1 + 100*X2 + 50*X3 +  
60*X4 + 150*X5 + 100*X6); ! Andelen fett i vänsterled, totala mängden mat i  
vänsterled multiplicerat med restriktionen ;  
[VITAMIN_C]     3*X3 + 2*X5 + 120*X6 >= 60;  
[PROTEIN]       3*X1 + 4*X2 + 1*X4 + 8*X5 + 1*X6 >= 12;  
  
! Av naturliga skäl äter alla barn 2 skivor bröd ;  
  
[TWO_SKIVOR_BREAD] X1 = 2;  
  
! Mängden jordnötsmör ska vara dubbelt så stor som mängden jordgubbsylt;
```

```
[PEANUTBUTTER_TWICE_AS_MUCH_AS_JAM] x2 >= 2*X3;

! Varje barn ska dricka minst ett glas vätska ;

[AT_LEAST_ONE_CUP_OF_LIQUID] X5 + X6 >= 1;

!- Målfunktion --;

[OBJECT_FUNTION] MIN = 5*X1 + 4*X2 + 7*X3 + 8*X4 + 15*X5 + 35*X6;
```

Lösningsrapport

Variable	Value	Reduced Cost
X1	2.000000	0.000000
X2	0.5747508	0.000000
X3	0.2873754	0.000000
X4	1.039452	0.000000
X5	0.5157807	0.000000
X6	0.4842193	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
BREAD	2.000000	0.000000
PEANUT_BUTTER	0.5747508	0.000000
JAM	0.2873754	0.000000
CRACKERS	1.039452	0.000000
MILK	0.5157807	0.000000
JUICE	0.4842193	0.000000
CALORIES_MIN	0.000000	-0.1426495
CALORIES_MAX	200.0000	0.000000
FAT	0.000000	0.2794850
VITAMIN_C	0.000000	-0.9966777E-01
PROTEIN	1.948920	0.000000
TWO_SKIVOR_BREAD	0.000000	8.059801
PEANUTBUTTER_TWICE_AS_MUCH_AS_JAM	0.000000	-2.311877
AT_LEAST_ONE_CUP_OF_LIQUID	0.000000	-0.3903654
OBJECT_FUNTION	47.31063	-1.000000

Analys

Liam och Lisa bör använda följande modell när de ska kombinera ett mellanmål till ett barn. Mängderna är något avrundade för att vara realistiska.

livsmedel	mängd
brödskivor	2 st
jordnötssmör	½ msk
jordgubbsylt	⅓ msk
kex	1 st
mjölk	½ glas
juice	½ glas