

APPENDIX

QUESTION 1A

Lindo Input:

```
max dc
ST
dg = 0
df - da <= 10
da - df <= 5
da - dh <= 4
dh - dg <= 3
dc - df <= 3
dd - dc <= 3
de - dd <= 25
dd - de <= 9
de - df <= 2
dg - de <= 7
db - dh <= 9
db - da <= 8
db - df <= 7
dc - db <= 4
de - db <= 10
dd - dg <= 2
df - dd <= 18
END
```

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DC	16.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	13.000000	0.000000
DA	4.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DD	0.000000	0.000000
DE	0.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000

3)	1.000000	0.000000
4)	14.000000	0.000000
5)	3.000000	0.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	19.000000	0.000000
9)	25.000000	0.000000
10)	9.000000	0.000000
11)	15.000000	0.000000
12)	7.000000	0.000000
13)	0.000000	1.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	8.000000	0.000000
16)	0.000000	1.000000
17)	22.000000	0.000000
18)	2.000000	0.000000
19)	5.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 6

QUESTION 1B

Lindo Input:

max d(a through h)

ST

```

dg = 0
df - da <= 10
da - df <= 5
da - dh <= 4
dh - dg <= 3
dc - df <= 3
dd - dc <= 3
de - dd <= 25
dd - de <= 9
de - df <= 2
dg - de <= 7
db - dh <= 9
db - da <= 8
db - df <= 7
dc - db <= 4
de - db <= 10
dd - dg <= 2
df - dd <= 18

```

END

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 7.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DA	7.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	17.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DE	0.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	1.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	4.000000	0.000000
8)	17.000000	0.000000
9)	27.000000	0.000000
10)	7.000000	0.000000
11)	19.000000	0.000000
12)	7.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	22.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12.00000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DB	12.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	17.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	0.000000	0.000000

DE	19.000000	0.000000
----	-----------	----------

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	4.000000	0.000000
8)	19.000000	0.000000
9)	6.000000	0.000000
10)	28.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	26.000000	0.000000
13)	0.000000	1.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	2.000000	0.000000
19)	1.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DC	16.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	13.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DE	15.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	4.000000	0.000000
4)	11.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	0.000000	0.000000

8)	17.000000	0.000000
9)	12.000000	0.000000
10)	22.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	22.000000	0.000000
13)	0.000000	1.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	8.000000	0.000000
16)	0.000000	1.000000
17)	7.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	7.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DD	2.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	13.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DE	15.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	4.000000	0.000000
4)	11.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	17.000000	0.000000
9)	12.000000	0.000000
10)	22.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	22.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	8.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	7.000000	0.000000

18)	0.000000	1.000000
19)	7.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 19.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DE	19.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	17.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	1.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	1.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	4.000000	0.000000
8)	17.000000	0.000000
9)	8.000000	0.000000
10)	26.000000	0.000000
11)	0.000000	1.000000
12)	26.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 17.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DF	17.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DE	19.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	1.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	1.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	4.000000	0.000000
8)	17.000000	0.000000
9)	8.000000	0.000000
10)	26.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	26.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.0000000E+00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DG	0.000000	0.000000
DF	17.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DH	3.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DE	19.000000	0.000000

DB	12.000000	0.000000
----	-----------	----------

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	4.000000	0.000000
8)	17.000000	0.000000
9)	8.000000	0.000000
10)	26.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	26.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 3.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
DH	3.000000	0.000000
DG	0.000000	0.000000
DF	17.000000	0.000000
DA	7.000000	0.000000
DC	16.000000	0.000000
DD	2.000000	0.000000
DE	19.000000	0.000000
DB	12.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	15.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	4.000000	0.000000

8)	17.000000	0.000000
9)	8.000000	0.000000
10)	26.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	26.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3.000000	0.000000
15)	12.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

QUESTION 2

Lindo Input:

max 3.45s + 2.32p + 2.81b + 3.25c

ST

```

s >= 0
p >= 0
b >= 0
c >= 0
s >= 6000
s <= 7000
p >= 10000
p <= 14000
b >= 13000
b <= 16000
c >= 6000
c <= 8500
.125s <= 1000
.08p + .05b + .03c <= 2000
.05b + .07c <= 1250

```

END

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 120196.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
S	7000.000000	0.000000
P	13625.000000	0.000000
B	13100.000000	0.000000
C	8500.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	7000.000000	0.000000
3)	13625.000000	0.000000
4)	13100.000000	0.000000
5)	8500.000000	0.000000
6)	1000.000000	0.000000
7)	0.000000	3.450000
8)	3625.000000	0.000000
9)	375.000000	0.000000
10)	100.000000	0.000000
11)	2900.000000	0.000000
12)	2500.000000	0.000000
13)	0.000000	0.476000
14)	125.000000	0.000000
15)	0.000000	29.000000
16)	0.000000	27.200001

NO. ITERATIONS= 0

QUESTION 3

Lindo Input:

min $10x_{11} + 15x_{12} + 11x_{21} + 8x_{22} + 13x_{31} + 8x_{32} + 9x_{33} + 14x_{42}$
 $+ 8x_{43} + 5y_{11} + 6y_{12} + 7y_{13} + 10y_{14} + 12y_{23} + 8y_{24} + 10y_{25} +$
 $14y_{26} + 14y_{34} + 12y_{35} + 12y_{36} + 6y_{37}$

ST

$x_{11} \geq 0$
 $x_{12} \geq 0$
 $x_{21} \geq 0$
 $x_{22} \geq 0$
 $x_{31} \geq 0$
 $x_{32} \geq 0$
 $x_{33} \geq 0$
 $x_{42} \geq 0$
 $x_{43} \geq 0$
 $y_{11} \geq 0$
 $y_{12} \geq 0$
 $y_{13} \geq 0$
 $y_{14} \geq 0$
 $y_{23} \geq 0$
 $y_{24} \geq 0$
 $y_{25} \geq 0$
 $y_{26} \geq 0$
 $y_{34} \geq 0$
 $y_{35} \geq 0$
 $y_{36} \geq 0$
 $y_{37} \geq 0$
 $x_{11} + x_{12} \leq 150$
 $x_{21} + x_{22} \leq 450$

```

x31 + x32 + x33 <= 250
x42 + x43 <= 150
y11 >= 100
y12 >= 150
y13 + y23 >= 100
y14 + y24 + y34 >= 200
y25 + y35 >= 200
y26 + y36 >= 150
y37 >= 100
x11+x21+x31-y11-y12-y13-y14>=0
x12+x22+x32+x42-y23-y24-y25-y26>=0
x33+x43-y34-y35-y36-y37>=0

```

END

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 13

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 17100.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	150.000000	0.000000
X12	0.000000	8.000000
X21	200.000000	0.000000
X22	250.000000	0.000000
X31	0.000000	2.000000
X32	150.000000	0.000000
X33	100.000000	0.000000
X42	0.000000	7.000000
X43	150.000000	0.000000
Y11	100.000000	0.000000
Y12	150.000000	0.000000
Y13	100.000000	0.000000
Y14	0.000000	5.000000
Y23	0.000000	2.000000
Y24	200.000000	0.000000
Y25	200.000000	0.000000
Y26	0.000000	1.000000
Y34	0.000000	7.000000
Y35	0.000000	3.000000
Y36	150.000000	0.000000
Y37	100.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	150.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	200.000000	0.000000
5)	250.000000	0.000000

6)	0.000000	0.000000
7)	150.000000	0.000000
8)	100.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	150.000000	0.000000
11)	100.000000	0.000000
12)	150.000000	0.000000
13)	100.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	200.000000	0.000000
17)	200.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	150.000000	0.000000
22)	100.000000	0.000000
23)	0.000000	1.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	1.000000
27)	0.000000	-16.000000
28)	0.000000	-17.000000
29)	0.000000	-18.000000
30)	0.000000	-16.000000
31)	0.000000	-18.000000
32)	0.000000	-21.000000
33)	0.000000	-15.000000
34)	0.000000	-11.000000
35)	0.000000	-8.000000
36)	0.000000	-9.000000

NO. ITERATIONS= 13

QUESTION 4A

Lindo Input:

min 21t + 16l + 40s + 41c + 585ss + 120 st + 164ch + 884o

ST

t >= 0

l >= 0

s >= 0

c >= 0

ss >= 0

st >= 0

ch >= 0

o >= 0

.85t + 1.62l + 2.86s + 0.93c + 23.4ss + 16st + 9ch >= 15

.33t + .21 + .39s + .24c + 48.7ss + 5st + 2.6ch + 100o >=

2

.33t + .21 + .39s + .24c + 48.7ss + 5st + 2.6ch + 100o <=

8

$4.64t + 2.37l + 3.63s + 9.58c + 15ss + 3st + 27ch \geq 4$
 $9t + 28l + 65s + 69c + 3.8ss + 120st + 78ch \leq 200$
 $.4l + .4s + .4t + .4c + .4ss + .4st + .4ch + .4o - l - s$
 ≤ 0
 END

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 114.7541

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T	0.000000	16.901640
L	0.585480	0.000000
S	0.000000	14.513662
C	0.000000	36.289616
SS	0.000000	408.387970
ST	0.878220	0.000000
CH	0.000000	97.551910
O	0.000000	886.404358

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.585480	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.878220	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	-7.650273
11)	2.508197	0.000000
12)	3.491803	0.000000
13)	0.022248	0.000000
14)	78.220139	0.000000
15)	0.000000	6.010929

NO. ITERATIONS= 12

QUESTION 4B

Lindo Input:

min $t + .75l + .5s + .5c + .45ss + 2.15st + 0.95ch + 2o$
 ST

$t \geq 0$
 $l \geq 0$
 $s \geq 0$
 $c \geq 0$

```

ss >= 0
st >= 0
ch >= 0
o >= 0
.85t + 1.62l + 2.86s + 0.93c + 23.4ss + 16st + 9ch >= 15
.33t + .21 + .39s + .24c + 48.7ss + 5st + 2.6ch + 100o >=
2
.33t + .21 + .39s + .24c + 48.7ss + 5st + 2.6ch + 100o <=
8
4.64t + 2.37l + 3.63s + 9.58c + 15ss + 3st + 27ch >= 4
9t + 28l + 65s + 69c + 3.8ss + 120st + 78 ch <= 200
.4l + .4s + .4t + .4c + .4ss + .4st + .4ch + .4o - 1 - s
<= 0
END

```

Lindo Output:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.554133

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T	0.000000	1.002081
L	0.000000	0.402912
S	0.832298	0.000000
C	0.000000	0.486914
SS	0.096083	0.000000
ST	0.000000	0.405609
CH	1.152364	0.000000
O	0.000000	7.281258

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.832298	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.096083	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	1.152364	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	-0.131261
11)	6.000000	0.000000
12)	0.000000	0.051847
13)	31.576324	0.000000
14)	55.651089	0.000000
15)	0.000000	0.241358

NO. ITERATIONS= 3