

ΕΡΓΑΣΙΑ

Νέα Γραφεία για τη ΝΕΟΝ Συμβουλευτική

Επιχειρησιακή Έρευνα
6ο Εξάμηνο

του φοιτητή
Παπαδόπουλου Κωνσταντίνου
Α.Ε.Μ. 8677

Στρατηγική Επίλυσης-Ζητούμενα

Στη συγκεκριμένη εργασία καλούμαστε να διαμορφώσουμε ένα μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού έτσι ώστε η NEON Συμβουλευτική να αποφασίσει σε ποιες από τις δοσμένες υποψήφιες πόλεις πρέπει να ανοίξει γραφεία και με ποιες μετακινήσεις εργαζομένων πρέπει να πραγματοποιηθεί αυτό.

Το πρόβλημα επιλύεται με την γλώσσα μοντελοποίησης **AMPL**.

Μοντελοποίηση-Δεδομένα

Τα ήδη **υφιστάμενα γραφεία** της εταιρείας, από τα οποία η εταιρεία θα καλύψει τις ανάγκες της σε προσωπικό στα νέα γραφεία είναι στο Λονδίνο, στο Παρίσι, στη Ρώμη και στο Βερολίνο.

```
AMPL MODEL      set ORIGOF;  
AMPL DATA      set ORIGOF := LOND PAR ROM BERL ;
```

Οι πόλεις στις οποίες η εταιρεία **εξετάζει να ανοίξει γραφεία** είναι στο Όσλο, στη Μαδρίτη, στη Λισαβόνα, στην Πράγα, στη Στοκχόλμη, στη Βιέννη και στο Εδιμβούργο.

```
AMPL MODEL      set DESTOF;  
AMPL DATA      set DESTOF := OSL MADR LISB PRAG STOCK VIEN  
                  EDIN ;
```

Από τα παραπάνω στοιχεία δημιουργούμε τις ομάδες (**set**) των αντικειμένων στο μοντέλο μας.

Στη συνέχεια, δίνεται μία άλλη σειρά από δεδομένα που θα μας βοηθήσει να σχηματίσουμε τις παραμέτρους (**parameters**) του μοντέλου.

Ο διαθέσιμος **προϋπολογισμός** για το άνοιγμα των νέων διαθέσιμων γραφείων ανέρχεται στα 14 εκατομμύρια Ευρώ.

AMPL MODEL *param budget >= 0;*
AMPL DATA *param budget := 14000; #in thousands*

Το κόστος διαμόρφωσης, οι ανάγκες για προσωπικό, η κατάταξη για τα νέα γραφεία ανάλογα με την αναμενόμενη/ δυνητική κερδοφορία τους, οι περιοχές που θέλουμε τουλάχιστον ένα γραφείο (Σκανδιναβία, δηλαδή Στοκχόλμη ή/και Όσλο) και οι περιοχές που θέλουμε ακριβώς ένα γραφείο (Κεντρική Ευρώπη, δηλαδή Βιέννη ή Πράγα) φαίνονται παρακάτω:

AMPL MODEL *param ofcost {DESTOF} >= 0;*
 param reqempl {DESTOF} >= 0;
 param ofeval {DESTOF};
 param leastof {DESTOF};
 param exactof {DESTOF};

AMPL DATA

<i>param:</i>	<i>ofcost</i>	<i>reqempl</i>	<i>ofeval</i>	<i>leastof</i>	<i>exactof :=</i>
<i>OSL</i>	<i>1700</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>MADR</i>	<i>3600</i>	<i>14</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>LISB</i>	<i>2100</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>PRAG</i>	<i>2500</i>	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>STOCK</i>	<i>3100</i>	<i>11</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>VIEN</i>	<i>2700</i>	<i>7</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>EDIN</i>	<i>4100</i>	<i>18</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>0</i> ;

Επίσης δίνεται ένας πίνακας με το διαθέσιμο αριθμό εργαζομένων που μπορεί να στελεχώσει τα υποψήφια νέα γραφεία και το κόστος μετακίνησης (σε χιλιάδες Ευρώ) ενός εργαζομένου από ένα υφιστάμενο γραφείο σε ένα νέο γραφείο.

AMPL MODEL *param availempl {ORIGOF} >= 0;*
 param emplcost {ORIGOF,DESTOF} >=0;

AMPL DATA

param: *availempl :=*
 LOND *24*
 PAR *19*
 ROM *16*
 BERL *21* ;

param emplcost :

	<i>OSL</i>	<i>MADR</i>	<i>LISB</i>	<i>PRAG</i>	<i>STOCK</i>	<i>VIEN</i>	<i>EDIN: =</i>
<i>LOND</i>	<i>19</i>	<i>32</i>	<i>27</i>	<i>14</i>	<i>23</i>	<i>14</i>	<i>41</i>
<i>PAR</i>	<i>14</i>	<i>47</i>	<i>31</i>	<i>28</i>	<i>35</i>	<i>18</i>	<i>53</i>
<i>ROM</i>	<i>16</i>	<i>39</i>	<i>26</i>	<i>23</i>	<i>31</i>	<i>19</i>	<i>48</i>
<i>BERL</i>	<i>22</i>	<i>26</i>	<i>21</i>	<i>18</i>	<i>28</i>	<i>24</i>	<i>43</i>

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

- Θεωρούμε ότι μία καλή λύση θα “εκμεταλλεύεται” στο μέγιστο δυνατό τον υπάρχοντα προϋπολογισμό χωρίς να επιδιώκει, σε πρώτη φάση τουλάχιστον, να ξοδέψει μικρότερο μέρος του.
- Από την στιγμή που δεν προσδιορίζεται κάποια σχέση (συντελεστής βαρύτητας) στην κατάταξη κερδοφορίας των εταιρειών, θα θεωρήσουμε, κάπως αυθαίρετα, μια γραμμική εξάρτηση. Δηλαδή το Εδιμβούργο (1ο στην κατάταξη) πχ, θα θεωρήσουμε ότι είναι τρεις φορές “καλύτερο” από το Όσλο (3ο στην κατάταξη), δίνοντας έτσι και τους παραπάνω συντελεστές βαρύτητας.

Ορίζουμε τις μεταβλητές (**variables**) μας:

Χρειαζόμαστε αρχικά μία δυαδική μεταβλητή που να υποδεικνύει αν θα ανοίξει (θα ισούται με 1) ή όχι (θα είναι ίση με 0) ένα νέο γραφείο σε μία καινούργια περιοχή.

AMPL MODEL *var Newoffice {DESTOF} binary;*

Ορίζουμε επιπλέον μία ακέραια μεταβλητή για τον αριθμό των υπαλλήλων που μετακινούνται από ένα υφιστάμενο γραφείο σε ένα νέο γραφείο.

AMPL MODEL *var Employees {ORIGOF,DESTOF} integer >= 0;*

Η αντικειμενική συνάρτηση (**objective function**) στηρίζεται στην ιδέα της αύξησης ενός αθροίσματος κάποιων όρων με διαφορετικούς συντελεστές (εξηγήσαμε πιο πάνω πως τους επιλέγουμε αυτούς) πολλαπλασιασμένους με την δυαδική μεταβλητή που ορίσαμε προηγουμένως, κάτι που συνεπάγεται και τη δημιουργία των πιο “επιθυμητών γραφείων” συνολικά.

Κάνουμε μία ανάλυση επένδυσης στην οποία υποθέτουμε ότι αν ανοίξουμε γραφεία στις πιο συμφέρουσες συνολικά περιοχές θα έχουμε και μεγαλύτερο κέρδος μελλοντικά.

AMPL MODEL

maximize Office_Evaluation:

*sum {j in DESTOF} ofeval[j] * Newoffice[j];*

Το μόνο που μένει τώρα για την ολοκλήρωση του μοντέλου μας είναι ο προσδιορισμός των περιορισμών (**constraints**) σύμφωνα με τα δεδομένα και τις μεταβλητές μας.

AMPL MODEL

subject to Total_Cost:

$$\text{sum } \{j \text{ in DESTOF}\} \text{Newoffice}[j] * \text{ofcost}[j] + \text{sum } \{i \text{ in ORIGOF}, j \text{ in DESTOF}\} \text{emplcost}[i,j] * \text{Employees}[i,j] \leq \text{budget};$$

subject to Available_Employees {i in ORIGOF}:

$$\text{sum } \{j \text{ in DESTOF}\} \text{Employees}[i,j] \leq \text{availempl}[i];$$

subject to Required_Employees {j in DESTOF}:

$$\text{sum } \{i \text{ in ORIGOF}\} \text{Employees}[i,j] = \text{reqempl}[j] * \text{Newoffice}[j];$$

subject to Binary_for_Newoffice {i in ORIGOF, j in DESTOF}:

$$\text{Employees}[i,j] \leq \text{reqempl}[j] * \text{Newoffice}[j];$$

subject to At_Least_Office:

$$\text{sum } \{j \text{ in DESTOF}\} \text{Newoffice}[j] * \text{leastof}[j] \geq 1;$$

subject to Exactly_Office:

$$\text{sum } \{j \text{ in DESTOF}\} \text{Newoffice}[j] * \text{exactof}[j] = 1;$$

Συμπεριλάβαμε τους περιορισμούς μη αρνητικότητας στον ορισμό των μεταβλητών μας.

[Για την καλύτερη κατανόηση του κώδικα βλέπε σχόλια στα αρχεία .dat και .mod]

ΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Δίνονται τα αποτελέσματα από την επίλυση του προβλήματος με την συγκεκριμένη μοντελοποίηση και δεδομένα.

Οι πόλεις στις οποίες θα ανοίξουν γραφεία είναι:

- Εδιμβούργο
- Όσλο
- Στοκχόλμη
- Βιέννη

Οι μετακινήσεις που θα γίνουν είναι οι εξής:

- Από Βερολίνο σε Εδιμβούργο **12 άτομα**
- Από Λονδίνο σε Εδιμβούργο **6 άτομα**
- Από Λονδίνο σε Στοκχόλμη **11 άτομα**
- Από Λονδίνο σε Βιέννη **7 άτομα**
- Από Παρίσι σε Όσλο **9 άτομα**

Συνολικά έφυγαν:

- **12 άτομα** από το **Βερολίνο**
- **24 άτομα** από το **Λονδίνο**
- **9 άτομα** από το **Παρίσι**

Το **συνολικό ποσό** που θα δαπανηθεί είναι **12839000 (12.839 εκ.) Ευρώ**, δηλαδή $12.839/14 = 0.9171 = \mathbf{91.71\%}$ του αρχικού προϋπολογισμού.

Ανάλυση Ευαισθησίας (Sensitivity Analysis)

Θα επιχειρήσουμε μία ανάλυση στην οποία θα μεταβάλλουμε τον προϋπολογισμό (και όχι το κόστος διαμόρφωσης-τις ανάγκες προσωπικού-τους διαθέσιμους εργαζομένους-το κόστος μετακίνησης-την κατάταξη), κάτι που φαντάζει πιο λογικό, μιας και θα ήταν χρήσιμο να γνωρίζουμε το επιπλέον κεφάλαιο που θα ήταν απαραίτητο (με τα υπάρχοντα δεδομένα) για να ανοίξουν γραφεία και σε άλλες πόλεις.

AMPL

```
ampl: display Employees.lb,Employees.ub,Employees.rc;  
:      Employees.lb Employees.ub Employees.rc  :=
```

BERL EDIN	0	18	0
BERL LISB	0	8	0
BERL MADR	0	14	0
BERL OSL	0	9	0
BERL PRAG	0	12	0
BERL STOCK	0	11	0
BERL VIEN	0	7	0
LOND EDIN	0	18	0
LOND LISB	0	8	0
LOND MADR	0	14	0
LOND OSL	0	9	0
LOND PRAG	0	12	0
LOND STOCK	0	11	0
LOND VIEN	0	7	0
PAR EDIN	0	18	0
PAR LISB	0	8	0
PAR MADR	0	14	0
PAR OSL	0	9	0
PAR PRAG	0	12	0
PAR STOCK	0	11	0
PAR VIEN	0	7	0
ROM EDIN	0	16	0
ROM LISB	0	8	0

ROM MADR	0	14	0
ROM OSL	0	9	0
ROM PRAG	0	12	0
ROM STOCK	0	11	0
ROM VIEN	0	7	0

;

Αν επιθυμούσαμε να ανοίξουμε γραφεία στη **Μαδρίτη και στη Λισαβόνα** , δηλαδή **έξι γραφεία** (δεν λαμβάνουμε υπόψη την Πράγα, διατηρώντας την υπόθεση ότι θέλουμε ακριβώς ένα γραφείο στην Κεντρική Ευρώπη και η Βιέννη είναι πιο πάνω στην κατάταξη) τότε θα χρειαζόμασταν τουλάχιστον **19.115 εκ. Ευρώ (36.53% πάνω από τον αρχικό προϋπολογισμό)**. Αυτό υπολογίστηκε θέτοντας:

AMPL

minimize Total_Cost:

*sum {j in DESTOF} Newoffice[j] * ofcost[j] + sum {i in ORIGOF, j in DESTOF} emplcost[i,j] * Employees[i,j];*

exactof :=

1
1
1
0
1
1
1 ;

subject to Exactly_Office:

*sum {j in DESTOF} Newoffice[j] * exactof[j] = 6;*

Ενώ αν θέλαμε να έχουμε **πέντε γραφεία** ανοιχτά και λαμβάνοντας υπόψη ότι η Μαδρίτη είναι προτιμότερη από τη Λισαβόνα, θα επιλέγαμε μεταξύ των δύο τη **Μαδρίτη**. Ομοίως με πριν, βρίσκουμε ότι ο απαραίτητος ελάχιστος προϋπολογισμός θα ήταν **16.813 εκ. Ευρώ (20.09% πάνω από τον αρχικό προϋπολογισμό)**.

Τέλος, αν θέλαμε να έχουμε **πέντε γραφεία**, αλλά με μικρότερο ακόμα κόστος, δηλαδή αν ανοίγαμε στη **Λισαβόνα** (και όχι στη Μαδρίτη που στην κατάταξη είναι προτιμότερη) θα έπρεπε να δαπανήσουμε τουλάχιστον **15.107 εκ. Ευρώ (7.91% πάνω από τον αρχικό προϋπολογισμό)**.

Γενικά, αλλάζοντας τις πόλεις στις οποίες θέλουμε να ανοίξουμε σίγουρα κάποιο γραφείο ή την κατάταξη αναμενόμενης κερδοφορίας τους, μπορούμε να μεταβάλλουμε τον απαραίτητο προϋπολογισμό.

ΠΗΓΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *Εισαγωγή στην ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ*
HAMDY A. ΤΑΗΑ
- *Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman Introduction to Operations Research*
- *Robert Fourer, David M. Gay, Brian W. Kernighan AMPL A Modeling Language for Mathematical Programming*