ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΤΗΡΗΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

ΦΥΔΑΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΟΣΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΑΜΙΧΑΗΛ

ΧΑΝΙΑ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης για την τοποθέτηση των επιτηρητών στα μαθήματα των τριών εξεταστικών των δύο εξαμήνων, εαρινού και χειμερινού, βάση των δηλωθέντων φοιτητών στο κάθε μάθημα και αναλόγως τον τομέα στον οποίο ανήκουν οι μεταπτυχιακοί και βοηθοί. Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε σε περιβάλλον MATLAB και για την βελτιστοποίηση του γραμμικού προβλήματος μας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα LINDO API. Τα δεδομένα καθώς και τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζονται σε φύλλα EXCEL με στόχο την εύκολη ανάγνωση και τροποποίηση τους . Επίσης, παρουσιάζεται ένα μικρό σε όγκο δεδομένων παράδειγμα για την γρηγορότερη κατανόηση των περιορισμών. Τέλος, αλλάζοντας τα βάρη των επιτηρητών στο πρόγραμμα επιδιώκουμε να διαπιστώσουμε αν οι λύσεις είναι οι βέλτιστες καθώς και το πόσο επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις των βαρών και σχολιάζουμε τα αποτελέσματα για ενδεικτικό αριθμό επιτηρητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τα πρώτα χρόνια λειτουργίας των ανώτατων σχολών η γραμματεία του κάθε τμήματος (ή σχολής αν προτιμάτε) είχε το καθήκον σε κάθε περίοδο εξεταστικής, δηλαδή, Φεβρουάριο, Ιούνιο και Σεπτέμβριο, να φέρει εις πέρας το άχαρο έργο της δημιουργίας του προγράμματος της εκάστοτε εξεταστικής. Το πρόγραμμα, αναφέρει για το κάθε μάθημα ξεχωριστά ποια ώρα διεξάγεται η εξέταση και σε ποια αίθουσα. Όμως, το “αγκάθι” στην δημιουργία του προγράμματος ήταν η σωστή, των μεταπτυχιακών και βοηθών στα μαθήματα, τοποθέτηση (ποιο μάθημα θα πρέπει να επιτηρήσει και πόσοι επιτηρητές θα πρέπει να βρίσκονται στο κάθε μάθημα).

Ήταν και είναι το πιο χρονοβόρο τμήμα της διαδικασίας. Το πρόβλημα οξύνθηκε με την δημιουργία τομέων που έκανε τα πράγματα ακόμα πιο περίπλοκα. Στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης υπάρχουν τρεις τομείς.

Α) Ο τομέας συστημάτων παραγωγής

Β) Ο τομέας οργάνωσης και διοίκησης

Γ) Ο τομέας επιστήμης αποφάσεων

Η δημιουργία των διαφορετικών τομέων διαχώρισε τους καθηγητές και τα μαθήματα τα οποία διδάσκουν. Ο διαχωρισμός αυτός ωφέλησε στην σωστή κατανομή των μεταπτυχιακών και βοηθών στα μαθήματα ώστε όλοι να επιτηρούν τον ίδιο αριθμό μαθημάτων τα οποία είναι σχετικά με το αντικείμενο των σπουδών τους.

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>

<u>ΠΡΟΒΛΗΜΑ</u>

Κάθε καθηγητής λοιπόν, ανήκει σε κάποιον από τους τρεις τομείς. Το ίδιο και οι μεταπτυχιακοί του και οι βοηθοί του. Για το κάθε μάθημα ο αριθμός των επιτηρητών εξαρτάται από το δηλωθέν σύνολο των φοιτητών. Οι βοηθοί όμως, κάνουν συνήθως μια επιτήρηση παραπάνω (θα το χρησιμοποιήσουμε για τον περιορισμό μας αυτό). Για τον αριθμό των επιτηρητών ισχύει λοιπόν η σχέση:

$$\text{Αριθμός επιτηρητών}=\frac{\text{Α}\rho\iota\theta\mu\acute{o}\varsigma\_\varphi o\iota\tau\eta\tau\acute{\omega}\nu\_\pi o\upsilon\_\acute{\varepsilon}\chi o\upsilon\nu\_\delta\eta\lambda\acute{\omega}\sigma\varepsilon\iota\_\tau o\_\mu\acute{\alpha}\theta\eta\mu\alpha}{30} \quad (1)$$

Άρα, έχουμε έναν επιτηρητή (μεταπτυχιακός ή βοηθός) για κάθε τριάντα φοιτητές.

Ο κώδικας που θα αναλύσουμε παρακάτω επιλύει το πρόβλημα μιας κοινής εξεταστικής σε ελάχιστο χρονικό διάστημα (περί τα τέσσερα με πέντε δευτερόλεπτα) όταν το προσωπικό της γραμματείας για το ίδιο μέγεθος προβλήματος (σε μια εξεταστική τα μαθήματα είναι περίπου 33 και οι επιτηρητές 32) χρειάζονται περίπου μία εβδομάδα (φανταστείτε στην διπλή εξεταστική του Σεπτεμβρίου). Η παραμικρή βέβαια, αλλαγή στο πρόγραμμα σημαίνει αυτόματα μεγαλύτερη χρονοτριβή και ταλαιπωρία. Επειδή όμως, αλλαγές της τελευταίας στιγμής υπάρχουν πάντα, το πρόγραμμα το τελικό δίνονταν στους φοιτητές και στους καθηγητές μετά από δύο, τρεις ή και παραπάνω ημιτελείς προσπάθειες. πλέον, μέσα σε ελάχιστα λεπτά οι αλλαγές γίνονται με την συμπλήρωση πινάκων. Το πώς γίνονται αναφέρεται παρακάτω.

Άρα, με δεδομένα λοιπόν, τον αριθμό των μαθημάτων και την ονομασία τους, τον αριθμό των επιτηρητών καθώς και τα ονόματα τους, τον μέγιστο και τον ελάχιστο αριθμό των μαθημάτων που επιτρέπεται να επιτηρήσουν, θα βρούμε την βέλτιστη τοποθέτηση των επιτηρητών στα μαθήματα ώστε να ικανοποιούνται οι περιορισμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Το πρόβλημα μας είναι γραμμικό μικτού ακεραίου (ουσιαστικά δυαδικό γιατί το διάνυσμα X παίρνει τιμές 0 ή 1). Η αντικειμενική μας συνάρτηση Cij * Xij μεγιστοποιείται με την βοήθεια του LINDO API.

Άρα, έχουμε:

Α.Σ. max –(Cij * Xij) όπου i ο αριθμός του μαθήματος και j ο αριθμός του επιτηρητή.

Οι περιορισμοί μας είναι τρεις στον αριθμό και είναι οι εξής:

I) Το κάθε μάθημα μπορεί να το επιτηρήσει ένας συγκεκριμένος αριθμός μεταπτυχιακών και βοηθών (σχέση 1)

II) Ο κάθε επιτηρητής πηγαίνει σε ένα συγκεκριμένο αριθμό μαθημάτων (μέγιστος αριθμός μαθημάτων επιτήρησης). Επίσης, υπάρχει και ένας ελάχιστος αριθμός μαθημάτων που μπορεί να επιτηρήσει.

Ισχύει ότι:

- Μέγιστος Αριθμός μαθημάτων υπό επιτήρηση βοηθού = Μέγιστος Αριθμός μαθημάτων υπό επιτήρηση μεταπτυχιακού + 1.
- Ελάχιστος Αριθμός μαθημάτων υπό επιτήρηση βοηθού = Ελάχιστος Αριθμός μαθημάτων υπό επιτήρηση μεταπτυχιακού + 1.

Πάντα λοιπόν οι βοηθοί επιτηρούν ένα μάθημα παραπάνω από τους μεταπτυχιακούς.

III) Ο εκάστοτε επιτηρητής θα επιτηρήσει πρώτα τα μαθήματα του επιβλέπων καθηγητή του, μετά τα μαθήματα που ανήκουν στον συγκεκριμένο τομέα και τέλος, αν υπάρχει ανάγκη για άτομα στους άλλους τομείς, επιτηρεί και μαθήματα άλλων τομέων.

Για τους δύο πρώτους περιορισμούς ισχύει:

Ai * X ≤ bi όπου i ∈ 1,2 ο αριθμός του περιορισμού που αντιστοιχεί στον πίνακα Ai και στο διάνυσμα bi.

Για τον περιορισμό ένα δημιουργήθηκε ο πίνακας Α1.

Ο πίνακας Α1 μεγέθους [N,N*M] όπου Ν ο συνολικός αριθμός των μαθημάτων και Μ ο συνολικός αριθμός των επιτηρητών, έχει –1 σε κάθε σειρά η οποία πολλαπλασιασμένη με το διάνυσμα Xij θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση του στοιχείου bi του διανύσματος b1.

Για τον περιορισμό δύο δημιουργήθηκαν οι πίνακες Α2 και Α2Α

Ο πίνακας Α2 μεγέθους [M,N*M] έχει την μορφή διαγώνιου πίνακα για κάθε [M,M]. Το κάθε στοιχείο της διαγωνίου πολλαπλασιασμένο με το αντίστοιχο στοιχείο του διανύσματος Xij θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο του στοιχείου bi του διανύσματος b2 (προσέξτε ότι η πρώτη διαγώνιος που έχει τα στοιχεία A2(i:M , j:M) πολλαπλασιάζεται με το στοιχείο b2(i=1). Το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες διαγώνιους).

Ο πίνακας Α2Α μεγέθους [M,N*M] έχει την μορφή διαγώνιου πίνακα για κάθε [M,M]. Είναι ακριβώς όπως ο πίνακας Α2 μόνο που τα στοιχεία του ισούνται με -1. Ο πολλαπλασιασμός με τα στοιχεία Xij του διανύσματος Χ πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του στοιχείου bi του διανύσματος b2A.

Ο τρίτος περιορισμός είναι ουσιαστικά η μαθηματική μορφή της αντικειμενικής μας συνάρτησης (η μεγιστοποίηση του –(Cij * Xij)). Το άνυσμα Cij περιέχει τα βάρη των επιτηρητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ LINDO API

Το σύστημα LINDO API προσφέρει δυνατότητες εύρεσης βέλτιστης λύσης σε γραμμικά και μη γραμμικά προβλήματα. Επίσης, σε ακέραια γραμμικά και μη γραμμικά προβλήματα καθώς και άψογη συνεργασία σε περιβάλλον συστημάτων όπως η MATLAB, Ox, Java και NET. Μερικοί από τους επιλυτές που χρησιμοποιεί το σύστημα καθώς και το λογισμικό διασύνδεσης της MATLAB είναι :

General Nonlinear Solver:

Το LINDO API είναι η πρώτη ικανή βιβλιοθήκη που έχει γενικές γραμμικές και μη γραμμικές / ακέραιες δυνατότητες . Αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει στους υπεύθυνους για την ανάπτυξη του προγράμματος να ενσωματώσουν έναν ενιαίο επιλυτή που μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Το LINDO API παρέχει στο χρήστη ένα περιεκτικό σύνολο ρουτινών για την διατύπωση, λύση και τροποποίηση των μη γραμμικών μοντέλων.

Global Solver:

Συνδυάζει μια σειρά από οριοθετήσεις (π.χ κυρτή ανάλυση) και τεχνικές μείωσης σειράς (π.χ γραμμικός προγραμματισμός και περιορισμένη διάδοση) μέσα σε ένα συνδεδεμένο πλαίσιο για να βρει τα ολικά ελάχιστα/μέγιστα προβλημάτων μη-κυρτού, μη-γραμμικού προγραμματισμού.

Mixed-Integer Solver

Το LINDO API λύνει τα μοντέλα μικτών-ακέραιων αριθμών με τη προηγμένη μέθοδο διακλάδωσης και φράγματος. Είναι μια επαναληπτική μέθοδος που χρησιμοποιεί είτε γραμμικό είτε μη γραμμικό επιλυτή, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος. Ο επιλυτής μικτών-ακέραιων αριθμών είναι εξοπλισμένος με προηγμένα εργαλεία όπως προ-επεξεργασία, ευρετικούς αλγόριθμους και προηγμένες μεθόδους διακλάδωσης και φράγματος. Η προ-επεξεργασία μειώνει γενικά το μέγεθος του προβλήματος σε ένα εύχρηστο μέγεθος και προσφέρει μεγάλη υπολογιστική αποταμίευση, ειδικά για τα μεγάλα προβλήματα. Η προσθήκη των προηγμένων μεθόδων διακλάδωσης και φράγματος βοηθάει στην εξάλειψη των εφικτών μη ακέραιων περιοχών γρήγορα και παρέχει βελτιωμένα όρια κατά τη διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου . Για πολλές κατηγορίες των προβλημάτων μικτού ακέραιου προγραμματισμού (MILP) οι ευρετικοί αλγόριθμοι βρίσκουν γρήγορα τις καλές ακέραιες λύσεις και καταλήγουν σε βελτιωμένα όρια. Όλες αυτές οι τεχνικές, οδηγούν σε βελτιωμένους χρόνους λύσης για τα περισσότερα μοντέλα ακέραιου προγραμματισμού.

MATLAB Interface:

Το λογισμικό διασύνδεσης της MATLAB μπορεί να υποστηρίξει όλες τις συναρτήσεις του LINDO API. Χρησιμοποιώντας για μοντελοποίηση και προγραμματισμό το περιβάλλον της MATLAB, μπορείτε να δημιουργήσετε και να επιλύσετε γραμμικά, μη γραμμικά, τετραγωνικά και ακέραια μοντέλα και να δημιουργήσετε δικούς σας αλγορίθμους βασισμένους σε συναρτήσεις και ρουτίνες του LINDO API.

4.2 Τι είναι το LINDO API;

Το LINDO Application Programming Interface (API) παρέχει τα μέσα για τους υπεύθυνους στην ανάπτυξη λογισμικών να ενσωματώσουν την βελτιστοποίηση στα προγράμματα εφαρμογής τους. Έχει σχεδιαστεί για να επιλύει μια ευρεία σειρά από προβλήματα βελτιστοποίησης, συμπεριλαμβανομένων γραμμικά προγράμματα, μικτά ακέραια προγράμματα, τετραγωνικά προγράμματα και γενικά μη-κυρτά, μη-γραμμικά προβλήματα βελτιστοποίησης. Αυτά τα προβλήματα προκύπτουν στους τομείς των επιχειρήσεων, στην βιομηχανία και την έρευνα. Συγκεκριμένοι τομείς εφαρμογής όπου το LINDO API έχει πολύ μεγάλη χρήση περιλαμβάνει τη διανομή προϊόντων, την παραγωγή και τον σχεδιασμό των αρμοδιοτήτων του προσωπικού, διαχείριση αποθεμάτων και άλλα. Η βελτιστοποίηση σας βοηθά να βρείτε την απάντηση που παράγει το καλύτερο αποτέλεσμα, επιτυγχάνει τα υψηλότερα κέρδη ή παραγωγή ή επιτυγχάνει το χαμηλότερο κόστος ή την λιγότερη ταλαιπωρία. Συχνά, αυτά τα προβλήματα περιλαμβάνουν την αποδοτικότερη χρήση των πόρων-συμπεριλαμβάνοντας τα χρήματα, τον χρόνο, τα μηχανήματα, το προσωπικό και πολλά άλλα. Τα προβλήματα βελτιστοποίησης είναι συχνά ταξινομημένα σε γραμμικά ή μη γραμμικά, ανάλογα με το εάν οι σχέσεις στο πρόβλημα είναι γραμμικές ή μη όσον αφορά τις μεταβλητές.

Ο πιό θεμελιώδης τύπος προβλημάτων βελτιστοποίησης είναι το γραμμικό πρόγραμμα (LP) της μορφής :

Μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση $c1x1 + c2x2 + \ldots + cnxn$

Υπό τους περιορισμούς

$$
\begin{gathered}
A11x1 + A12x2 + \ldots + A1nxn \ ? \ b1 \\
A21x1 + A22x2 + \ldots + A2nxn \ ? \ b2 \\
\vdots \qquad \ldots \qquad \vdots \\
Am1x1 + Am2x2 + \ldots + Amnxn \ ? \ bm \\
L1 \le x1 \le U1 \\
L2 \le x2 \le U2 \\
\vdots \\
Ln \le xn \le Un
\end{gathered}
$$

όπου Aij, cj, bi, Lj, Uj είναι γνωστοί πραγματικοί αριθμοί, ? είναι μια από τις παρακάτω σχέσεις: '≤', '=', ή '≥' και x1, x2,…, xn είναι οι μεταβλητές απόφασης (άγνωστες) για τις οποίες οι βέλτιστες τιμές επιδιώκονται. Η έκφραση που βελτιστοποιείται καλείται αντικειμενική συνάρτηση και c1, c2,…, cn είναι οι αντικειμενικοί συντελεστές. Οι σχέσεις οι οποίες εκφράζονται με ? είναι οι περιορισμοί, Ai1, Ai2,…, Ain είναι οι συντελεστές και bi είναι η δεξιά τιμή ή αξία για τον i-οστό περιορισμό. Το Lj και το Uj αντιπροσωπεύουν τα χαμηλότερα και τα ανώτερα όρια για την j-οστή μεταβλητή απόφασης και μπορούν να είναι πεπερασμένα ή άπειρα.

4.3 MATLAB και LINDO API

Η MATLAB είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού και επίλυσης προβλημάτων που συνδυάζει αριθμητική ανάλυση, χειρισμό πινάκων και εργαλεία γραφικής παράστασης σε ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον. Αυτό το περιβάλλον έχει μια ενσωματωμένη υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού που επιτρέπει την ανάπτυξη των πρόσθετων αλγορίθμων χωρίς πολύ προγραμματισμό. Η mxLINDO είναι ένα MATLAB εκτελέσιμο αρχείο (MEX-file) για την θεμελίωση ενός λογισμικού διασύνδεσης σε LINDO API μέσα από την MATLAB. Παρέχει την άμεση πρόσβαση των χρηστών της MATLAB σε διάφορες ρουτίνες LINDO API για να αναπτυχθούν υψηλότερου επιπέδου MATLAB συναρτήσεις (m-συναρτήσεις) για την επίλυση των διάφορων ειδών προβλημάτων βελτιστοποίησης. Το λογισμικό διασύνδεσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εάν λύνετε πολύ μεγάλα ή πολύ δύσκολα γραμμικά και ακέραια προγράμματα ή εφαρμόζεται ένα αλγόριθμο βελτιστοποίησης στην γλώσσα προγραμματισμού της MATLAB.

Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιήσαμε στο πρόγραμμα μας, μια μικρή περιγραφή για το τι ακριβώς κάνουν καθώς και οι ιδιότητες τους αναφέρονται παρακάτω.

- **mxLINDO**

Καλώντας την mxLINDO έχουμε πρόσβαση στην ρουτίνα (LSroutine) μέσο της MATLAB. Η μορφή της είναι:

[z1,z2, …, zn] = **mxlindo**(‘LS*routine*’,α1,α2,…,αk)

Όπου η mxLINDO είναι η εκτελέσιμη συνάρτηση της MATLAB που καλεί το LINDO API. Το πρώτο όρισμα που εισάγουμε από την δεξιά πλευρά της mxLINDO απαιτείται να είναι χαρακτήρα ώστε να ταιριάζει με την ονομασία της ρουτίνας του LINDO API που ο χρήστης έχει πρόσβαση. Σημειώστε ότι τα ονόματα των υπό-ρουτινών είναι ευαίσθητα στην διάκριση μεταξύ κεφαλαίων και μικρών (case sensitive). Τα ορίσματα *a1,a2,…,ak είναι τα σταθερά* ορίσματα (RHS) και *z1,z2, …, zn είναι τα μεταβλητά* ορίσματα (LHS) που απαιτούνται από την ρουτίνα.

- **LSXloadLPData ()**

Περιγραφή:

Η ρουτίνα «LSXloadLPData» φορτώνει τα στοιχεία ενός γραμμικού μοντέλου iModel στο LINDO API. Αυτή η ρουτίνα αναγνωρίζει τον πίνακας συντελεστών είναι αραιός (sparse).

Πρωτότυπο στην MATLAB:

>> [nStatus] = mxlindo('LSXloadLPData', iModel, nObjsense, dObjconst, adC, adB, achContypes, adA, adL, adU)

RHS ορίσματα (στην δεξιά πλευρά της συνάρτησης):

<u>iModel</u> : εσωτερική μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το LINDO .

<u>nObjsense</u> : είναι ένας δείκτης που δηλώνει εάν ο στόχος μας είναι η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση.

<u>dObjconst</u> : μια σταθερή αξία ή τιμή που προστίθεται στην αντικειμενική αξία ή τιμή.

<u>adC</u> : διάνυσμα διπλής ακρίβειας που περιέχει τους αντικειμενικούς συντελεστές.

<u>adB</u> : διάνυσμα διπλής ακρίβειας που περιέχει τους συντελεστές RHS.

<u>achContypes</u> : διάνυσμα χαρακτήρα που περιέχει τον τύπο των περιορισμών.

<u>adA</u> : αραιός πίνακας MATLAB που παρουσιάζει τον πίνακα συντελεστών του γραμμικού προγραμματισμού (LP).

<u>adL</u> : διάνυσμα διπλής ακρίβειας που περιέχει τα χαμηλότερα όρια.

<u>adU</u> : διάνυσμα διπλής ακρίβειας που περιέχει τα ανώτερα όρια.

LHS ορίσματα (στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης):

<u>nStatus</u> : ένας κώδικας λάθους. Εάν επιτυχές, το nStatus θα επιστρέψει 0 .

- **LSloadVarType()**

Περιγραφή:

Φορτώνει τα δεδομένα μεταβλητού τύπου στη δομή δεδομένων LSmodel.

Πρωτότυπο στην MATLAB:

>> [nStatus] = mxlindo('LSloadVarType', iModel, achVartypes)

RHS ορίσματα (στην δεξιά πλευρά της συνάρτησης):

<u>iModel</u> : εσωτερική μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το LINDO στην οποία τοποθετούνται τα δεδομένα του Μικτού Ακέραιου Προγραμματισμού (MIP).

achVartypes : διάνυσμα χαρακτήρα που περιέχει τον τύπο κάθε μεταβλητής.

LHS ορίσματα (στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης):

nStatus : ένας κώδικας λάθους. Εάν επιτυχές, το nStatus θα επιστρέψει 0.

- **LSsetCallback()**

Περιγραφή:

Παρέχει στο LINDO API το όνομα μιας παρεχόμενης από τον χρήστη *m-function* που θα κληθεί από διάφορα σημεία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λύσης. Η *m-function* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποβάλει την πρόοδο των ρουτινών σε ένα λογισμικό διασύνδεσης του χρήστη, να διακόπτει τον επιλυτή, κ.λπ.

Πρωτότυπο στην MATLAB:

>> [nStatus] = mxlindo('LSsetCallback', iModel, szCbfunc, szData);

RHS ορίσματα (στην δεξιά πλευρά της συνάρτησης):

iModel : εσωτερική μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το LINDO.

szCbfunc : σειρά χαρακτήρων που αναφέρεται στο όνομα της m-function που έχει δοθεί από τον χρήστη.

szData : εικονική σειρά χαρακτήρων. Υπάρχει για τυχόν μελλοντική χρήση.

LHS ορίσματα (στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης):

nStatus : ένας κώδικας λάθους. Εάν επιτυχές, το nStatus θα επιστρέψει 0.

- **LSsolveMIP()**

Περιγραφή:

Βελτιστοποιεί ένα μοντέλο μικτού-ακέραιου προγραμματισμού χρησιμοποιώντας την μέθοδο διακλάδωσης και φράγματος .

Πρωτότυπο στην MATLAB:

>> [nSolStat, nStatus] = mxlindo('LSsolveMIP', iModel)

RHS ορίσματα (στην δεξιά πλευρά της συνάρτησης):

iModel : εσωτερική μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το LINDO.

LHS ορίσματα (στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης):

nSolStat : ένας ακέραιος αριθμός που δείχνει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η επίλυση του MIP.

nStatus : ένας κώδικας λάθους. Εάν επιτυχές, το nStatus θα επιστρέψει 0.

- **LSgetMIPPrimalSolution()**

Περιγραφή:

Παίρνει ως τιμή την τρέχουσα λύση για ένα μοντέλο MIP.

Πρωτότυπο στην MATLAB:

>>[adPrimal, nStatus] = mxlindo('LSgetMIPPrimalSolution', iModel)

RHS ορίσματα (στην δεξιά πλευρά της συνάρτησης):

iModel : εσωτερική μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το LINDO.

LHS ορίσματα (στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης):

adPrimal : διάνυσμα διπλής ακρίβειας στο οποίο τοποθετείται η πρωταρχική λύση.

nStatus : ένας κώδικας λάθους. Εάν επιτυχές, το nStatus θα επιστρέψει 0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ο ΚΩΔΙΚΑΣ

Το πρόγραμμα μας έχει γραφτεί σε περιβάλλον MATLAB. Με την βοήθεια του συστήματος LINDO βελτιστοποιήσαμε το αποτέλεσμα μας. Οι πίνακες από τους οποίους παίρνουμε στοιχεία αλλά και που αποθηκεύονται τα αποτελέσματα είναι σε φύλλα EXCEL. Ο κώδικας λοιπόν είναι ο εξής (μετά από το σύμβολο % υπάρχουν σχόλια):

```
lindo;
clear all;
close all;
clc;

% arithmos mathimatwn
N=xlsread('D:\MATLAB701\work\DEDOMENA_XEIMERINOU_EXAMINOU','h6:h6');

% arithmos epitiritwn
M=xlsread('D:\MATLAB701\work\DEDOMENA_XEIMERINOU_EXAMINOU','i6:i6');

% dianusma x
x=zeros(N*M,1);

ari0mos_epit_mathimatos=xlsread('D:\MATLAB701\work\DEDOMENA_XEIMERINOU_EXAM

%prwtos periorismos:se kathe mathima antistoixei enas sugekrimenos arithmos
%epitiritwn (pinakas A1)
A1=zeros(N, N*M);
for i=1:N,
    A1(i,(i-1)*M+1:i*M)=-ones(1,M);

    % dianusma b1:dianusma me ton arithmo twn epitiritwn ana mathima
    b1=-ari0mos_epit_mathimatos;
end

% deuteros periorismos:oi metaptuxiakoi k oi voithoi kanoun se enan
% sugekrimeno arithmo mathimatwn epitirisi (pinakas A2) isxuei oti
% arith_wrwn_epitirisis_voithou=arith_wrwn_epitirisis_metaptuxiakou+1
A2=zeros(M,N*M);
for i=1:M
    for j=1:N*M
        if mod(j,M)==i
          A2(i,j)=1;
        end
   end
end
```

```
for i=1:M
    for j=1:N*M
        for k=1:N
            if (i==M) & (j==k*M)
                A2(i,j)=1;
            end
        end
    end
end

% dianusma b2: dianusma me ton megisto arithmo mathimatwn
% epitirisis gia metaptuxiakous kai voithous
b2=xlsread('D:\MATLAB701\work\DEDOMENA_XEIMERINOU_EXAMINOU','b6:b8');

% o pinakas A2A exei ta arnitika stoixeia ( -1) tou pinaka A2
A2A=zeros(M,N*M);
A2A=-A2;
elaxist_arithm_epitirisewn=xlsread('D:\MATLAB701\work\DEDOMENA_XEIMERINOU_E

% dianusma b2A: dianusma me ton elaxisto arithmo
% mathimatwn epitiriseis gia metaptuxiakous kai voithous
b2A=-elaxist_arithm_epitirisewn;
```

```

% o pinakas a3 diavazei apo to excel ton pinaka me ta vari twn epitiritwn
a3=zeros(N,M);
a3=xlsread('D:\MATLAB701\work\book1','a1:c3');

% apo auto to simeio ksekinaei i efarmogi tou LINDO API
lindo;
global MY_LICENSE_FILE

MY_LICENSE_FILE=('C:\Lindoapi\license\lndapi30.lic');

% diavazei tin adeia xrisis apo to arxeio
[MY_LICENSE_KEY,nErr] = mxlindo('LSloadLicenseString',MY_LICENSE_FILE);

% dimiourgia tou LINDO perivallontos
[iEnv,nStatus]=mxlindo('LScreateEnv',MY_LICENSE_KEY);

% dilwsi kai dimiourgia tou montelou
[iModel,nErr]=mxlindo('LScreateModel',iEnv);
```

```

% o pinakas A exei ws stoixeia tou ta soixeia twn allwn triwn pinakwn
% A1,A2,A2A,wste na einai efikti i veltistopoiisi (sparse A)
A=zeros(N+2*M, N*M);
A(1:N,1:N*M)=A1;
A(N+1:N+M,:)=A2;
A(N+M+1:N+2*M,:)=A2A;

% to dianusma b exei kai auto ws stoixeia tou ta stoixeia twn triwn
% dianusmatwn b1,b2 b2A
b=[b1' b2' b2A']';

% oi periorismoi einai tou tupou mikroteroi apo kapoia timi ( < )
% (L=Less than)
csense(1:N+2*M,1)='L';

```

```
% katw orio tou programmatos
lb=zeros(size(x));

% anw orio tou programmatos
ub=ones(size(x));

% dianusma c pou megistopoieitai,periexei ton pinaka a3 me ta vari
c=zeros(N*M,1);
c=-reshape(a3',size(x));


% o tupos tis metavlitis x einai duadikos (b=binary)
vtype(1:N*M,1)='B';

% kaloume tis sunartiseis gia tin epilusi kai veltistopoisi tou
% programmatos
[nStatus] = mxlindo('LSXloadLPData', iModel,1,0,c,b,csense,sparse(A),lb,ub)
[nStatus] = mxlindo('LSloadVarType', iModel, vtype);
[nErr] = mxlindo('LSsetCallback',iModel,'LMcbMIP',[]);
[nSolStat, nStatus] = mxlindo('LSsolveMIP', iModel);
[x, nStatus] = mxlindo('LSgetMIPPrimalSolution', iModel);

d=reshape(x,M,N);

y= xlswrite('f:\APOTELESMATA_XEIMERINOU_EXAMINOU',d,'B3:AH34')

[apotelesmata,apotel]=xlsread('D:\MATLAB701\work\APOTELESMATA_XEIMERINOU_EX

% kathe assos pou uparxei ston pinaka APOTELESMATA_XEIMERINOU_EXAMINOU
% antistoixei to analogo mathima

for i=1:M
    for j=1:N
       if apotelesmata(i,j)==1
       tel_apotelesma(i,j)=apotel(j);
       end
    end
end

% apothikeusi apotelesmatos ston pinaka
% TELIKO_APOTELESMA_XEIMERINOU_EXAMINOU

h=xlswrite('D:\MATLAB701\work\TELIKO_APOTELESMA_XEIMERINOU_EXAMINOU',tel_ap
```

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΤΗ

Λόγω της ύπαρξης τριών εξεταστικών περιόδων (χειμερινού εξαμήνου, εαρινού εξαμήνου και Σεπτεμβρίου) κατέστη αναγκαίο η δημιουργία τριών διαφορετικών προγραμμάτων. Οι διαφορές τους εντοπίζονται στον συνολικό αριθμό των μαθημάτων που εξετάζονται, καθώς και στον πίνακα με τα βάρη για τον κάθε επιτηρητή (ο αριθμός των μεταπτυχιακών και βοηθών παραμένει σταθερός σε όλες τις εξεταστικές περιόδους). Σε περίπτωση που κάποιος μεταπτυχιακός ή βοηθός αποχωρίσει, η αντικατάσταση του γίνεται στο ανάλογο φύλλο EXCEL, ουσιαστικά, δηλαδή, στον πίνακα που περιέχει τα βάρη (ο πίνακας αυτός μας δίνει πληροφορίες για τα ονόματα των επιτηρητών και την σχέση τους με τα μαθήματα). Στο παράδειγμα μας, αυτός είναι ο πίνακας 1. Γενικά, όλα τα δεδομένα για κάθε εξεταστική είναι συγκεντρωμένα σε ένα φύλλο EXCEL ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση και η τροποποίηση τους. Άρα, η δουλειά του προσωπικού της γραμματείας είναι πλέον να επιλέγει το ανάλογο πρόγραμμα ανάλογα με την περίοδο της εξεταστικής και να αντικαθιστά, όποτε χρειαστεί το όνομα του/της εκάστοτε μεταπτυχιακού ή βοηθού με τον/την αντικαταστάτη του/της στον πίνακα με τα δεδομένα. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε ένα ξεχωριστό φύλλο EXCEL όπου εμφανίζονται τα ονόματα των επιτηρητών και τα μαθήματα που επιτρέπεται να επιτηρεί (πίνακας 3). Έχοντας σε ένα πίνακα συγκεντρωμένα όλα τα αποτελέσματα μπορούν να επιλέξουν ή την βέλτιστη λύση ή κάποια συγκεκριμένα μαθήματα που θέλουν να επιτηρήσουν οι εκάστοτε επιτηρητές (ο πίνακας βρίσκεται στο παράρτημα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ας δούμε, ένα μικρό παράδειγμα για να γίνουν πιο κατανοητοί οι περιορισμοί και το πως λειτουργεί το πρόγραμμα. Υποθέτουμε, ότι έχουμε τρεις επιτηρητές και αναλόγως τρία μαθήματα. Σε όλα τα μαθήματα θεωρούμε ότι ο μέγιστος αριθμός επιτηρητών είναι δύο. Δηλαδή, το χρωστάνε ίδιος αριθμός φοιτητών. Ο μέγιστος αριθμός μαθημάτων που μπορούν να κάνουν επιτήρηση οι μεταπτυχιακοί είναι δύο(θεωρήσαμε ότι όλοι είναι μεταπτυχιακοί και κανένας δεν είναι βοηθός αλλιώς θα είχαμε ένα μάθημα παραπάνω στο διάνυσμα b2) και ο ελάχιστος ένα μάθημα (περιορισμός δύο). Οι πίνακες Α1, Α2 και Α2Α καθώς και τα αντίστοιχα διανύσματα bi αλλά και το διάνυσμα Χ φαίνονται παρακάτω.

	1ος	**2ος**	**3ος**	**1ος**	**2ος**	**3ος**	**1ος**	**2ος**	**3ος**
1ο	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
2ο	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
3ο	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1

$$* \begin{bmatrix} X11 \\ X12 \\ X13 \\ X21 \\ X22 \\ X23 \\ X31 \\ X32 \\ X33 \end{bmatrix} \le \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Πίνακας Α 1 **Διάνυσμα Χ** **Διάνυσμα b1**

Για τον πίνακα Α1 και για τον πρώτο περιορισμό λοιπόν πρέπει να ισχύει ότι:

$-X_{11}-X_{12}-X_{13} \le -2$
$-X_{21}-X_{22}-X_{23} \le -2$
$-X_{31}-X_{32}-X_{33} \le -2$

Όπου, Χ11 ο πρώτος επιτηρητής στο πρώτο μάθημα, Χ12 ο δεύτερος επιτηρητής στο πρώτο μάθημα, Χ13 ο τρίτος επιτηρητής στο πρώτο μάθημα και ούτω καθ'εξής και για τα υπόλοιπα στοιχεία του διανύσματος Χ. Η πρώτη σχέση δείχνει ότι στο πρώτο μάθημα το άθροισμα των επιτηρητών δεν μπορεί να είναι πάνω από δύο (άρα μέχρι δύο επιτηρητές μπορούν να πάνε). Το ίδιο ισχύει και για τις άλλες δύο σχέσεις.

Ουσιαστικά, εμείς θέλουμε να είναι ίσο με δύο και με την επίλυση του με το LINDO API το οποίο θα παρουσιάσουμε αργότερα πετυχαίνουμε ακριβώς αυτό.

	1ο	**2ο**	**3ο**	**1ο**	**2ο**	**3ο**	**1ο**	**2ο**	**3°**
1ος	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2ος	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3ος	0	0	1	0	0	1	0	0	1

$$* \begin{bmatrix} X11 \\ X12 \\ X13 \\ X21 \\ X22 \\ X23 \\ X31 \\ X32 \\ X33 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Πίνακας Α 2 **Διάνυσμα Χ Διάνυσμα b2**

Για τον πίνακα Α2, για τον δεύτερο περιορισμό και για τον μέγιστο αριθμό μαθημάτων που έχουν δικαίωμα να επιτηρούν οι μεταπτυχιακοί έχουμε ότι:

$X11+X21+X31 \leq 2$
$X12+X22+X32 \leq 2$
$X13+X23+X33 \leq 2$

Όπου, Χ11 ο πρώτος επιτηρητής στο πρώτο μάθημα, Χ21 ο πρώτος επιτηρητής στο δεύτερο μάθημα και Χ31 ο πρώτος επιτηρητής στο τρίτο μάθημα.. Το άθροισμα λοιπόν των μαθημάτων για τον πρώτο επιτηρητή που έχει το δικαίωμα να επιτηρεί δεν μπορεί να ξεπερνάει τα δύο μαθήματα. Το ίδιο ισχύει και για τους άλλους δύο επιτηρητές.

	1ο	2ο	3ο	1ο	2ο	3ο	1ο	2ο	3ο
1ος	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0
2ος	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0
3ος	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1

$$* \begin{bmatrix} X11 \\ X12 \\ X13 \\ X21 \\ X22 \\ X23 \\ X31 \\ X32 \\ X33 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Πίνακας Α 2Α **Διάνυσμα Χ** **Διάνυσμα b2A**

Ο πίνακας Α2Α έχει τις ακριβώς τις ίδιες ιδιότητες με αυτές του πίνακα Α2 με την μόνη διαφορά ότι αντί να υπολογίζουμε τα μέγιστα μαθήματα που μπορεί να επιτηρεί ο εκάστοτε μεταπτυχιακός υπολογίζουμε τα ελάχιστα μαθήματα (για αυτό και υπάρχει το μείων στις σχέσεις) δηλαδή:

-Χ11-Χ21-Χ31 ≤ -1
-Χ12-Χ22-Χ32 ≤ -1
-Χ13-Χ23-Χ33 ≤ -1

Όπως προαναφέραμε ο τρίτος περιορισμός μας είναι λοιπόν της μορφής Ci * Xij. Το διάνυσμα C περιέχει ως στοιχεία τα βάρη των επιτηρητών ανά μάθημα. Δηλαδή, αν ο μεταπτυχιακός ή ο βοηθός υπάγεται στον καθηγητή του οποίου το μάθημα θέλουμε να επιτηρήσει τότε συμπληρώνουμε τον αριθμό εννιά (9). Αν το μάθημα που μας ενδιαφέρει ανήκει στον τομέα στον οποίο υπάγεται και ο επιτηρητής τότε συμπληρώνουμε τον αριθμό τρία (3). Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή το μάθημα ανήκει σε άλλον τομέα τότε συμπληρώνουμε τον αριθμό ένα (1). Αυτά είναι λοιπόν τα βάρη μας και ο πίνακας που προκύπτει από το παράδειγμα μας είναι ο εξής:

	ΑΔΑΜΟΥΔΗΣ	ΑΜΠΟΥΝΤΩΛΑΣ	ΑΡΝΑΟΥΤΑΚΗΣ
ΜΕΘ.ΕΠΙΧ.ΕΡΕΥΝ.	1	3	9
ΗΛΕΚΤ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	3	1	3
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ	3	9	3

Πίνακας 1

Ο κύριος Αδαμούδης λοιπόν, δεν ανήκει στον τομέα που υπάρχει το μάθημα της Μεθοδολογίας Επιχειρησιακής Έρευνας αλλά ανήκει στον τομέα που υπάρχουν τα άλλα δύο μαθήματα, Ηλεκτρικά Κυκλώματα και Ηλεκτρονική. Ο κύριος Αμπουντώλας ανήκει στον τομέα που υπάγεται η Μεθ.Επιχ.Έρευνας, δεν ανήκει στον τομέα που υπάρχει το μάθημα των Ηλ.Κυκλωμάτων αλλά είναι μεταπτυχιακός (θα μπορούσε να ήταν και βοηθός, η ίδια λογική ισχύει στην συμπλήρωση του πίνακα) στον καθηγητή που διδάσκει την Ηλεκτρονική και άρα, συμπληρώνουμε τον αριθμό 9 (που σημαίνει ότι πρώτη προτεραιότητα του είναι να επιτηρήσει την Ηλεκτρονική). Κάτι αντίστοιχο, συμβαίνει και με τον κύριο Αρναουτάκη. 9 στο μάθημα της Μεθ.Επιχ.Έρευνας που σημαίνει ότι θα το επιτηρήσει οπωσδήποτε γιατί το διδάσκει ο καθηγητής του. Στα άλλα δύο μαθήματα, επειδή ανήκουν στον τομέα που υπάγεται και ο καθηγητής του συμπληρώνουμε τον αριθμό 3. Στο μοντέλο μας αυτό σημαίνει ότι ο περιορισμός 3 έχει την μορφή:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 1 \\ 9 \\ 9 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X11 \\ X12 \\ X13 \\ X21 \\ X22 \\ X23 \\ X31 \\ X32 \\ X33 \end{bmatrix}$$

Διάνυσμα C Διάνυσμα X

Ο πίνακας 1, λοιπόν, είναι ο πίνακας που πρέπει να συμπληρώσει ο αρμόδιος για την διεκπεραίωση του προγράμματος της εξεταστικής.

Οποιεσδήποτε αλλαγές προκύψουν τελευταία στιγμή συμπληρώνονται στον πίνακα 1. Πιο αναλυτικά θα αναφερθούμε σε επόμενη ενότητα.

Επιλύνοντας το πρόβλημα και αποθηκεύοντας τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα έχουμε:

	ΜΕΘ.ΕΠΙΧ.ΕΡΕΥΝΑΣ	ΗΛ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ
ΑΔΑΜΟΥΔΗΣ	0	1	1
ΑΜΠΟΥΝΤΩΛΑΣ	1	0	1
ΑΡΝΑΟΥΤΑΚΗΣ	1	1	0

<u>Πίνακας 2</u>

Ο πίνακας 2 δείχνει την βέλτιστη λύση για τα δεδομένα μας. Ο πίνακας αυτός έχει ως στοιχεία του μόνο άσους και μηδενικά. Οι άσοι υπάρχουν όταν ο επιτηρητής θα επιτηρήσει το μάθημα αλλιώς αν δεν το επιτηρήσει υπάρχει το μηδέν. Δηλαδή, ο κ Αδαμούδης πρέπει να επιτηρήσει τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα και την Ηλεκτρονική, ο κ Αμπουντώλας την Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας και ο κ Αρναουτάκης την Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας και τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα.

Στον πίνακα 3 φαίνονται τα τελικά αποτελέσματα. Η αντικατάσταση των άσσων με τα ανάλογα μαθήματα γίνεται αυτόματα στον κώδικα και αποθηκεύονται στο αντίστοιχο φύλλο του EXCEL.

ΑΔΑΜΟΥΔΗΣ	**ΑΜΠΟΥΝΤΩΛΑΣ**	**ΑΡΝΑΟΥΤΑΚΗΣ**
	ΜΕΘ.ΕΠΙΧ.ΕΡΕΥΝ	ΜΕΘ.ΕΠΙΧ.ΕΡΕΥΝ
ΗΛ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ		ΗΛ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ	

<u>Πίνακας 3</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΑΡΩΝ-ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αφού είδαμε πόσο εύκολα μπορεί η γραμματεία να τροποποιεί τα δεδομένα και τα αποτελέσματα ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, συνεχίζουμε στον πειραματισμό που κάναμε όσον αφορά τα βάρη των επιτηρητών. Τα δεδομένα μας ήταν τα 33 μαθήματα του χειμερινού εξαμήνου, οι 32 βοηθοί και μεταπτυχιακοί και υποθέσαμε ότι ο μέγιστος αριθμός μαθημάτων που μπορούν να επιτηρήσουν είναι για όλους τα 10 και έτσι υπολογίσαμε τον αριθμό των επιτηρητών που χρειάζεται το κάθε μάθημα. Αυτό που ουσιαστικά κάναμε ήταν να αλλάζουμε τα βάρη του πίνακα για να δούμε τι διαφορές θα έχουν ως προς την αρχική μας λύση (αν το μάθημα ανήκει στον επιβλέπων καθηγητή του επιτηρητή συμπληρώνουμε τον αριθμό 9, αν ανήκει στον ίδιο τομέα τον αριθμό 3 αλλιώς τον αριθμό 1) αλλά και αν οι διαφορές των λύσεων είναι τόσο σημαντικές ώστε η τροποποίηση των εκάστοτε βαρών να καλυτερεύει ή να χειροτερεύει την λύση . Επιλέξαμε τυχαία έξι επιτηρητές, δύο από τον κάθε τομέα. Κάναμε εφτά επαναλήψεις τα βάρη του τομέα (τον αριθμό τρία) και το μάθημα του επιβλέπων καθηγητή (τον αριθμό εννιά). Όλες οι επαναλήψεις για όλους τους επιτηρητές βρίσκονται στο παράρτημα.

Αντικατάσταση του 9 με	**Αντικατάσταση του 3 με**
40	3
50	20
70	20
70	30
100	30
150	120
190	120

Πίνακας 4

Τα αποτελέσματα από την τυχαία επιλογή των βαρών φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Οι κόκκινες περιοχές είναι η απόκλιση από την λύση με τα αρχικά βάρη. Οι κίτρινες περιοχές είναι τα βάρη αναλόγως με το αν ο επιτηρητής ανήκει στον τομέα ή όχι και αν επιτηρεί τα μαθήματα του επιβλέπων καθηγητή (πίνακας με τα βάρη των επιτηρητών που υπάρχει στο παράρτημα).

ΑΔΑΜΟΥΔΗΣ

ΜΑΘΗΜΑΤΑ

ΒΑΡΗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
9/.3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40/3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
40/20	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
70/20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
70/30	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
100/30	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150/120	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
190/120	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	3	1	3	3	1	3	9	9	1	3	1	3	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3

Την πρώτη φορά το 9 το αυξήσαμε σε 40 και το 3 το αφήσαμε το ίδιο για να δούμε πόσο επηρεάζεται η λύση από το αρχικό αποτέλεσμα όταν αυξάνουμε το ένα μόνο βάρος. Από τα 33 μαθήματα συνολικά παρατηρήσαμε αλλαγή (κόκκινα σημεία) μόνο στα 6 από αυτά.. Στην δεύτερη προσπάθεια μας αλλάξαμε το άλλο βάρος και από 3 το κάναμε 20.Το πρώτο βάρος παρέμεινε σταθερό στο 40. Τρεις οι αλλαγές των μαθημάτων που παρατηρούνται. Στην, τρίτη προσπάθεια μας αλλάξαμε το 40 και το κάναμε 70. Το 20 παρέμεινε σταθερό. Τέσσερις αλλαγές μαθημάτων δείχνουν τα κόκκινα σημεία. Στην τέταρτη επανάληψη κρατήσαμε το 70 σταθερό και αλλάξαμε το 20 και το αυξήσαμε σε 30. Η λύση μας είναι η ίδια με τα βάρη της δεύτερης επανάληψης (40/20). Στην πέμπτη προσπάθεια, κρατήσαμε σταθερό το βάρος σε 30 και αυξήσαμε το 70 και το κάναμε 100. Από τον πίνακα παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα είναι τα ίδια με της αρχικής λύσης (9/3). Στην έκτη προσπάθεια, αυξήσαμε κατά πολύ και τα δύο βάρη. Το 100 σε 150 και το 30 σε 120. Και σε αυτή την περίπτωση η λύση είναι η ίδια με τα βάρη της δεύτερης επανάληψης. Στην έβδομη και τελευταία επανάληψη, το 150 έγινε 190 και το 120 παρέμεινε σταθερό. Δύο μόνο αλλαγές παρατηρήθηκαν. Τι είναι τώρα αυτές οι αλλαγές στα μαθήματα; Ουσιαστικά δεν είναι τίποτα άλλο παρά αλλαγή των μαθημάτων του τομέα (εκτός από ένα μάθημα που δεν ανήκει στον τομέα και συγκεκριμένα το μάθημα 2). Δηλαδή, ο κ. Αδαμούδης, αν πάρουμε την περίπτωση δύο (40/3) σε σχέση με την λύση με τα αρχικά βάρη, αντί να επιτηρήσει τα μάθηματα 5, 7 και 22 επιτηρεί τα 8,21 και 32. Καταλήγουμε δηλαδή στο συμπέρασμα, ότι ουσιαστική αλλαγή δεν υπάρχει με τις αυξήσεις των βαρών όσον αφορά την περίπτωση του κ. Αδαμούδη.

ΟΙΚΟ/ΠΟΥΛΟΣ

9/.3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
40/3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
50/20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
70/20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
70/30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
100/30	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
150/120	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
190/120	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	1	1	1	3	1	3	3	1	9	3	3	1	3	1	9	1	1	1	1	9	3	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3

Ο κ. Οικονομόπουλος ανήκει στον ίδιο τομέα με τον κ. Αδαμούδη. Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι τα αποτελέσματα είναι άκρως ικανοποιητικά . Δηλαδή, επιτηρεί τα μαθήματα του τομέα και τα μαθήματα που διδάσκει ο επιβλέπων καθηγητής του (τα οποία είναι το 10ο, το 16ο και το 21ο) σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του κ. Αδαμούδη, στα οποία σε όλες τις περιπτώσεις επιτηρείται ένα μάθημα εκτός τομέα ενώ θα μπορούσε να καλυφθεί ένα άλλο μάθημα του ίδιου τομέα. Για τον κ. Οικονομόπουλο οι αλλαγές οφείλονται στο γεγονός ότι ενώ τα μαθήματα που επιτρέπεται να επιτηρήσει είναι 10, τα μαθήματα του καθηγητή του και του τομέα είναι 11. Για αυτό τον λόγο, σε σχεδόν όλες τις επαναλήψεις υπάρχει αλλαγή σε ένα μάθημα (σε αυτό που περισσεύει κάθε φορά)..

<u>Τομέας Επιστήμης Αποφάσεων</u>

ΚΑΡΑΚΙΤΣΙΟΥ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
9/.3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
40/3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
50/20	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
70/20	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
70/30	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
100/30	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
150/120	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
190/120	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3	1	1

Παρατηρώντας προσεκτικά τον πίνακα και έχοντας κάνει την ίδια διαδικασία με παραπάνω, εξάγουμε τα ίδια συμπεράσματα όπως και στους επιτηρητές του τομέα συστημάτων παραγωγής, δηλαδή, η κ. Καρακίτσιου σε όλες τις περιπτώσεις θα επιτηρήσει όλα τα μαθήματα του τομέα και το μάθημα του επιβλέπων καθηγητή (και είναι αυτό που μας ενδιαφέρει περισσότερο). Η ύπαρξη των τεσσάρων άσσων, όπως εξηγήσαμε παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι από τα δέκα μαθήματα, το σύνολο που ανήκουν στον επιβλέπων καθηγητή είναι στον τομέα του είναι έξι, άρα αναγκαστικά θα επιτηρήσει και τέσσερα εκτός τομέα (πρέπει να καλυφθεί και ο συνολικός αριθμός επιτηρητών που θα επιτηρούν το κάθε μάθημα). Τα κόκκινα σημεία λοιπόν είναι απλά αλλαγές των μαθημάτων των άλλων δύο τομέων.

	ΒΑΚΟΥΛΗ																																
9/.3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
40/3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
50/20	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
70/20	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
70/30	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
100/30	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
150/120	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
190/120	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1

Τα αποτελέσματα για την κ.Βακούλη δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από της κ. Καρακίτσιου. Παρατηρούμε όμως μια σταθερότητα σε όλες τις λύσεις σε σχέση με την αρχική άρα και μεταξύ τους.

Τομέας Οργάνωσης Και Διοίκησης

ΔΕΛΙΑΣ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
9/.3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
40/3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
50/20	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
70/20	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
70/30	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
100/30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
150/120	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
190/120	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	9	1	3	1	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1

Τα αποτελέσματα των επαναλήψεων για τον κ. Δελιά, για τις προσπάθειες με βάρη 9/3, 50/20, 150/120 είναι σχεδόν ίδιες και μοιάζουν με τα αποτελέσματα του κ. Αδαμούδη. Υπάρχουν συνολικά έντεκα μαθήματα που ανήκουν στον τομέα που μας ενδιαφέρει. Θα έπρεπε λοιπόν, να υπάρχουν άσσοι σε όσα μαθήματα υπάρχει ο αριθμός τρία ή εννιά και να περισσεύει ένα μάθημα του τομέα. Όμως, στις παραπάνω επαναλήψεις έχει δοθεί ο ένας άσσος σε μάθημα εκτός τομέα. Στις υπόλοιπες επαναλήψεις δεν παρατηρείται τέτοιο πρόβλημα.

ΤΣΙΡΩΝΗΣ

9/.3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
40/3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
50/20	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
70/20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
70/30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
100/30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
150/120	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
190/120	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	3	1	1	1	1	9	1	1	1	3	1	3	1	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	9	3	1	1	1	1	1

Για τον κ. Τσιρώνη τα αποτελέσματα είναι τέλεια. Οι αλλαγές των μαθημάτων είναι στον τομέα που μας ενδιαφέρει και επιτηρεί όλα τα μαθήματα του τομέα του εκτός από ένα που περισσεύει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ελέγχοντας τα αποτελέσματα από την παραπάνω διαδικασία και για τους υπόλοιπους επιτηρητές παρατηρούμε ότι η αύξηση των βαρών ουσιαστικά δεν προκαλεί κάποια σημαντική διαφοροποίηση στα αποτελέσματα. Παρατηρούμε δηλαδή ότι, η αλλαγή της σειράς των μαθημάτων που επιφέρουν τα βάρη στις λύσεις σε σχέση με την αρχική, αλλά και στην κάθε μία σε σχέση με τις υπόλοιπες, έχει να κάνει με την εκάστοτε βέλτιστη λύση του προβλήματος. Άρα, κάθε λύση θεωρείται βέλτιστη και η επιλογή των βαρών δεν παίζει ρόλο.