ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

υπό

ΠΑΣΧΑΛΙΝΑΣ Δ. ΓΟΥΝΑΡΗ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας
2007

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης

(Επιβλέπων) Λέκτορας Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών

Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών

Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Δημήτριος Παντελής

Διδάσκων (Π.Δ. 407/80) Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών

Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Λέκτορα κ. Γεώργιο Κοζανίδη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Θα ήθελα ακόμη να τον ευχαριστήσω γιατί υπήρξε ένα από τα άτομα που με τη δουλειά τους με βοήθησαν να βρώ το δρόμο μου πριν από τρία χρόνια, αλλά και την υπομονή που έδειξε τον τελευταίο καιρό στις συνεχόμενες ενοχλητικές εφόδους μου στο γραφείο του.Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο και Δημήτριο Παντελή για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω να ευχαριστήσω τους συνάδελφους μου Πανταζή Σαράντη και Μπότσικα Χρήστο για την πολύτιμη βοήθεια τους στον προγραμματισμό της Fortran.

Ευχαριστώ τις φίλες μου Νανά Βικοπούλου, Αλεξάνδρα Βογιατζή και Αμαρυλλίς Σαμαρά γιατί υπήρξαν σημαντικό κομμάτι των φοιτητικών μου χρόνων και περάσαμε αλησμόνητες στιγμές "καρέ". Ιδιαίτερα ευχαριστώ το Γιώργο για την απίστευτη υποστηριξή του όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος ευχαριστώ από καρδιάς τους γονείς μου, Δημήτρη και Αφροδίτη για την ανιδιοτελή τους αγάπη και για όλα όσα έχουν κάνει για μένα. Για τη συμπαράστασή τους ειδικά το τελευταίο διάστημα αλλά και για τη κατανόησή τους ακόμη και τις στιγμές που γίνομαι πραγματικός μπελάς. Τον αδερφό μου Χρυσοβαλάντη που συνεχίζει να είναι ένα κρυφό στήριγμα για μένα.

Αφιερώνω την εργασία αυτή στη μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Λίνα Γούναρη

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΑΣΧΑΛΙΝΑ ΓΟΥΝΑΡΗ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2007

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης, Λέκτορας ΠΘ

Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία αναπτύσσουμε ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού, το οποίο βελτιστοποιεί το πρόγραμμα εξεταστικής περιόδου του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, καλύπτοντας όσο το δυνατόν περισσότερες ουσιαστικές ανάγκες του τμήματος και των φοιτητών.

Το μοντέλο επιλύεται με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένου λογισμικού και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μια σειρά πειραμάτων παρουσιάζονται αναλυτικά

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζουμε πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο αυτής της διπλωματικής εργασίας, παραθέτουμε μια ανασκόπηση της σχετικής με την εργασία βιβλιογραφίας και περιγράφουμε συνοπτικά τις βασικές ενότητες της διπλωματικής εργασίας.

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Ο χρονοπρογραμματισμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων είναι μια από τις πιο σημαντικές και συνάμα πολύπλοκες διοικητικές δραστηριότητες την οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν τα περισσότερα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα της χώρας και όχι μόνο.

Στην πλειοψηφία των Πανεπιστημίων, ο μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων που πρέπει να προγραμματιστούν και η ευρεία ποικιλία περιορισμών που πρέπει να ληφθούν υπόψη κάνει την κατασκευή ενός χρονοδιαγράμματος (timetable) εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση, ενώ η αναλυτική λύση του προβλήματος της απαιτεί συνήθως σημαντική προσπάθεια και χρόνο. Οι δύο κύριες κατηγορίες προβλημάτων προγραμματισμού εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων είναι:

◊ Εκπόνηση προγράμματος διδασκαλίας

◊ Εκπόνηση Προγράμματος Εξετάσεων, με τον οποίο και ασχολούμαστε στη παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε εδώ ότι τα τελευταία 40 χρόνια η ανάπτυξη των αυτοματοποιημένων μεθόδων για τον Προγραμματισμό Ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων είναι ένα ζήτημα το οποίο έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον και την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας από διάφορους Τομείς με κυριότερο αυτόν της Επιχειρησιακής Έρευνας.

Έτσι η ανάγκη του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας για καθιέρωση ενός μόνιμου Προγράμματος Εξεταστικής υπήρξε και το κίνητρό μας να ασχοληθούμε με το συγκεκριμένο θέμα. Αναπτύσσοντας ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού κι επιλύοντάς το με τη βοήθεια ενός λογισμικού Βελτιστοποίησης το πρόβλημα κατάστρωσης του Προγράμματος απαιτεί ελάχιστο υπολογιστικό χρόνο.

Κατά τη διάρκεια διερεύνησης του Προβλήματος, διαπιστώσαμε ότι πρόκειται για ένα πρόβλημα Ανάθεσης αισθητά πιο πολύπλοκο από αυτά που συναντήσαμε στα πλαίσια των μαθημάτων Μαθηματικού και Ακέραιου Προγραμματισμού. Πιστεύουμε λοιπόν, πως η ενασχόλησή μας μ' αυτό μας έδωσε τις απαραίτητες βάσεις, ερευνητική εμπειρία και εξοικείωση ώστε να μπορέσουμε μελλοντικά σε επαγγελματικό επίπεδο πια να επεκταθούμε και σ' άλλα παρόμοια προβλήματα.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού (timetabling) ανάγεται στην κατηγορία προβλημάτων χρονοδρομολόγησης (scheduling). Το 1996, ο Wren περιέγραψε τη δημιουργία χρονοδιαγράμματος ως ένα πρόβλημα ανάθεσης διαθέσιμων πόρων σε έναν περιορισμένο αριθμό χωρικών και χρονικών θέσεων υπό μια σειρά περιορισμών. Τέτοιου είδους προβλήματα καλούνται καθημερινά να αντιμετωπίσουν Εκπαιδευτικά και Νοσοκομειακά Ιδρύματα αλλά και τομείς όπως αυτοί των Μεταφορών και Αθλητικών Δραστηριοτήτων.

Στη Βιβλιογραφία βρίσκουμε αρκετές αντιφατικές απόψεις πάνω στο θέμα αυτό. Ο Wren (1996) ισχυρίζεται πως η χρονοδομολόγηση συχνά στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους των πόρων ενώ η δημιουργία χρονοδιαγράμματος εργασιών (timetabling), στην επίτευξη των δεδηλωμένων στόχων στα μέγιστα δυνατά. Από την άλλη ο Carter (2001) τονίζει πως ο χρονοπρογραμματισμός σε αντίθεση με τη χρονοδρομολόγηση αποφασίζει με κριτήριο το χρόνο ποια γεγονότα θα λάβουν χώρα στις διαθέσιμες θέσεις μη υπολογίζοντας την ακριβή θέση των πόρων.

Ο Προγραμματισμός Εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες: στον ωρολόγιο προγραμματισμό διδασκαλίας και στον προγραμματισμό εξεταστικής περιόδου. Στον προγραμματισμό εξεταστικής περιόδου τα μαθήματα που εξετάζονται προγραμματίζονται στις διαθέσιμες αίθουσες και χρονικές θέσεις υπό κάποιους περιορισμούς. Συνήθως υπάρχουν δύο ειδών περιορισμοί, οι βασικοί περιορισμοί (hard constraints) και οι δευτερεύοντες (soft constraints). Οι βασικοί περιορισμοί είναι φυσικοί περιορισμοί που πρέπει αυστηρώς να ικανοποιηθούν ενώ οι δευτερεύοντες αποτελούν προτιμήσεις, η εκπλήρωση των οποίων δεν είναι απολύτως απαραίτητη αλλά επιθυμητή. Οι λύσεις που δεν παραβιάζουν τους βασικούς περιορισμούς καλούνται εφικτές λύσεις, ωστόσο μερικά προβλήματα είναι τόσο σύνθετα που είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρεθεί έστω και μία εφικτή λύση. Οι προσεγγίσεις πάνω στον χρονοπρογραμματισμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ποικίλουν κι έχουν όλες δοκιμαστεί με πραγματικά δεδομένα. Οι περισσότερες από αυτές έχουν καταγραφεί στην επίσημη Βιβλιογραφία και ταξινομούνται με διαφορετικά κριτήρια.

Η πρώτη προσέγγιση έγινε από τον Akkoyunly το 1973 και στην ουσία δεν ήταν άλλο παρά ένα πρώιμο μοντέλο ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού όπου τα ανατιθέμενα γεγονότα εκφράζονταν ως δυαδικές μεταβλητές. Δυστυχώς οι υπολογιστικές απαιτήσεις έκαναν δύσκολη την εφαρμογή του, παρ' όλα αυτά η έρευνα αυτή επεκτάθηκε από τους Δημοπούλου και Μηλώτη (2001).

Μία προσέγγιση βασισμένη στο χρωματισμό γραφημάτων έγινε από τον de Werra (1985) όπου το πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού εκφράζεται ως ένα γράφημα με συνήθη τακτική ο προγραμματισμός να αρχίζει από τα πιο δύσκολα γεγονότα. Ο κύριος λόγος που αυτή και άλλες παρόμοιες ευρεστικές μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από τους προγραμματιστές υπήρξε η εύκολη εφαρμογή τους.

Μία άλλη μέθοδος (Cluster methods) είναι αυτή κατά την οποία το σύνολο των γεγονότων χωρίζεται αρχικά σε έναν αριθμό ομάδων έτσι ώστε να ικανοποιούν τους βασικούς περιορισμούς κι έπειτα οι διαμορφωμένες ομάδες ανατίθενται σε χρονικές περιόδους για να εκπληρώσουν τους δευτερεύοντες περιορισμούς. Με αυτό ασχολήθηκαν οι White and Chan (1979) – Lotfi and Cerveny (1991) χωρίς όμως να πετύχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Την ίδια βάση στους περιορισμούς έδωσε και ο Brailsford (1999). Σύμφωνα με την προτεινόμενη τεχνική (Constraint Based approaches), ορίζονται παράμετροι κέρδους οι οποίες αντιστοιχούν σε ένα σύνολο μεταβλητών μέχρι να βρεθεί η λύση που ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η συνεχής ανάπτυξη των υπολογιστικών και αυτοματοποιημένων μεθόδων είχε σαν αποτέλεσμα τη στροφή των ερευνητών στις μετα-ευρεστικές τεχνικές. Μερικές από αυτές είναι η αναζήτηση προσομοιωμένης ανόπτησης (simulated annealing) (βλ. Abramson , 1991) ,τεχνική απαγορευμένων λιστών (tabu search) από τον Hertz (1991-2) και η χρήση γενετικών αλγορίθμων (genetic algorithms). Χαρακτηριστικό προτέρημα των μετα- ευρεστικών μεθόδων είναι πως ξεκινούν με μία ή περισσότερες αρχικές λύσεις και σε συνδυασμό με εκτεταμένο συντονισμό των παραμέτρων του προβλήματος δίνουν λύσεις υψηλής ποιότητας γεγονός που απαιτεί σημαντικά υπολογιστικά κόστη. Η σειρά βιβλίων "Practice and Theory of Automated Timetabling" (Burke and Ross, 1996; Burke and Carter, 1998;Burke and Erben, 2001;Burke and De Causmaecker,2003) παραθέτει αξιόλογο αριθμό σχετικών παραδειγμάτων.

Ένα πολυφασικό πακέτο προγραμματισμού εξετάσεων ανέπτυξαν οι Arany -Lotfi (1989) κι έπειτα οι Lotfi – Cernevy (1991) όπου κάθε φάση επιχειρεί να ελαχιστοποιήσει την παραβίαση ενός συγκεκριμένου περιορισμού. Το πακέτο εντάσσεται στην κατηγορία προσεγγίσεων με πολλαπλά κριτήρια. Τέλος, πιο σύγχρονες μέθοδοι (Case-based approaches) χρησιμοποιούν παλαιότερες λύσεις ως δομικά στοιχεία για να δημιουργήσουν νέες σε άλλα προβλήματα χρονοπρογραμματισμού. Εφαρμόστηκαν από τους Burke και Petovic (2002).

Φυσικά η έρευνα δε σταματά εδώ. Στην πορεία προσπάθειας επίλυσης προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού οι μελετητές έδειξαν την επιθυμία εξέλιξης των παλαιότερων τεχνικών και την προσπάθεια συνδυασμού τους με νεότερες. Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν περιορίζονται στις αυτοματοποιημένες μεθόδους αλλά γίνεται συνταίριασμα ευρεστικών τεχνικών με άλλες πιο σύγχρονες.

◊ Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζουμε και αναλύουμε τα αποτελέσματα Εφαρμογής του μαθηματικού Μοντέλου.

◊ Στο Κεφάλαιο 6 περιγράφουμε το σχεδιασμό των πειραμάτων που εκτελέσαμε στα πλαίσια της περεταίρω έρευνας του Μοντέλου.

◊ Τέλος, μια σύνοψη της διπλωματικής εργασίας και προτάσεις βελτίωσης του μοντέλου παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 7.

Κεφάλαιο 2 Το Πρόβλημα

2.1 Το Πρόβλημα Κατάστρωσης του Προγράμματος Εξεταστικής

Ένα από τα προβλήματα που καλείται να φέρει εις πέρας το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών όπως και κάθε πανεπιστημιακό ίδρυμα σχετίζεται με τη σωστή και λειτουργική κατάρτιση του ωρολογίου προγράμματος σπουδών καθώς και του προγράμματος της εξεταστικής περιόδου. Στη παρούσα διπλωματική θα ασχοληθούμε με το δεύτερο, δεδομένου ότι το πρόβλημα κατάρτισης του ωρολογίου προγράμματος του τμήματος έχει αποτελέσει θέμα διπλωματικής εργασίας συναδέλφους στο παρελθόν.

Όπως είναι γνωστό, κάθε ακαδημαϊκό έτος περιλαμβάνει τρεις εξεταστικές περιόδους. Η πρώτη περιλαμβάνει τα μαθήματα της χειμερινής περιόδου, η δεύτερη τα μαθήματα της εαρινής, και η τρίτη όλα τα μαθήματα. Συγκεκριμένα, τα μαθήματα της χειμερινής περιόδου εξετάζονται το μήνα Φεβρουάριο μετά τη λήξη του αντίστοιχου εξαμήνου ενώ της εαρινής περιόδου τον Ιούνιο.

Έτσι λοιπόν, στο πέρας κάθε εξαμήνου οι φοιτητές μπαίνουν στη διαδικασία εξέτασης των μαθημάτων που οι ίδιοι έχουν δηλώσει με αίτηση τους στην αρχή της διδακτικής περιόδου σύμφωνα με το έτος φοίτησης αλλά και των προσωπικών φοιτητικών τους εκκρεμοτήτων. Το Σεπτέμβρη πριν την έναρξη του επόμενου χειμερινού εξαμήνου δίνεται μια δεύτερη ευκαιρία εξέτασης όλων των μαθημάτων που έχουν διδαχθεί κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους.

Το πρόβλημα κατάστρωσης του προγράμματος εξεταστικής μέχρι τώρα αντιμετωπιζόταν εμπειρικά. Αυτό όπως είναι φυσικό έχει σαν αποτέλεσμα ένα Πρόγραμμα Εξεταστικής με σημαντικές ελλείψεις που ικανοποιεί τους βασικούς περιορισμούς μεν, χωρις να ικανοποιεί πολλούς απο τους δευτερεύοντες δε. Σαν επακόλουθο αυτής της κατάστασης έρχονται οι αλλάγές σε πολλά σημεία την τελευταία στιγμή κάτι που μπορεί να έχει σοβαρό αντίκτυπο στο φοιτητή και στο προσωπικό του πρόγραμμα.

2.2 Πρόταση Επίλυσης

Προσπαθήσαμε να αναπτύξουμε ένα αξιόπιστο εργαλείο για την κατάρτιση του προγράμματος Εξεταστικής, ΄΄χτίζοντας΄΄ σταδιακά ένα μαθηματικό μοντέλο που ικανοποιεί μια σειρά από περιορισμούς. Το πιο σημαντικό ήταν να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των φοιτητών χωρίς να παραμεριστούν αυτές των Καθηγητών.

Είναι λογικό κατά την περίοδο της εξεταστικής το πρόγραμμα του φοιτητή να είναι αρκετά φορτωμένο από άποψη διαβάσματος. Για το λόγο αυτό, το μοντέλο εξασφαλίζει ότι δεν εξετάζονται μαθήματα του ίδιου έτους την ίδια μέρα. Ωστόσο, μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε σε μαθήματα αυξημένου συντελεστή βαρύτητας, η εξέταση των οποίων προνοήσαμε να απέχει τουλάχιστον δύο μέρες. Ο συντελεστής βαρύτητας κρίνεται κατά περίπτωση. Για παράδειγμα, αυξημένο συντελεστή βαρύτητας έχουν κάποια μαθήματα που στην πορεία των χρόνων έχουν δείξει να δυσκολεύουν ιδιαίτερα τους φοιτητές. Έτσι αν κάποιος φοιτητής πρέπει να εξεταστεί σε δύο μαθήματα αυτής της κατηγορίας του παρέχεται ένα ενδιάμεσο διάστημα προετοιμασίας.

Με τους παραπάνω περιορισμούς προσπαθήσαμε να διασφαλίσουμε βασικές ανάγκες των φοιτητών. Στην πορεία προσθέσαμε κι άλλους που όμως έχουν να κάνουν περισσότερο με τη μορφή του προγράμματος και φυσικά, υπάρχουν άλλοι καλούμενοι ως σφιχτοί περιορισμοί (hard constraints) κοινοί σε προβλήματα ανάθεσης.

Όσον αφορά τους Καθηγητές, η προτεινόμενη μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η δυνατότητα επιλογής των ημερών που θα εξετάσουν το μάθημά τους. Κάθε καθηγητής καλείται να συμπληρώσει έναν πίνακα κέρδους στον οποίο δηλώνει με έναν αριθμό την προτίμησή του για κάθε ημέρα και τρίωρο της εξεταστικής περιόδου. Μεγαλύτερος αριθμός σημαίνει μεγαλύτερη προτίμηση να εξεταστεί το μάθημα το συγκεκριμένο τρίωρο.

Το πρόγραμμα εξεταστικής που προκύπτει είναι η βέλτιστη λύση του μαθηματικού μοντέλου που έχουμε αναπτύξει και διαμορφώνεται πλην των άλλων συναρτήσει των πινάκων κέρδους και της προσωπικής επιλογής των καθηγητών.

Κεφάλαιο 3 Μορφοποίηση Μαθηματικού Μοντέλου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία εκτενής περιγραφή της μορφοποίησης του προβλήματος της κατάστρωσης προγράμματος εξεταστικής ορίζοντας αρχικά τα σύνολα ,τις παραμέτρους και τις μεταβλητές του μαθηματικού μοντέλου. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τους περιορισμούς και την αντικειμενική συνάρτηση που το αποτελούν.

3.1 Ορισμοί Συνόλων , Παραμέτρων και Μεταβλητών

Τα σύνολα, οι παράμετροι και οι μεταβλητές που ακολουθούν έχουν οριστεί για το πρόβλημα κατάστρωσης προγράμματος εξεταστικής του Σεπτεμβρίου. Στα Παραρτήματα I και II παρατίθεται η ανάλογη προσαρμογή των σχετικών χαρακτηριστικών για το πρόγραμμα εξεταστικής του χειμερινού και εαρινού εξαμήνου καθώς και τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα.

<u>Σύνολα</u>

M: Σύνολο όλων των μαθημάτων. Κάθε μάθημα συμβολίζεται με το δείκτη m και παίρνει τιμές στο σύνολο M αριθμημένα με βάση τις επίσημες κώδικες ονομασίες .Το σύνολο των εξεταζόμενων μαθημάτων στην περίπτωσή μας είναι 75.

K: Σύνολο των διδασκόντων. Κάθε διδάσκων συμβολίζεται με το δείκτη k .Στο σύνολό τους οι διδάσκοντες είναι 39.

D: Σύνολο όλων των ημερών. Κάθε εργάσιμη μέρα που εξετάζεται ένα μάθημα συμβολίζεται με το δείκτη d και παίρνει τιμές από 1…25, όσες και οι μέρες εξέτασης στο σύνολό τους. Ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στη Δευτέρα, ο 2 στη Τρίτη…ο 5 στην Παρασκευή, ο 6 πάλι στη Δευτέρα κοκ .

T: Σύνολο των τρίωρων εξέτασης. Το τρίωρο εξέτασης ενός μαθήματος m, τη μέρα εξέτασης d, παίρνει τιμές στο σύνολο T (1...4). Τα στοιχεία του συνόλου αντιστοιχούν στα εξής τρίωρα: 09-12, 12-15, 15-18 και 18-21 και συμβολίζονται με το δείκτη *t*.

Τα στοιχεία των Συνόλων M και K δίνονται αναλυτικά σε πίνακες στο Παράρτημα I.

Υποσύνολα

m_{ypox} : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν όλα τα Υποχρεωτικά μαθήματα *m* του Κορμού και των τριών Κατευθύνσεων. Όπου $m_{ypox} \in$ M.

m_{s1}: Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν όλα τα μαθήματα *m* του 1^{ου} έτους. Αντιστοίχως, τα υποσύνολα **m_{s2}, m_{s3} m_{s4} m_{s5}** περιλαμβάνουν τα μαθήματα του 2^{ου} 3^{ου} 4^{ου} και 5^{ου} έτους. Σημειώνεται ότι m_{s1}, m_{s2}, m_{s3} m_{s4} m_{s5} $\in$ M.

m_{Yypox} : Σ' αυτό το Υποσύνολο ανήκουν μόνο τα Υποχρεωτικά μαθήματα *m* του Κορμού όπως έχουν καθοριστεί από τον επίσημο οδηγό Σπουδών του Τμήματος με $m_{Yypox} \in$ M.

m_{hard}: Ορίζεται ως ένα υποσύνολο το οποίο αποτελείται από μία ομάδα μαθημάτων, που αναλόγως θεωρούνται ως μαθήματα ιδιαίτερα αυξημένης δυσκολίας. Υπάρχουν κάποια μαθήματα που δυσκολεύουν αρκετά τους φοιτητές στη διάρκεια της φοίτησής τους στο Τμήμα και για το λόγο αυτό ορίσαμε το συγκεκριμένο υποσύνολο. Και πάλι $m_{hard} \in$ M.

Τα στοιχεία των παραπάνω Υποσυνόλων παρατίθενται στο Παράρτημα II.

Παράμετροι

a_{km} : Παράμετρος που παίρνει την τιμή 1 αν ο καθηγητής *k* εξετάζει το μάθημα *m* και 0, αν όχι

P_{kdt}: Παράμετρος που δηλώνει την προτίμηση του καθηγητή *k* να εξετάσει τη μέρα *d* το τρίωρο *t*. Οι τιμές που παίρνει είναι συνήθως ακέραιες, με μεγαλύτερο αριθμό να αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη προτίμηση του διδάσκοντα

Μεταβλητή Απόφασης

Για τη μορφοποίηση του προβλήματός μας ορίστηκαν οι εξής μεταβλητές απόφασης:

X_{kmdt}: Δυαδική μεταβλητή, η οποία παίρνει την τιμή 1 αν ο καθηγητής *k* εξετάζει το μάθημα *m* τη μέρα *d* και το τρίωρο *t*, και 0 αν όχι.

3.2 Μαθηματικό Μοντέλο

Έχοντας ορίσει τους απαραίτητους δείκτες προχωρήσαμε στη δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου με **αντικειμενική συνάρτηση** την εξής:

$$\textbf{Max} \sum_k \sum_m \sum_d \sum_t a_{km} p_{kdt} X_{kmdt}$$

Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης εξαρτάται από τη δυαδική παράμετρο a, τη δυαδική μεταβλητή απόφασης X και την παράμετρο κέρδους p. Η τελευταία είναι και αυτή που συντελεί ουσιαστικά στη βέλτιστη τιμή καθώς αντιστοιχεί στην προτίμηση των καθηγητών για εξέταση σε συγκεκριμένη μέρα.

Ακολουθούν οι περιορισμοί που ολοκληρώνουν τη μορφοποίηση του προβλήματος.

Βασικοί περιορισμοί :

$$\sum_k \sum_d \sum_t X_{kmdt} a_{km} = 1 \qquad \text{για κάθε } m \in M \qquad \textbf{(1)}$$

Ο πρώτος περιορισμός ορίζει ότι κάθε μάθημα εξετάζεται μόνο μία φορά.

$$\sum_{k}\sum_{m} X_{kmdt} \leq 1 \qquad \text{για κάθε } d \in D,\ t \in T \qquad \textbf{(2)}$$

Σε οποιοδήποτε τρίωρο δε μπορούν να εξετάζονται περισσότερα από ένα μαθήματα.

$$X_{kmdt} \in \{0,1\} \qquad \text{για κάθε } k \in K,\ m \in M,\ d \in D,\ t \in T \qquad \textbf{(3)}$$

Εξασφαλίζει την ακεραιότητα των μεταβλητών απόφασης.

<u>**Δευτερεύοντες περιορισμοί**</u>

$$\sum_{k}\sum_{t}\sum_{M \in m_{si}} X_{kmdt} \leq 1 \qquad \text{για κάθε } d \in D,\ \text{Msi όπου } i = 1, 2, 3, 4, 5 \qquad \textbf{(4)}$$

Κανένα μάθημα δεν πρέπει να εξετάζεται την ίδια μέρα με άλλα μαθήματα του ίδιου έτους.

$$\sum_{k}\sum_{t}\sum_{M \in m_{hard}} X_{kmdt} + \sum_{k}\sum_{t}\sum_{M \in m_{hard}} X_{kmd+1t} + \sum_{k}\sum_{t}\sum_{M \in m_{hard}} X_{kmd+2t} \leq 1 \qquad \textbf{(5)}$$

Μέσα σε διάστημα 3 ημερών επιτρέπεται να εξετάζεται το πολύ ένα μάθημα αυξημένης δυσκολίας. Κάθε μάθημα δηλαδή που έχει χαρακτηρισθεί ως ιδιαίτερα δύσκολο δε μπορεί να εξετασθεί παρά μόνο αφού έχουν μεσολαβήσει 2 ημέρες από την προηγούμενη εξέταση μαθήματος της ίδιας κατηγορίας. Με τον παραπάνω περιορισμό πιστεύουμε ότι δίνεται στο φοιτητή ένα ικανοποιητικό διάστημα διευκολύνοντας τον έτσι να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του εκάστοτε μαθήματος. Σημειώνουμε ότι η περίπτωση εξέτασης μαθημάτων Παρασκευή και Δευτέρα δεν παραβιάζει τον άνωθι περιορισμό καθώς μεσολαβούν οι δύο μέρες του σαββατοκύριακου. Ο δείκτης d μπορεί να πάρει τις τιμές 1,2,3,6,7,8,11,12,13,16,17,18,21,22,23 έχοντας αποκλείσει τις δύο τελευταίες μέρες κάθε εβδομάδας.

$$X_{kmdt=4} = 0 \quad \text{για κάθε } k \in K,\ m \in \text{MYypox},\ d \in D \qquad \textbf{(6)}$$

Με αυτό τον περιορισμό δεν επιτρέπουμε σε κανένα Υποχρεωτικό μάθημα κορμού να εξετάζεται το τρίωρο 6-9. Ο συγκεκριμένος περιορισμός υιοθετήθηκε από το μέχρι τώρα ενδεικτικό πρόγραμμα εξεταστικής της σχολής.

Πρόσθετοι περιορισμοί

Οι παραπάνω περιορισμοί, αποτελούν την πρώτη προσέγγιση μας στη σύνθεση του μαθηματικού μοντέλου για τη βελτιστοποίηση του προγράμματος εξεταστικής του τμήματος. Στα πρώτα αποτελέσματα που πήραμε διαπιστώσαμε ότι υπάρχει μια ακανόνιστη τοποθέτηση των μαθημάτων σε "θέσεις" εξέτασης κάτι που δε συμβαδίζει απόλυτα με τη σύνηθες μορφή ενός προγράμματος. Υπήρχαν κενά ενδιάμεσα στις ώρες καθώς επίσης και αρκετές πρωινές ώρες χωρίς κανένα μάθημα προς εξέταση. Θεωρήσαμε λοιπόν πως είναι απαραίτητος ένας περιορισμός ο οποίος θα εξασφαλίζει ότι οι εξετάσεις των μαθημάτων γίνονται όσο το δυνατόν νωρίτερα. Την απαίτηση αυτή την εξασφαλίσαμε με τον εξής περιορισμό:

Κεφάλαιο 4 Επίλυση του Μαθηματικού Μοντέλου

Σ' αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική εισαγωγή στη γλώσσα προγραμματισμού Ampl και στο πακέτο λογισμικού βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου που αναπτύξαμε στο Κεφάλαιο 3. Κατόπιν δίνεται το μαθηματικό μοντέλο μορφοποιημένο στη γλώσσα τις Ampl και σαφής περιγραφή της διαδικασίας επίλυσης.

4.1 Η Γλώσσα Μορφοποίησης Ampl και το Πακέτο Λογισμικού Επίλυσης CPLEX

Η Ampl® είναι μια περιεκτική, δυνατή αλγεβρική γλώσσα μορφοποίησης για προβλήματα γραμμικού, μη γραμμικού και ακέραιου προγραμματισμού. Βασισμένη στις σύγχρονες αρχές μορφοποίησης χρησιμοποιεί μια προηγμένη αρχιτεκτονική παρέχοντας σημαντική ευελιξία στο χρήστη κάτι που λείπει από τα περισσότερα ανάλογα συστήματα και χρησιμοποιείται επιτυχώς σε απαιτητικά μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού σε όλο τον κόσμο.

Ένα από τα βασικά προτερήματά της είναι ότι επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει μοντέλα χρησιμοποιώντας απλή αλγεβρική έκφραση έτσι ώστε ακόμη και ένα πολύ μεγάλο, σύνθετο μοντέλο να μπορεί συχνά να δηλωθεί σε μία συνοπτική (συνήθως λιγότερο από μια σελίδα), κατανοητή μορφή κάνοντας ακόμη πιο εύκολη τη κατανόηση, τη διόρθωση και τροποποίησή του.

Να σημειωθεί ότι η Ampl δε λύνει τα παραπάνω προβλήματα απευθείας, αντ' αυτού καλεί εξωτερικούς solvers (όπως CPLEX, FortMP, MINOS, IPOPT, SNOPT, KNITRO κ.α). Για τη παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού βελτιστοποίησης CPLEX[1] το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για τη λύση προβλημάτων ακέραιου και γραμμικού προγραμματισμού και διατίθεται από το 1997 από την ILOG.

Η Ampl[2] αναπτύχθηκε στα Εργαστήρια της Bell, κέντρο έρευνας και ανάπτυξης της εταιρίας Lucent Technologies και διατίθεται επίσης από την ILOG

[1] Το πακέτο λογισμικού CPLEX αναπτύχθηκε από τον Robert E. Bixby

[2] Η AMPL αναπτύχθηκε από τους Robert Fourer, David Gay και Brian Kernighan

4.2 Μορφοποίηση Μοντέλου με τη Χρήση της Ampl

 # model

#Sets

```
set M; # mathimata
set K; # kathigites
set D; # imeres
set T; # diwra

set Ms1; # mathimata 1ou etous
set Ms2; # mathimata 2ou etous
set Ms3; # mathimata 3ou etous
set Ms4; # mathimata 4ou etous
set Ms5; # mathimata 5ou etous

set Mhard; # duskola mathimata
set Mypox; # upoxrewtika mathimata
set MYypox; # upoxrewtika mathimata kormou (plin upox kateuthinsis)
```

 # Parameters

```
#------------------------------------------------------------------------------------------------------------

param a {k in K, m in M}; # sundeei kathigites me mathima (duadiki)
param p {k in K, d in D, t in T}; # suntelestes kerdous
```

 # Decision Variables

```
var X {k in K, m in M, d in D, t in T} binary;

# Objective function
maximize profit: sum {k in K, m  in M, d in D, t in T} a[k,m] * p[k,d,t] * X[k,m,d,t];

# Constraints
#-----------------------------------------------------------------------------------------------------

subject to Constraint1 {m in M}: sum {k in K, d in D, t in T} X[k,m,d,t]*a[k,m] = 1;

subject to Constraint2 {d in D, t in T}: sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint3 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms1} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint4 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms2} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint5 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms3} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint6 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms4} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint7 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms5} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint8 {d in D: d <>4 && d <> 5 && d <> 9 && d <> 10 && d <> 14
&& d <> 15 && d <> 19 && d <> 20 && d <> 24 && d <> 25}: sum {k in K,t in T, m in
Mhard} X[k,m,d,t] + sum {k in K,t in T, m in Mhard} X[k,m,d+1,t] + sum {k in K,t in T,
m in Mhard} X[k,m,d+2,t] <= 1;

subject to Constraint9 {k in K,m in MYypox,d in D}: X[k,m,d,4] = 0;

subject to Constraint10 {d in D, t in 1..2}: sum {k in K, m in Mypox} X[k,m,d,t]*a[k,m]
>= sum {k in K, m in  Mypox} X[k,m,d,t+1]*a[k,m];

subject to Constraint11 {d in D, t in 1..3}: sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t+1]*a[k,m] <=
sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t]*a[k,m];
```

Η μορφοποίηση που προηγήθηκε είναι η τελική μορφή του μοντέλου στη γλώσσα προγραμματισμού της Ampl. Τα δεδομένα (data) και το μορφοποιημένο μοντέλο (model) του προβλήματος γράφτηκαν στο Notepad του λογισμικού Windows της Microsoft. Κάθε πρόταση που ακολουθεί μετά το σύμβολο της δίεσης (#) δεν είναι εκτελεστικά αναγνώσιμη από τη Γλώσσα προγραμματισμού και αποτελεί σχόλιο.

Η διάταξη των εκφράσεων στην Ampl είναι σχετικά ελεύθερη . Αρχικά δηλώνονται από τον προγραμματιστή τα σύνολα, οι παράμετροι, και οι μεταβλητές απόφασης του προβλήματος. Παρ' όλο που είναι αναγκαίο να δηλωθούν πριν χρησιμοποιηθούν στις εκφράσεις της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών, δεν επιβάλλεται μια συγκεκριμένη σειρά στη τοποθέτησή τους. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη χρήση πεζών και κεφαλαίων στις δηλώσεις, αλλιώς η ίδια έκφραση γραμμένη διαφορετικά μας δίνει μια τελείως καινούρια έννοια. Όλες οι δηλώσεις στο μοντέλο για να είναι εκτελέσιμες από το πακέτο λογισμικού επίλυσης πρέπει να τελειώνουν με το ελληνικό ερωτηματικό (;).

Αναλυτικά οι όροι του κάθε συνόλου γράφονται ξεχωριστά σε ένα αρχείο δεδομένων στο Notepad σύμφωνα με τις αρχές γραφής της Ampl. Αυτό αποτελεί και ένα από τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά της Γλώσσας που χρησιμοποιούμε καθώς επιτρέπει στο χρήστη να διατηρεί μοντέλο και δεδομένα σε δύο διαφορετικά αρχεία. Κάθε φορά λοιπόν που επιθυμούμε, μπορούμε με ιδιαίτερη ευκολία να παρεμβαίνουμε με αλλαγές στα δεδομένα του προβλήματος ανεξάρτητα από το μοντέλο ή το αντίστροφο. Έτσι οι τυχόν απαραίτητες δοκιμές γίνονται εύκολα και γρήγορα κάτι που μας διευκόλυνε στην εκπόνηση των πειραμάτων όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 6.

Υπενθυμίζουμε ότι οι δύο παράμετροι a και p αποτελούν ένα δυσδιάστατο και τρισδιάστατο πίνακα αντίστοιχα, τα στοιχεία των οποίων γράφονται κι αυτά στο αρχείο data που εμείς έχουμε δημιουργήσει.

Ακολουθούν η αντικειμενική συνάρτηση και οι 11 περιορισμοί του προβλήματος. Κάθε περιορισμός δηλώνεται με το πρόθεμα "subject to" και το όνομα που εμείς έχουμε δώσει. Αντιστοίχως έχουν δηλωθεί τα σύνολα, οι παράμετροι και οι μεταβλητές με τα προθέματα "set", "param" και "var". Επίσης, αρκετοί μαθηματικοί συμβολισμοί έχουν προσαρμοστεί στη γλώσσα της Ampl με πιο περιορισμένους χαρακτήρες ή λέξεις. Για παράδειγμα αντί του συμβόλου του αλγεβρικού αθροίσματος Σ η Ampl χρησιμοποιεί απλώς την αγγλική λέξη sum = άθροισμα και την επίσης αγγλική in αντί του $\in$.

Όπως θα παρατηρήσετε ο γενικευμένος περιορισμός (5) της παραγράφου 4.1, γράφεται σε 5 διαφορετικούς περιορισμούς, ένας για κάθε έτος φοίτησης. Επίσης, στον περιορισμό (6) αποκλείουμε κάποιες τιμές του d αφού το διάστημα των 2 ημερών που προαπαιτούμε εξασφαλίζεται και χωρίς να συμπεριλάβουμε τις τιμές $d = 5i$ και $d = 5i - 1$ για $i = 1..5$. Με την απόκλιση των προαναφερθεισών τιμών μικραίνουμε σε κάποιο βαθμό το πρόβλημα.

Κλείνουμε έτσι το Κεφάλαιο μορφοποίησης του Μοντέλου σε μια αναγνώσιμη γλώσσα για το πακέτο λογισμικού CPLEX. Στο επόμενο Κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα Βελτιστοποίησης του Προγράμματος Εξεταστικής.

Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα Εφαρμογής του Μοντέλου

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του Μαθηματικού μας Μοντέλου με τη βοήθεια του πακέτου λογισμικού βελτιστοποίησης CPLEX της ILOG, ακολουθούμενα από εκτενή ανάλυση και σχολιασμό.

5.1 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αποτελείται από τρεις όρους, τη δυαδική παράμετρο a, τη δυαδική μεταβλητή X και την παράμετρο κέρδους p. Η λύση της ανάθεσης των μαθημάτων προς εξέταση στις κατάλληλες θέσεις (μέρα και τρίωρο) δίνεται από τις δυαδικές μεταβλητές που συντελούν στο μέγιστο άθροισμα της αντικειμενικής συνάρτησης. Κάθε μεταβλητή X που παίρνει την τιμή 1 αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο Καθηγητή, μάθημα, μέρα και τρίωρο. Παίρνοντας λοιπόν όλες τις μεταβλητές με τιμή 1 έχουμε ένα ολοκληρωμένο Πρόγραμμα Εξεταστικής το οποίο υπακούει σε όλους τους περιορισμούς που έχουμε θέσει αλλά και στις προτιμήσεις των Καθηγητών, καθώς έχει προκύψει από τη βέλτιστη τιμή.

Στο Παράρτημα II παρουσιάζεται η μορφή με την οποία παίρνουμε τις μεταβλητές X. Λόγω της τετραδιάστατης μεταβλητής αλλά και του μεγέθους των δεικτών της, η διαδικασία ανάδειξης του προγράμματος καθίσταται πολύ χρονοβόρα. Για το λόγο αυτό , με τη βοήθεια ενός εγχειρίδιου της Γλώσσας προγραμματισμού της Ampl βρήκαμε και χρησιμοποιήσαμε μια εντολή η οποία παραλείπει όλες τις μηδενικές σειρές της μεταβλητής X κι εμφανίζει μόνο εκείνες με την τιμή 1. Η εντολή αυτή υπήρξε πραγματικά ωφέλιμη για μας για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων αλλά και στα μετέπειτα πειράματα που έπρεπε να διεκπεραιωθούν. Η εντολή αυτή υποδεικνύεται στο Παράρτημα II όπως και όλες οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν.

5.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Αρχικός σκοπός μας αφού αναπτύξαμε το αλγεβρικό μοντέλο Ακέραιου Προγραμματισμού ήταν να καταφέρουμε να δουλέψει στην Ampl το μορφοποιημένο πια μοντέλο με τους περιορισμούς που συνθέσαμε εξαρχής. Κατά την εξεταστική του Σεπτέμβρη εξετάζονται συνολικά 75 μαθήματα κι από τα 2 εξάμηνα, χειμερινό και εαρινό γεγονός το οποίο συντέλεσε σημαντικά στο δύο πρώτα εμπόδιο που συναντήσαμε.

Στις αρχικές μας προθέσεις ο γενικευμένος περιορισμός (3) που δίνεται στο Κεφαλαίο 3 απαρτιζόταν από ένα ακόμη όρο τριπλού αθροίσματος θέλοντας να εξασφαλίσουμε η εξέταση των μαθημάτων ίδιου έτους να απέχει τουλάχιστον μία μέρα. Δυστυχώς κάτι τέτοιο καθίσταται αδύνατον παρά μόνο για μεγάλο διάστημα ημερών. Έτσι συμβιβαστήκαμε στο να μη συμπίπτει η εξέταση αυτών το μαθημάτων την ίδια μέρα και ο περιορισμός αποτελείται τελικά από ένα μόνο όρο αθροίσματος.

Θέλοντας έπειτα να καταλήξουμε με όσο το δυνατόν μικρότερη διάρκεια της εξεταστικής περιόδου, ξεκινήσαμε με ελάχιστο αριθμό ημερών ίσο με 20. Αυτό που διαπιστώσαμε στις συνεχόμενες δοκιμές αυξάνοντας τον κάθε φορά κατά ένα ήταν ότι ο εκτεταμένος αριθμός εξεταζόμενων μαθημάτων ανέτεινε πεισματικά στον αρχικό μας στόχο με αποτέλεσμα να μην παίρνουμε εφικτή λύση μέχρι τις 24 ημέρες. Καταλήξαμε έτσι στο αυξημένο διάστημα των 25 ημερών επιλέγοντας το για τις υπόλοιπες δοκιμές καθώς και για τη διεξαγωγή των επίσημων αποτελεσμάτων στο πέρας της έρευνάς μας.

Επίσης όπως προαναφέραμε στην Παράγραφο 3.2 από τα πρώτα αποτελέσματα, παρατηρήσαμε ότι σε αρκετές ημέρες υπήρχαν κενά ανάμεσα στα καθορισμένα τρίωρα εξέτασης καθώς και πολλές περιπτώσεις όπου η εξέταση μαθημάτων Επιλογής ανατίθεται πριν από αυτή των Υποχρεωτικών μαθημάτων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα ήρθε με την πρόσθεση των δύο τελευταίων περιορισμών. Σημαντικό είναι ότι οι πρόσθετοι περιορισμοί δεν επηρεάζουν καθόλου το διάστημα εξεταστικής περιόδου που έχει πλέον οριστεί.

Αυτό που μας έκανε εντύπωση κατά τη διάρκεια όλων αυτών των δοκιμών ήταν η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Σε κάθε περίπτωση η τιμή που παίρναμε ήταν 225. Όπως έχουμε αναφέρει η παράμετρος κέρδους είναι αυτή που διαφοροποιεί την τιμή της αντικειμενικής από αυτή του 75 όσα και τα μαθήματα δηλαδή. Η τιμή 225 προκύπτει από τη μέγιστη δυνατή τιμή της παραμέτρου p που είναι 3 πολλαπλασιασμένη επί 75. Αυτό σημαίνει ότι όλοι οι Καθηγητές καλούνται να εξετάσουν τα μαθήματα που διδάσκουν στις μέρες και ώρες με τη μεγαλύτερη προτίμηση. Να πούμε ότι για τις ανάγκες εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας οι δυνατές τιμές της παραμέτρου 1 και 3 δόθηκαν στους τέσσερις πίνακες p από γεννήτρια τυχαίων αριθμών, χωρίς αυτό να ξεφεύγει πολύ από τα πραγματικά δεδομένα αν συμπληρώνονταν από τους ίδιους τους Διδάσκοντες .

Συγκρίνοντας το ενδεικτικό Πρόγραμμα Εξεταστικής της Σχολής με το δικό μας δεν εντοπίσαμε αισθητή απόκλιση ούτε ως προς το διάστημα διάρκειάς της αλλά ούτε ως προς τις απαιτούμενες λεπτομέρειες. Μάλιστα στη δική μας περίπτωση υπάρχουν δύο πολύ σημαντικοί παράγοντας που το κάνουν να υπερέχει και είναι το βάρος που δίνεται στην ικανοποίηση των Καθηγητών και ο χρόνος κατάστρωσης που είναι ελάχιστος σε σχέση με αυτόν του εμπειρικού τρόπου που χρησιμοποιείται μέχρι τώρα.

Κεφάλαιο 6 Πειράματα

Τα πρώτα αποτελέσματα που συλλέξαμε μας έδωσαν αρκετή ώθηση για περαιτέρω έρευνα του μοντέλου. Συγκεκριμένα, τα πειράματα που εκτελέστηκαν αφορούσαν τη διερεύνηση:

1. του μεγέθους του συνόλου D και της επιρροής του στον υπολογιστικό χρόνο
2. της επιρροής της παραμέτρου κέρδους p στη μεταβολή της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης
3. επιρροής του μεγέθους του συνόλου Μαθημάτων αυξημένης δυσκολίας στον υπολογιστικό χρόνο
4. ισχύος της Ιδιότητας Total Unimodularity
5. της αντικειμενικής συνάρτησης

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου αναφέρονται πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα εκείνα που μας οδήγησαν προς αυτή την κατεύθυνση ενώ στη δεύτερη Παράγραφο παρατίθενται παρατηρήσεις και σχόλια. Η διερεύνηση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης αναπτύσσεται στην Παράγραφο 6.3.

6.1 Παρουσίαση Πειραμάτων

Για την εκπόνηση των πειραμάτων γράψαμε ένα πρόγραμμα στη Fortran στο οποίο δίνουμε το μέγεθος του συνόλου D κι αναλόγως φτιάχνει τους πίνακες p και μας δίνει όλα τα δεδομένα σε ένα αρχείο με μορφή txt. Επίσης για μας ήταν πολύ σημαντικό να έχουμε διαφορετικές τιμές της παραμέτρου κέρδους κάθε φορά γι' αυτό προσθέσαμε στο παραπάνω πρόγραμμα μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Το πρόγραμμα υπήρξε πραγματικά μεγάλη διευκόλυνση από άποψη χρόνου και μας έδωσε την ευκαιρία να προβούμε σε αρκετές επαναλήψεις για κάθε πείραμα.

Στο προηγούμενο Κεφάλαιο διαπιστώσαμε ότι το ελάχιστο διάστημα ημερών για το οποίο το πρόβλημά μας έχει εφικτή λύση χωρίς καμία χαλάρωση στους τελικούς περιορισμούς είναι αυτό των 25 ημερών. Το ίδιο ισχύει και για το διάστημα των 24 ημερών. Παρ 'όλα αυτά θελήσαμε να διερευνήσουμε με ποιο τρόπο θα μπορούσαμε να μειώσουμε αυτό το διάστημα. Έτσι χαλαρώσαμε το πρόβλημα, αναιρώντας τον περιορισμό που δεν επιτρέπει την εξέταση μαθημάτων ίδιου έτους την ίδια μέρα και μειώσαμε τη διάρκεια της εξεταστικής περιόδου μέχρι τις 20 ημέρες.

Στο αποτέλεσμα αυτό φτάσαμε χαλαρώνοντας το πρόβλημα κατά ένα περιορισμό κάθε φορά μέχρι να έχουμε εφικτή λύση. Αρχικά επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας στους περιορισμούς που καθορίζουν το απαιτούμενο κενό ημερών στα μαθήματα του ίδιου έτους καθώς και στα μαθήματα αυξημένης δυσκολίας. Αποδείχτηκε λοιπόν, ότι τα μαθήματα που έχουν χαρακτηριστεί ως αυξημένης δυσκολίας δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα στην επίλυση του προβλήματος. Τα μοντέλα τα οποία αναπτύξαμε σ΄ αυτή τη φάση θα τα χρησιμοποιήσουμε στα επόμενα πειράματα μας για να μπορέσουν να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις. Για λόγους διευκόλυνσης τα προβλήματα αυτά τα καλούμε προβλήματα με χαλάρωση "τύπου Α"

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στην εκπόνηση πειραμάτων των 10 δοκιμών για κάθε περίπτωση από d=20 έως d=25 καταγράφοντας τους χρόνους επίλυσης από το πρόγραμμα της Ampl καθώς και την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Στο Παράρτημα ΙΙΙ παρατίθενται οι αντίστοιχες εντολές και Πίνακες με τα αποτελέσματα εξόδου.

Συνεχίσαμε με τη διερεύνηση της επιρροής της παραμέτρου p στη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, διευρύνοντας το μέγεθος των δυνατών τιμών της σε 1, 2, 3, 4 και 5 . Οι τιμές 1…5 στους τέσσερις πίνακες p δόθηκαν από μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών με τη βοήθεια προγράμματος της Fortran.

Στο τελευταίο σκέλος πειραμάτων ασχοληθήκαμε με τον αριθμό των μαθημάτων αυξημένης δυσκολίας. Στην ενασχόλησή μας με το πρόβλημα Κατάστρωσης του Προγράμματος Εξεταστικής λάβαμε υπ ' όψιν ένα μικρό αριθμό δύσκολων μαθημάτων και η επιλογή έγινε από προσωπική εμπειρία τα τελευταία 5 χρόνια στο Τμήμα μας. Για το λόγο αυτό , κρατώντας το ίδιο εύρος τιμών του p (1…5) δοκιμάσαμε να λύσουμε το πρόβλημα για τρία, πέντε κι έξι δύσκολα μαθήματα. Η περίπτωση των τεσσάρων μαθημάτων έχει ήδη λυθεί.

Να επισημάνουμε ότι όλα τα πειράματα διεξήχθησαν με 10 δοκιμές για κάθε περίπτωση και διαφορετική αλληλουχία τιμών του p κάθε φορά. Σε όλες τις δοκιμές καταγραφήκαν οι χρόνοι επίλυσης και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθούμε στο εγχείρημα γραμμικής επίλυσης του προβλήματος. Σε κάποια προβλήματα Ακέραιου Προγραμματισμού εμφανίζεται η ιδιότητα καλούμενη ως Total Unimodularity, η οποία επιτρέπει την επίλυσή τους χρησιμοποιώντας μεθόδους για την επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού. Θελήσαμε λοιπόν να ερευνήσουμε αν ισχύει η παραπάνω ιδιότητα στο δικό μας πρόβλημα Ακέραιου Προγραμματισμού. Για να το πετύχουμε αυτό χαλαρώσαμε τον περιορισμό ακεραιότητας για τις μεταβλητές απόφασης και εξετάσαμε αν οι τιμές που παίρνουν από τη γραμμική χαλάρωση του προβλήματος είναι και πάλι ακέραιες.

6.2 Ανάλυση και Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Η πρώτη διερεύνηση που κάναμε αφορά τη διάρκεια της Εξεταστικής περιόδου, και το χρόνο επίλυση από τον Solver. Συγκρίνοντας τους μέσους χρόνους επίλυσης των έξι προβλημάτων με χαλάρωση "τύπου Α" διακρίναμε ότι υπάρχει μία μικρή αύξηση του υπολογιστικού χρόνου, καθώς αυξάνει το διάστημα ημερών. Στις περιπτώσεις d=20-23 του χαλαρωμένου προβλήματος, και με δυνατές τιμές της παραμέτρου p 1 ή 3 ο μέσος χρόνος επίλυσης κυμαίνεται από 0,65 ως 0,77 δευτερόλεπτα ενώ στην επίλυση του προβλήματος με όλους τους περιορισμούς και για d=24,25 ο μέσος χρόνος αυξάνει στο 1,22 με 1,30 δευτερόλεπτα.

Από τις δοκιμές που έγιναν ξεκινώντας με 3 και φτάνοντας στα 6 μαθήματα αυξημένου βαθμού δυσκολίας συνολικά, δεν υπήρξε ξεκάθαρη εικόνα επιρροής τους στον υπολογιστικό χρόνο. Κατί τέτοιο ίσως ήταν πιο πιθανό με ακόμη μεγαλύτερο μέγεθος του συνόλου.

Όσον αφορά τη μεταβλητότητα των χρόνων σε κάθε πρόβλημα η διακύμανση τους είναι η ίδια σε όλες τις περιπτώσεις που προηγήθηκαν. Συγκεκριμένα διακρίναμε ότι η μεταβλητότητα των χρόνων στην εισαγωγή των δεδομένων και στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι ασήμαντη, ενώ στους χρόνους επίλυσης φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερη διακύμανση. Κατά την επίλυση των χαλαρωμένων προβλημάτων η μεταβλητότητα κυμαίνεται σχεδόν πάντα στα ίδια επίπεδα, αντίθετα οι χρόνοι επίλυσης των προβλημάτων με d=24 και 25 εμφανίζουν μικρή αύξηση μεταβλητότητας. Αξίζει να τονίσουμε ότι το πρόβλημα με χρονικό διάστημα ίσο με 24 παρουσιάζει πάντα μεγαλύτερη μεταβλητότητα στους χρόνους.

Αξιοσημείωτο είναι ότι σε όλες τις δοκιμές του πρώτου σκέλους πειραμάτων, η μέγιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης ήταν πάντα 225. Η τιμή 225 φανερώνει την επιλογή τοποθέτησης μαθημάτων σε διαθέσιμη θέση εξέτασης πάντα με παράμετρο κέρδους ίση με 3. Κατά τη διεκπεραίωση του δεύτερου σκέλους των πειραμάτων με μεγαλύτερο εύρος τιμών p διαπιστώθηκε και πάλι ότι η βέλτιστη τιμή προκύπτει πάντα από τη μέγιστη δυνατή τιμή της p. Να σημειωθεί ότι οι τιμές στον πίνακα p δόθηκαν τυχαία και ισοπίθανα.

Αυτό που παρατηρήσαμε στη γραμμική χαλάρωση του προβλήματος είναι ότι οι περισσότερες λύσεις που δίνονται είναι δεκαδικές ακόμη και στην περίπτωση αναίρεσης ενός περιορισμού κάθε φορά. Υπάρχουν βέβαια καταστάσεις όπου με ακανόνιστες παρεμβάσεις στους περιορισμούς, οι λύσεις του γραμμικού προβλήματος είναι ακέραιες χωρίς αυτό να αρκεί για να αποδείξουμε ισχύ της ιδιότητας.

6.3 Διερεύνηση της τιμής της Αντικειμενικής Συνάρτησης

Απ' όλα τα πειράματα που προηγήθηκαν η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης ήταν και η μέγιστη δυνατή. Η σταθερότητα αυτή κέντρισε το ενδιαφέρον μας και προχωρήσαμε έτσι σε μία πιο διεξοδική μελέτη συμπεριφοράς της τιμής της.

Η έρευνα αυτή έγινε παίρνοντας από ένα πρόβλημα που έχουμε ήδη λύσει για κάθε d από 20 έως 25. Η διαδικασία που ακολουθήσαμε ήταν η ίδια σε κάθε περίπτωση: σε κάθε επίλυση συλλέξαμε τις δυαδικές μεταβλητές X με τιμή 1 και με ένα πρόσθετο περιορισμό στο μοντέλο προαπαιτήσαμε μία τουλάχιστον από αυτές μεταβλητή να πάρει μηδενική τιμή. Έτσι στην επόμενη επίλυση είχαμε μία νέα διάταξη προγράμματος και τουλάχιστον κατά μία, διαφορετικές μεταβλητές X με τιμή 1. Αυτό συνεχίστηκε μέχρι να φτάσουμε στις δέκα διαφορετικές βέλτιστες λύσεις. Το αποτέλεσμα δεν ήταν το αναμενόμενο καθώς η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυπτε κατά εξακολούθηση από τη μέγιστη τιμή της παραμέτρου κέρδους.

Δυστυχώς η ανωτέρω διαδικασία υπήρξε αρκετά επίπονη και χρονοβόρα και δε μπορέσαμε να συνεχίσουμε για περισσότερες βέλτιστες λύσεις κρίνοντας όμως από τα αποτελέσματα και το μεγάλο αριθμό ημερών υποθέτουμε ότι οι συνδυασμοί ανάθεσης εξέτασης των μαθημάτων σε θέσεις με το μέγιστο κέρδος είναι πολυάριθμοι.

Μοναδικός τρόπος να μειώσουμε των αριθμό ημερών του προβλήματος είναι να προσπαθήσουμε να βελτιστοποιήσουμε το Πρόγραμμα Εξεταστικής των δύο εξαμήνων. Όπως είναι φυσικό τα μαθήματα που εξετάζονται στο τέλος των δύο εξαμήνων απαιτούν πολύ μικρότερη διάρκεια εξεταστικής περιόδου. Επιλύοντας λοιπόν τα δύο νέα προβλήματα για το μικρότερο διάστημα ημερών που δίνει εφικτή λύση καταφέραμε να αποσπάσουμε βέλτιστη λύση μικρότερη από τη μέγιστη δυνατή.

Με το παραπάνω αποτέλεσμα ολοκληρώθηκε η διερεύνηση της Τιμής της Αντικειμενικής Συνάρτησης φτάνοντας στο συμπέρασμα ότι η αμετάβλητη τιμή της βέλτιστης λύσης στη μέχρι τώρα έρευνα που διεξήχθη είναι απόρροια του δείκτη d. Όσο μεγαλύτερος ο δείκτης d τόσο μεγαλύτερο το μέγεθος του τρισδιάστατου πίνακα κέρδους κι αυτό μεταφράζεται σε πολυάριθμες βέλτιστες λύσεις με μέγιστη τιμή.

Κεφάλαιο 7 Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτήν τη διπλωματική εργασία προσπαθήσαμε να βελτιστοποιήσουμε το πρόγραμμα εξεταστικής του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας με τη βοήθεια ενός μαθηματικού μοντέλου Ακέραιου Προγραμματισμού χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Τελειώνοντας λοιπόν την έρευνα μας και επαλήθευση της σωστή λειτουργίας του προτεινόμενου μοντέλου έχουμε να υποδείξουμε μία εναλλακτική μέθοδο κατάστρωσης του προγράμματος εξεταστικής.

Κατ' αρχήν επιτεύχθηκε ο πρωταρχικός στόχος, που ήταν η μείωση του αφιερώμενου χρόνου από τους υπεύθυνους για το στήσιμο του προγράμματος. Καταφέραμε να μειώσουμε σημαντικά αυτό το χρόνο στα 2-3 δευτερόλεπτα κατά μέσο όρο γεγονός σημαντικό για το μέγεθος του προβλήματος. Βέβαια η διαδικασία αποκωδικοποίησης των αποτελεσμάτων μπορεί να εντείνει την όλη μέθοδο και πάλι όμως το τελικό αποτέλεσμα είναι διαθέσιμο σε ελάχιστο χρόνο σε σύγκριση με τον εμπειρικό τρόπο. Η πρόταση μας για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος είναι να συνοδεύεται το μοντέλο από κάποιο λογισμικό γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων.

Επίσης βασικό προτέρημα του μοντέλου είναι η ευελιξία. Με ελάχιστες αλλαγές μπορεί σχετικά εύκολα να προσαρμοστεί στα πραγματικά δεδομένα και ανάγκες κάθε τμήματος. Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε ότι η μέθοδος που προτείνουμε δεν είναι εφαρμόσιμη από κάποιον που δεν έχει τις στοιχειώδεις γνώσεις Ακέραιου Προγραμματισμού και της γλώσσας μορφοποίησης Ampl. Το Τμήμα πρέπει να θέσει τις επιθυμητές διαφοροποιήσεις από το υπάρχον μοντέλο κι έπειτα άτομο του πανεπιστημιακού περιβάλλοντος ακόμη και φοιτητής, εξοικειωμένο με τα απαραίτητα προγράμματα να φέρει εις πέρας την αποστολή τροποποίησης.

Τα γενικά συμπεράσματα που εξήχθησαν στην πορεία της έρευνας είναι:

1) Στα προβλήματα με χαλάρωση "τύπου Α" (d=20-23) , ο ρυθμός αύξησης του υπολογιστικού χρόνου είναι σχετικά σταθερός, ενώ υπάρχει μία μικρή αύξηση αυτού κατά την επίλυση των προβλημάτων όπου ικανοποιούνται όλοι οι περιορισμοί (d=24,25).

2) Η μεταβλητότητα των χρόνων επίλυσης σε όλες τις περιπτώσεις των χαλαρωμένων προβλημάτων "τύπου Α" είναι σχετικά μικρή και δε φαίνεται να επηρεάζεται απο το χρονικό διάστημα D. Το ίδιο ισχύει και για τα προβλήματα που δεν έχουν υποστεί καμία χαλάρωση περιορισμών.

3) Αποδείχτηκε ότι αν και πρόβλημα ανάθεσης, για το ακέραιο πρόβλημα βελτιστοποίησης προγράμματος εξεταστικής δεν ισχύει η ιδιότητα Total Unimodularity ακόμη και με χαλάρωση όλων -εκτός των βασικών- των περιορισμών του προβλήματος.

4) Τις περισσότερες φορές ένα πρόβλημα κατάστρωσης προγράμματος εξεταστικής, έχει περισσότερες απο μία βελτιστες λύσεις. Αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό καθώς σημαίνει ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μέσα από ένα σύνολο βέλτιστων λύσεων, αυτή που του ταιριάζει καλύτερα.

Από πλευράς μας, υπάρχει μια πρόταση βελτίωσης του μοντέλου. Συγκεκριμένα ο γενικευμένος περιορισμός υπ' αριθμών 3 στην Παράγραφο 3.1 μορφοποιημένος στο μοντέλο Ακέραιου Προγραμματισμού γράφεται σε 5 επί μέρους περιορισμούς. Αντ' αυτού θα μπορούσε να οριστεί μία ακόμη δυαδική παράμετρος με δείκτες το σύνολο των μαθημάτων κι ένα σύνολο- έστω s- το οποίο αποτελείται από μια αλληλουχία 5 αριθμών και κάθε ένας από αυτούς αντιστοιχεί σε ένα έτος φοίτησης. Η παράμετρος θα παίρνει την τιμή 1 όταν το μάθημα m διδάσκεται στο έτος φοίτησης s και διαφορετικά την τιμή 0. Η απαίτηση που εξασφαλίζεται από τον περιορισμό (3) θα μπορούσε τότε να εκφραστεί ως το διπλό άθροισμα του γινομένου της νέας παραμέτρου επί της μεταβλητής απόφασης για κάθε έτος, μέρα και τρίωρο με την ίδια μορφή ανίσωσης.

Το αποτέλεσμα της όλης μας προσπάθειάς είναι μία λειτουργική μέθοδος κατάστρωσης του προγράμματος εξεταστικής με πολλά σημεία υπεροχής από τη μέχρι τώρα μέθοδο και πιθανόν αρκετά σημεία περαιτέρω βελτίωσης.

Akkoyunly, E.A.. A Linear Algorithm for Computing the Optimum University Timetable, *The Computer Journal*, 16 (4)., 1973

Arani,T.and Lotfi, V., A three Phased Approach to Final Exam Scheduling,*IEE Transactions* 21 (1),1989

Brailsford, S.C., Potts, C.N., and Smith, B.M.,. Constraint Satisfaction Problems: Algorithms and Applications, *European Journal of Operational Research,* 119., 1999

Burke, E., MacCarthy, B., Petrovic, S., and Qu, R., Knowledge Discovery in a Hyper-Heuristic Using Case-Based Reasoning for Course Timetabling, 2003 in press.

Burke, E., MacCarthy, B., Petrovic, S., and Qu, R.,Case –Based Reasoning in Course Timetabling: An Attribute Graph Approach, In: Case-Based Reaserch and Development, 4th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR-2001, Vancouver, Canada, 30 July- 2 August 2001, Springer-Veglar Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 2080,D.W. Aha, I. Watson and Q. Yang, eds, 2001c, pp.90-104

Buke, E., MacKathy, B., Petrovic S., and Qu, R .,Stuctured Cases in GBR- Re-using and Adapting Cases for Timetabling Problems, Knowledge-Based Systems 13(2-3), 2000,pp. 159-165

Burke,E.,Bykov,Y., and Petrovic, S., A Multicriteria Approach to Examination Timetabling, In: *Selected Papers from the 3rd International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling* (PATAT 2000), Konstanz, Germany, 16-18 August 2000, *Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science*, Vol.2079,E.Burke and Erben, (eds.),2001

Buke, E., and Carter, M., (eds), The Practice and Theory of Automated Timetabling II:Selected Papers from the 2nd International Conference on The Practice and Theory of Automated Timetabling, University of Toronto, August 20-22, 1997, Springer Lecture Notes in Computer Science Series, Vol. 1408, 1998

Burke, E., De Werra, D., and Kingston, J., Applications in Timetabling, Section 5.6 of the Handbook of Graph Theory., 2003

Carter, M., Timetabling, In: Gass, S. and Harris, C., (eds.), *Encyclopedia of Operations Research and Management Science,* Kluwer Academic Publishers, 2001

Carter, M.W., Laporte, G., Recent Developments in Practical Examination Timetabling, in (Burke and Ross,1996), 1996

Carter, M.W., Laporte, G., and Lee, S.Y., Examination Timetabling: Algorithms Strategies and Applications, *Journal of the Operational Research Society* 47(3), 1996

De Werra, D., An Introduction to Timetabling, *European Journal of Operational Research,* 19, 1985

Dimopoulou, M. and Miliotis, P., Implementation of a University Course and Examination Timetabling System, *European Journal of Operational Research,* 130, 2001

Fourer Robert , Gay David M., and Kernighan Brian W., *AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming*, Duxbury Press / Brooks/Cole Publishing Company, 2002

Lotfi, V. and Ceverny, R., A Final Exam-Scheduling Package, *Journal of Operational Research Society,* 42(3), 1991

Petrovic, S. and Burke, E., Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Perfomance Analysis, Chapter 45: 'University Timetabling', 2004

Petrovic,S.and Petrovic, R.,Eco-Ecodispatch:DSS for multicretiria loading of thermal power generators, *Journal of Decision Systems*, 4(4),1995

Schmidt,G.,Case-Based Reasoning for Production Scheduling, International Journal of Production Economics,56-57,1998

White, G. M., Constrained Satisfaction, Not so Constrained Satisfaction and the Timetabling Problem, A Plenary Talk in the *Proceedings of the 3rd International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling,* University of Applied Sciences, Konstanz, August 16-18, 2000

White, G. M. and Chan, P.W., Toward the Construction of Optimal Examination Timetables, *INFOR* 17, 1979

Wren, A., Scheduling, timetabling and rostering – a special relationship? In E. Burke and P. Ross (editors), *Practise and Theory of Automated Timetabling,* Springer – Verlag LNCS 1153, pp. 46-75, 1996.

<u>Ιστοσελίδες:</u>

http://www.mie.uth.gr

http://www.ampl.com/

http://www.ilog.com

Παράρτημα I Κωδικοποίηση Συνόλων

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί δίνονται τα Μαθήματα με τους αντίστοιχους επίσημους κωδικούς και στο Πίνακα 2 φαίνεται η κωδικοποίηση των Διδασκόντων όπως χρησιμοποιούνται στο Μοντέλο.

Πίνακας 1

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΑ
	1° Εξάμηνο (Χειμερινό)
MM1	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι
MM100	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι
MM101	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ
MM102	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
MM103	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ
MM104	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι
MM105	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
	2° Εξάμηνο (Εαρινό)
MM2	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ ΙΙ
MM200	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΙΙ
MM201	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ
MM202	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ
MM203	ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ
MM204	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ι
MM205	ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
	3° Εξάμηνο (Χειμερινό)
MM300	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

MM301	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
MM302	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ
MM303	ΔΥΝΑΜΙΚΗ
MM304	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ
MM305	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

4° Εξάμηνο (Εαρινό)

MM400	ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥΣ
MM401	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
MM402	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Ι
MM403	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ – Ι
MM404	ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ
MM405	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΟΠΤΙΚΗ

5° Εξάμηνο (Χειμερινό)

MM500	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ
MM501	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
MM502	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ
MM503	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι
MM504	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι
MM505	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

6° Εξάμηνο (Εαρινό)

MM600	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
MM601	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
MM602	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
MM603	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΙΙ
MM610	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
MM618	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
MM620	Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
MM621	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
MM622	ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
MM629	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ
MM630	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
MM639	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΙΙ

7° Εξάμηνο (Χειμερινό)

ΜΜ700	ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ
ΜΜ701	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ
ΜΜ702	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ
ΜΜ703	ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ
ΜΜ710	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΜΜ711	ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ
ΜΜ720	ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ
ΜΜ728	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΜΜ730	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΜΜ731	ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΜΜ739	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

8° Εξάμηνο (Εαρινό)

ΜΜ800	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΜΜ801	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΛΙΚΟΥ
ΜΜ802	ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ
ΜΜ803	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΜΜ818	ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΜΜ819	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΜΜ825	ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ
ΜΜ826	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΜΜ827	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
ΜΜ828	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ
ΜΜ829	ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΑ
ΜΜ830	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΜΜ839	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

9° Εξάμηνο (Χειμερινό)

ΜΜ900	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ
ΜΜ910	ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΜΜ917	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΜΜ918	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΜΜ925	ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΜΜ927	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πίνακας 2

ΟΝΟΜΑ	ΣΕΠ	ΧΕΙ	ΕΑΡ
Ανδρίτσος Νικόλαος	1	1	1
Αράβας Νικόλαος	2	2	2
Βαλουγεώργης Δημήτρης	3	3	-
Βλάχος Νικόλαος	4	4	3
Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	5	5	4
Καραμάνος Σπύρος	6	6	5
Κοζανίδης Γιώργος	7	7	6
Λυμπερόπουλος Γιώργος	8	8	7
Παπαδημητρίου Κώστας	9	9	8
Πελεκάσης Νικόλαος	10	10	9
Πετρόπουλος Γιώργος	11	-	10
Σταματέλλος Αναστάσιος	12	11	11
Σταμάτης Αναστάσιος	13	12	12
Σταπουντζής Ερρίκος	14	13	13
Τσιακάρας Παναγιώτης	15	14	14
Χα'ι'δεμενόπουλος Γρηγόρης	16	15	15
Αδάμ Γιώργος	17	16	-
Αμανατίδου Ελένη	18	-	16
Σακελλαρίου	19	-	17
Βαξεβανίδης Νικόλαος	20	17	-
Βλαχογιάννης Μιχαήλ	21	18	18
Γραμμένος Θεοφάνης	22	19	19
Παντελής Δημήτριος*	23	-	20
Κατσαμάς Αντώνιος	24	-	21
Κερμανίδης Αλέξης	25	20	-
Κορλός Απόστολος	26	21	22
Κοσμάνης Θεόδωρος	27	22	23
Λασπίδου Χ	28	-	24
Μπαλαφούτης Κωνσταντίνος	29	23	-
Μπαξεβάνου Αικατερίνη	30	-	25
Μπρέγιαννης Γεώργιος	31	24	26
Νάρης Στέργιος	32	25	-
Πανταζάρας Κωνσταντίνος	33	26	27
Παντελής Δημήτριος	34	27	28
Παπαδούλης Απόστολος	35	-	29
Σαμαράς Ν	36	-	30
Τσεφαλά Ελένη	37	28	31
Χαριτίδης Κωνσταντίνος	38	29	-
Χασιώτης Αλέξης	39	-	32

*στη θέση του κ.Θωμαΐδη Θωμά

Παράρτημα II Δεδομένα και Αποτελέσματα

Στο Παράρημα αυτό δίνονται τα αρχεία *ekset.mod* και *ekset.dat* ,οι ενολές που χρησιμοποιήθηκαν και οι Πίνακες των προγραμμάτων εξεταστικής που προέκυψαν.

```
# model

#Sets

set M; # mathimata
set K; # kathigites
set D; # imeres
set T; # diwra

set Ms1; # mathimata 1ou etous
set Ms2; # mathimata 2ou etous
set Ms3; # mathimata 3ou etous
set Ms4; # mathimata 4ou etous
set Ms5; # mathimata 5ou etous

set Mhard; # duskola mathimata
set Mypox; # upoxrewtika mathimata
set MYypox; # upoxrewtika mathimata kormou (plin upox kateuthinsis)

# Parameters
#--------------------------------------------------------------------------------------------------------

param a {k in K, m in M}; # sundeei kathigites me mathima (duadiki)
param p {k in K, d in D, t in T}; # suntelestes kerdous
```

 # Decision Variables

var X {k in K, m in M, d in D, t in T} binary;

 # Objective function

maximize profit: sum {k in K, m in M, d in D, t in T} a[k,m] * p[k,d,t] * X[k,m,d,t];

 # Constraints

#--

subject to Constraint1 {m in M}: sum {k in K, d in D, t in T} X[k,m,d,t]*a[k,m] = 1;

subject to Constraint2 {d in D, t in T}: sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint3 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms1} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint4 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms2} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint5 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms3} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint6 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms4} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint7 {d in D}: sum {k in K,t in T, m in Ms5} X[k,m,d,t] <= 1;

subject to Constraint8 {d in D: d <>4 && d <> 5 && d <> 9 && d <> 10 && d <> 14 && d <> 15 && d <> 19 && d <> 20 && d <> 24 && d <> 25}: sum {k in K,t in T, m in Mhard} X[k,m,d,t] + sum {k in K,t in T, m in Mhard} X[k,m,d+1,t] + sum {k in K,t in T, m in Mhard} X[k,m,d+2,t] <= 1;

subject to Constraint9 {k in K,m in MYypox,d in D}: X[k,m,d,4] = 0;

subject to Constraint10 {d in D, t in 1..2}: sum {k in K, m in Mypox} X[k,m,d,t]*a[k,m] >= sum {k in K, m in Mypox} X[k,m,d,t+1]*a[k,m];

subject to Constraint11 {d in D, t in 1..3}: sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t+1]*a[k,m] <= sum {k in K, m in M} X[k,m,d,t]*a[k,m];

Ακολουθεί το περιεχόμενο του αρχείου data:

 # Data

 # Sets

set T := 1 2 3 4;

set M := MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 MM105
MM2 MM200 MM201 MM202 MM203 MM204 MM205
MM300 MM301 MM302 MM303 MM304 MM305
MM400 MM401 MM402 MM403 MM404 MM405
MM500 MM501 MM502 MM503 MM504 MM505
MM600 MM601 MM602 MM603 MM610 MM618 MM620 MM621 MM622 MM629 MM630 MM639
MM700 MM701 MM702 MM703 MM710 MM711 MM720 MM728 MM730 MM731 MM739
MM800 MM801 MM802 MM803 MM818 MM819 MM825 MM826 MM827 MM828 MM829 MM830 MM839
MM900 MM910 MM917 MM918 MM925 MM927 MM929;

set Ms1 := MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 MM105 MM2 MM200 MM201 MM202 MM203 MM204 MM205;

set Ms2 := MM300 MM301 MM302 MM303 MM304 MM305 MM400 MM401 MM402 MM403 MM404 MM405;

set Ms3 := MM500 MM501 MM502 MM503 MM504 MM505 MM600 MM601 MM602 MM603 MM610 MM618 MM620 MM621 MM622 MM629 MM630 MM639;

set Ms4 := MM700 MM701 MM702 MM703 MM710 MM711 MM720 MM728 MM730 MM731 MM739 MM800 MM801 MM802 MM803 MM818 MM819 MM825 MM826 MM827 MM828 MM829 MM830 MM839;

set Ms5 := MM900 MM910 MM917 MM918 MM925 MM927 MM929;

set Mypox := MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 MM105 MM2 MM200 MM201 MM202 MM203 MM204 MM205 MM300 MM301 MM302 MM303 MM304 MM305 MM400 MM401 MM402 MM403 MM404 MM405 MM500 MM501 MM502 MM503 MM504 MM505 MM600 MM601 MM602 MM603 MM610 MM620 MM621 MM622 MM630 MM700 MM701 MM702 MM703 MM710 MM711 MM720 MM730 MM731 MM800 MM801 MM802 MM803 MM819 MM830 MM900 MM910;

set Mhard:= MM802 MM303 MM501 MM600;

set MYypox := MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 MM105 MM2 MM200 MM201 MM202 MM203 MM204 MM205 MM300 MM301 MM302 MM303 MM304 MM305 MM400 MM401 MM402 MM403 MM404 MM405 MM500 MM501 MM502 MM503 MM504 MM505 MM600 MM601 MM602 MM603 MM700 MM701 MM702 MM703 MM800 MM801 MM802 MM803 MM900;

param a: MM1 MM100 MM101 MM102 …MM918 MM925.MM927 MM929 :=

1	0	0	0	0	….	0	1	0	0
2	0	0	0	0	….	0	0	0	0
3	0	0	0	0	….	0	0	0	0
4	0	0	0	0	….	0	0	0	0
5	0	0	0	0	….	0	0	0	0
6	0	0	0	0	….	0	0	1	0
7	0	0	0	0	….	0	0	0	0
8	0	0	0	0	….	0	0	0	0
9	0	0	0	0	….	0	0	0	0
10	0	0	0	0	….	0	0	0	0
11	0	0	0	0	….	0	0	0	0
12	0	0	0	0	….	0	0	0	0
13	0	0	0	0	….	0	0	0	0
14	0	0	0	0	….	0	0	0	0
15	0	0	0	0	….	0	0	0	0
16	0	0	0	0	….	0	0	0	0
17	0	0	0	0	….	0	0	0	0
18	0	0	0	0	….	0	0	0	0
19	0	0	0	0	….	0	0	0	0

20	0	0	0	0	....	0	0	0	0
21	0	0	0	0	....	0	0	0	0
22	0	1	0	0	....	0	0	0	0
23	0	0	0	0	....	0	0	0	0
24	0	0	0	0	....	0	0	0	0
25	0	0	0	0	....	0	0	0	0
26	0	0	0	0	....	0	0	0	0
27	0	0	0	0	....	0	0	0	0
28	0	0	0	0	....	0	0	0	1
29	0	0	0	0	....	0	0	0	0
30	0	0	0	0	....	0	0	0	0
31	0	0	1	0	....	0	0	0	0
32	0	0	0	0	....	0	0	0	0
33	0	0	0	1	....	0	0	0	0
34	0	0	0	0	....	0	0	0	0
35	0	0	0	0	....	0	0	0	0
36	0	0	0	0	....	0	0	0	0
37	1	0	0	0	....	0	0	0	0
38	0	0	0	0	....	0	1	0	0
39	0	0	0	0	....	0	0	0	0 ;

set K := 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 34 35 36 37 38;

set D := 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;

param p :=

[*,*,1]: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:=

1 1 3 3 1 1 3 3 3 3 1 3 1 1 3 1 1 3 3 3 3 1 1 1 3 1

2 1 1 3 3 3 3 3 3 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 3 3 1 3 3 3 1

3 3 1 3 1 3 1 1 1 3 1 1 3 3 3 3 3 1 1 3 1 1 3 1 3 1

4 3 1 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1 3 3 3 3 1 3 1 3 1 3 1 1 3

5 3 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 3

6 1 1 1 1 1 1 1 3 3 1 1 3 3 3 1 1 1 1 1 3 1 1 3 3 1

7 3 3 3 3 3 3 3 3 3 1 3 3 1 3 1 1 1 3 3 3 1 3 3 3 1

```
8 1 1 3 1 3 3 1 1 3 1 3 3 1 1 3 1 1 3 1 1 1 1 1 3 1
9 3 1 3 1 1 3 1 3 1 1 1 1 1 3 1 3 3 3 3 3 1 3 3 3 3
10 3 1 3 3 1 3 3 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3 3 3 3 3 1
11 1 1 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 3 3 1 1 3 1 1 3 3 3 1 3 1
12 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1 3 1 3 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 1 3
13 1 3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 3 3 1 3 1 1 3 1 3 3 3 1 1 3
14 3 3 1 3 3 3 1 3 3 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3 1 3 1 3 3
15 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 1 1 3 3 1 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3
16 3 3 1 3 3 3 3 1 3 3 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 3 1 3 1 1
17 3 1 3 1 3 1 1 1 1 1 1 3 3 1 1 3 1 3 1 3 3 3 3 3 3
18 1 1 3 3 3 3 3 3 1 1 3 3 3 1 1 1 3 1 3 1 3 1 3 3 3
19 3 1 3 3 1 3 1 1 1 3 3 3 3 3 3 1 1 1 1 1 3 1 3 1 3
20 3 1 3 1 3 3 3 3 3 3 1 1 3 3 1 1 3 3 1 1 1 3 1 3 3
21 3 3 1 3 3 1 3 3 3 1 3 1 1 3 3 1 3 3 3 1 3 3 3 1 1
22 1 1 1 1 1 1 3 1 3 3 1 1 3 1 3 3 3 1 3 1 1 3 1 1 1
23 3 3 1 3 1 1 3 3 3 1 1 1 1 3 3 1 3 1 1 3 1 3 3 1 1
24 3 1 1 1 3 1 3 3 1 1 1 1 1 1 3 3 1 3 1 1 3 1 1 1 3
25 1 1 1 3 3 3 1 3 1 3 3 3 3 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 1 1
26 3 3 3 1 1 3 1 1 1 1 3 3 3 1 1 3 1 1 3 1 3 3 1 3 3
27 1 3 3 3 3 1 3 3 3 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 3 1 3 1 1
28 1 3 3 3 3 3 1 3 1 3 1 3 3 1 1 3 3 1 1 1 1 3 3 1 1
29 1 3 3 1 3 1 1 3 1 1 3 3 3 3 1 1 3 3 1 3 1 1 1 1 1
30 1 1 1 3 1 1 3 3 1 1 3 1 3 1 3 1 3 3 1 1 3 1 3 3 1
31 1 3 1 1 3 1 3 1 1 1 3 1 1 1 1 1 1 1 3 3 3 3 1 3 1
32 3 1 1 3 3 3 3 1 3 1 3 3 1 3 3 1 3 3 3 3 1 1 3 1 3
33 3 1 1 1 1 1 1 3 3 3 3 1 3 1 3 1 1 3 1 3 1 3 3 3 1
34 3 1 1 1 1 3 3 1 1 3 3 1 3 1 1 1 3 1 3 3 3 3 1 1 3
35 1 3 1 1 3 3 3 3 3 3 1 3 1 3 1 3 3 3 3 3 1 3 1 1 3
36 3 3 1 3 1 1 3 1 1 3 1 1 3 3 3 1 3 3 1 3 1 3 1 1 3
37 1 1 1 1 1 1 3 3 1 1 3 1 1 1 3 1 3 1 3 3 3 3 3 3 3
38 1 1 3 3 1 3 3 1 1 3 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3 3 1 3 3 3
39 1 3 1 3 1 1 3 3 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1

[*,*,2]: 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:=
```

1	1	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3
2	3	3	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	1	1	1	3	3	1	3	1	1	3	3
3	3	1	3	1	1	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3
4	3	1	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	3	3	1	3	1	3	1	1	3
5	1	3	3	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3
6	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	3	1	1	3	3	1	3	3	1
7	1	3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1
8	3	1	1	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3	3	1
9	1	3	3	1	1	1	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3	3
10	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	1	1	1	3	3	3	1	1	3
11	1	1	1	3	3	3	1	1	1	3	1	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3	1	3	1
12	3	1	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	1	3	3	1	3	1	3	3	1	1	3	3	3
13	1	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1	3	1	1
14	3	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	1	3	3	1	3	3
15	3	1	1	1	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	1	3	3	1	1	3	1	3	3	3	3
16	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1
17	3	3	1	1	3	1	3	1	1	3	1	3	1	3	3	1	1	3	1	3	3	1	1	3	1
18	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	1
19	3	1	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	1	1	1
20	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3
21	1	3	3	1	3	1	3	1	1	1	3	3	1	3	1	1	1	3	3	3	3	1	3	3	3
22	3	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3
23	3	3	3	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	3	1	1	3
24	3	1	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	3	1	1	3	3
25	3	1	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	3
26	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1	3	3	1	1
27	1	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	3	1	3	1
28	1	3	3	3	1	1	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1	3	3	3	1	3	3	1	1	3
29	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3	1	3
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3
31	3	3	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1
32	3	3	1	3	1	3	1	1	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	1	3	3	1	3	1
33	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1
34	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3

35	3	3	3	3	1	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1
36	1	1	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	1	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3
37	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	1
38	1	3	1	1	1	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1	3
39	3	1	1	3	1	3	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	1	3	3

[*,*,3]:	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:=
1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	1	1	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1	1	1	3	1	3	3	1	3
3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	3	3	1	3	3	1	1	1	3	3
4	3	3	1	3	1	3	3	1	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3
5	3	3	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	3	3	3	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3
6	1	3	1	3	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
7	3	3	1	1	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3
8	1	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1
9	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	3	3	1	1	3	1	3	1	3	3	3	3	1	1	3
10	3	1	3	1	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	1	3	3	3
11	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3	3	3	1	3	3	3	3
12	3	1	3	3	1	3	1	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1
13	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	1	3	3	3
14	3	1	3	3	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	1	1	1	3
15	1	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	3	3	1	1	3	1	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	1	3	1	3	1	3	1
17	3	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	1	1	3	1
18	1	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
19	1	3	1	3	3	1	1	3	3	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	3	1	1	1
20	3	3	1	3	3	3	1	1	3	1	3	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3
21	1	1	3	1	3	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1
22	1	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	3	1	3
23	1	3	3	1	1	3	1	3	1	1	3	3	1	1	3	1	1	3	3	3	1	3	3	3	1
24	3	1	1	1	3	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	3	1	1	1
25	1	1	1	3	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	3	3	3	1
26	3	3	3	3	1	3	1	1	3	1	1	1	3	1	1	3	1	3	3	3	1	1	3	1	3
27	3	3	1	3	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1	3	3	1	3

28 1 1 3 1 3 1 3 3 1 1 1 3 1 1 3 3 1 3 1 3 1 1 3 1 1

29 1 3 1 3 3 3 3 3 3 1 3 3 1 1 3 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1

30 3 3 3 3 1 1 1 1 3 1 3 1 3 1 3 3 1 3 3 3 1 3 3 1 1

31 1 1 1 3 3 3 3 3 3 3 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1 3 3 3 3 1

32 1 1 1 1 1 1 3 3 3 1 1 1 3 3 1 1 3 1 1 3 3 3 3 1 3

33 1 3 1 3 1 1 3 1 3 1 3 1 1 3 1 3 3 1 3 1 3 1 3 3 1

34 3 1 1 3 3 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 1 3 1 3 1 3 1 1

35 3 3 1 1 3 3 1 3 1 3 1 3 1 1 3 1 3 3 3 3 3 1 1 3 1

36 1 1 1 1 3 3 1 3 1 3 1 3 3 1 3 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1

37 3 1 3 1 1 1 1 3 3 3 1 1 3 1 3 3 3 1 1 3 1 3 3 3 3

38 3 3 3 3 1 1 3 3 3 3 1 1 3 3 3 3 3 3 3 1 1 3 1 3 3

39 3 3 3 3 3 3 1 3 1 1 1 3 1 1 3 3 1 1 3 3 3 3 3 3 1

[*,*,4]: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:=

1 1 1 1 1 3 3 3 1 3 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 1 3 1 1 3 1

2 1 1 1 3 1 1 1 1 3 1 1 1 3 1 3 1 1 3 3 1 1 1 3 3 1

3 1 3 3 3 3 1 1 1 3 1 3 3 3 1 3 3 1 1 1 1 1 3 1 1 1

4 1 1 1 3 3 1 3 3 3 1 3 1 3 3 1 1 1 3 1 1 1 3 1 1 1

5 3 1 3 3 3 3 3 3 3 1 3 3 1 1 3 1 1 1 3 1 3 3 3 3 3

6 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 3 3 1 3 3 1 1 3 3 1 3 1 3 3 3

7 1 3 1 3 1 3 1 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 1 3 3 1 1 3 3

8 3 1 3 1 1 1 3 3 3 1 3 1 1 3 1 3 3 3 3 1 3 1 3 3 1

9 3 3 1 1 3 3 1 3 3 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3 3 1 1 1 3 3

10 3 3 3 3 1 1 3 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3 3 1 3 3 3

11 1 3 3 1 1 1 3 3 1 1 1 3 3 3 1 1 1 1 3 3 1 3 1 1 1

12 1 1 3 3 1 1 1 1 1 3 1 3 3 1 3 3 3 1 1 1 1 3 3 3 1

13 3 3 1 3 1 1 3 3 1 1 3 3 3 1 1 3 1 1 3 3 1 1 3 3 1

14 1 1 1 1 3 3 1 1 1 3 3 3 3 3 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3

15 3 3 3 3 1 1 3 1 1 1 1 3 3 1 1 1 3 1 3 3 3 3 1 3 3

16 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 3 1 3 1 1 1 1 1 1 3

17 1 3 3 1 1 3 3 3 3 1 3 3 3 3 1 3 1 1 1 3 1 3 1 1 1

18 3 1 1 1 1 1 3 1 3 3 1 3 3 1 1 3 1 1 3 3 1 1 1 1 3

19 1 1 1 1 1 3 1 1 3 3 1 3 1 1 3 1 3 3 1 1 1 1 1 3 3

20 3 3 1 1 3 3 1 1 1 1 3 1 3 1 3 1 1 1 1 1 3 1 3 1 1

```
21 3 3 3 1 1 3 3 1 1 3 1 1 3 1 1 1 3 1 3 1 1 1 3 1 1
22 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 3 1 3 3 3 3 1 1 3 3 3 1 1 1 3
23 3 3 1 3 3 1 3 3 3 1 1 3 1 1 3 3 3 1 3 1 1 3 3 1 3
24 3 1 1 3 1 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3 3 3 1 1 1 1 3 1 1
25 3 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 3 1
26 1 3 3 3 3 3 1 3 1 1 1 3 3 1 3 1 1 1 3 1 3 3 3 1 3
27 3 1 3 1 3 3 1 3 1 1 3 1 1 1 1 3 3 3 3 1 3 3 1 1 1
28 1 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 3 1 3 3 1 3 3 1 1 3 1 1
29 1 3 1 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3 1 1 1 1 3 3 1 3 1 1 1 3
30 3 1 3 3 1 3 3 3 3 1 1 1 1 3 3 1 1 3 3 3 1 1 1 3 1
31 1 1 3 1 1 3 1 1 1 1 1 3 1 3 1 1 1 1 3 3 1 3 3 1 3
32 3 3 3 1 1 3 3 1 3 3 3 1 1 3 1 3 1 1 1 3 3 3 1 1 1
33 3 3 3 3 1 1 3 1 3 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 3 1 1 3 3 3
34 3 1 1 1 3 3 1 1 3 1 1 1 1 1 3 3 1 3 1 3 3 3 1 1 1
35 1 1 3 1 3 1 3 1 1 1 1 3 3 1 1 3 3 1 1 3 3 3 1 1 1
36 1 3 3 3 1 3 3 3 3 1 1 1 1 3 3 3 1 3 3 3 3 1 1 3 1
37 1 1 1 3 3 3 3 3 1 1 1 1 1 1 1 3 3 1 3 3 1 1 3 3 3
38 1 3 1 1 1 3 1 1 3 1 3 3 1 1 3 3 1 3 1 3 1 1 1 3 1
39 3 3 1 3 3 1 3 1 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3 1 3 1 1 1 3 1;
```

ΕΝΤΟΛΕΣ AMPL

model ekset.mod.txt;	Διαβάζει το αρχείο μοντέλου
data ekset.dat.txt;	Διαβάζει το αρχείο δεδομένων
solve;	Λύνει το πρόβλημα
option omit_zero_rows 1;	Επιλογή τύπωσης μόνο των μη μηδενικών όρων
display X>results.out;	Τυπώνει τις μεταβλητές X σε αρχείο

Ενδεικτικά δίνεται η μορφή των αποτελεσμάτων για τις 3πρώτες μέρες της εξεταστικής περιόδου :

```
X [*,*,1,1] (tr)
:   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 34 35 36 :=
```

MM104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
: 37 38 39 :=

[*,*,1,2] (tr)
: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 :=
MM602 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
: 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 :=
: 37 38 39 :=

[*,*,1,3] (tr)
: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 :=
MM401 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
: 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 :=
: 37 38 39 :=

[*,*,1,4] (tr)
: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 :=
MM720 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
: 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 :=
: 37 38 39 :=

[*,*,2,1] (tr)
: 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 34 35 36 :=
MM730 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
: 37 38 39 :=

[*,*,2,2] (tr)
: 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 34 35 36 :=
: 37 38 39 :=

[*,*,2,3] (tr)

: 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 34 35 36 :=

: 37 38 39 :=

[*,*,2,4] (tr)

: 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 34 35 36 :=

: 37 38 39 :=

[*,*,3,1] (tr)

: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 :=

MM304 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

: 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 :=

: 37 38 39 :=

[*,*,3,2] (tr)

: 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 34 35 36 :=

MM103 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

: 37 38 39 :=

[*,*,3,3] (tr)

: 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 34 35 36 :=

MM618 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

: 37 38 39 :=

[*,*,3,4] (tr)

: 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 34 35 36 :=

MM828 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

: 37 38 39 :=

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2007

1ο Εξάμηνο			
Εφ. Στατιστική Ι	κ. Παντελής	3-Σεπ	09:00
Εισαγωγή στις Μηχανουργικές Κατ.	κ. Κορλός	5-Σεπ	12:00
Χημεία για Μηχανικούς	κ. Τσιακάρας	6-Σεπ	09:00
Αγγλικά Ι	κα. Τσεφαλά	12-Σεπ	15:00
Μηχανολογικό Σχέδιο	κ. Πανταζάρας	14-Σεπ	12:00
Εισαγωγή στους Η/Υ	κ. Μπρέγιαννης	25-Σεπ	09:00
Εφ. Μαθηματικά Ι	κ. Γραμμένος	5-Οκτ	09:00
2ο Εξάμηνο			
Μηχανολογικό Σχέδιο με Η/Υ	κ. Πανταζάρας	11-Σεπ	12:00
Στατική	κ. Καραμάνος	19-Σεπ	12:00
Προγραμματισμός Η/Υ	κ. Μπρέγιαννης	20-Σεπ	09:00
Θερμοδυναμική Ι	κ. Σταμάτης	26-Σεπ	09:00
Αγγλικά ΙΙ	κα. Τσεφαλά	28-Σεπ	09:00
Εφαρμοσμένα Μαθηματικά ΙΙ	κ. Γραμμένος	1-Οκτ	09:00
Ηλεκτροτεχνία-Ηλ. Εγκαταστασείς	κ. Κοσμάνης	2-Οκτ	12:00
3ο Εξάμηνο			
Θερμοδυναμική ΙΙ	κ. Βλάχος	5-Σεπ	09:00
Δυναμική	κ. Παπαδημητρίου	10-Σεπ	12:00
Αριθμητική Ανάλυση	κ. Βαλουγεώργης	18-Σεπ	09:00
Εισαγωγή στην Τεχνολογία Υλικών	κ. Κερμανίδης	21-Σεπ	12:00
Γραμμικός Προγραμματισμός	κ. Ζηλιασκόπουλος	1-Οκτ	12:00
Συνήθεις Διαφορικές Εξισωσεις	κ. Γραμμένος	4-Οκτ	09:00
4ο Εξάμηνο			
Μαθηματικός Προγραμματισμός	κ. Ζηλιασκόπουλος	3-Σεπ	15:00
Φυσική Μεταλλουργία	κ. Χαιδεμενόπουλος	6-Σεπ	12:00
Ηλεκτρομαγνητισμός – Οπτική	κ. Γραμμένος	7-Σεπ	09:00
Μηχανική Υλικών Ι	κα. Αμανατίδου	11-Σεπ	15:00
Μηχανική Ρευστών Ι	κ. Βλάχος	14-Σεπ	15:00
Διαφορικές Εξισώσεις με Μερικές Παρ.	κ. Πελεκάσης	3-Οκτ	09:00
5ο Εξάμηνο			
Στοιχεία Μηχανών Ι	κ. Πανταζάρας	7-Σεπ	15:00
Στοχαστικά Πρότυπα στην Ε.Ε.	κ. Λυμπερόπουλος	13-Σεπ	09:00
Ηλεκτρικές Μηχανές & Βιομ. Αυτοματισμο	κ. Κοσμάνης	26-Σεπ	12:00
Μετάδοση Θερμότητας Ι	κ. Νάρης	1-Οκτ	15:00
Υπολογιστικές Μέθοδοι	κ. Βαλουγεώργης	2-Οκτ	15:00
Μηχανική των Υλικών ΙΙ	κ. Αράβας	3-Οκτ	12:00
6ο Εξάμηνο			

Φαινόμενα Μεταφοράς	κ.Ανδρίτσος	3-Σεπ	12:00
Μετάδοση Θερμότητας ΙΙ - Ηλ. Τεχνική	κα. Μπαξεβάνου	5-Σεπ	15:00
Πλαστικότητα & Μηχανική Θραύσεων	κ. Αράβας	10-Σεπ	15:00
Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων	κ.Καραμάνος	12-Σεπ	12:00
Μηχανική Ρευστών ΙΙ	κ.Σταπουντζής	17-Σεπ	09:00
Διαχείριση Ποιότητας	κ. Κοζανίδης	18-Σεπ	15:00
Αξιοπιστία & Συντήρηση Τεχν Συστημάτων	κ.Παντελής	19-Σεπ	15:00
Τεχν. Μετρήσεων στη Ενεργειακή Περιοχή	κ.Σταπουντζής	20-Σεπ	18:00
Οικονομικά για Μηχανικούς	κα. Λασπίδου	21-Σεπ	15:00
Μηχανική Συμπεριφορά των Υλικών	κ.Κερμανίδης	25-Σεπ	12:00
Εφαρμοσμένη Στατιστική ΙΙ	κ.Παντελής	4-Οκτ	12:00
Στοιχεία Μηχανών ΙΙ	κ.Πανταζάρας	5-Οκτ	12:00
7ο Εξάμηνο			
Ταλαντώσεις & Δυναμική Μηχανών	κ.Παπαδημητρίου	3-Σεπ	18:00
Προσομοίωση στη Βιομηχανική Παραγωγή	κ.Παντελής	4-Σεπ	09:00
Οργάνωση & Διοίκηση Εργοστασίων	κ. Κοζανίδης	10-Σεπ	09:00
Κατεργασίες Διαμορφώσεως	κ.Βαξεβανίδης	17-Σεπ	12:00
Συμπιεστή & Ασυμπίεστη Αεροδυναμική	κ.Σταπουντζής	18-Σεπ	15:00
Φυσικές Διεργασίες	κ. Βλαχογιάννης	19-Σεπ	09:00
Στροβιλομηχανές	κ.Σταμάτης	21-Σεπ	09:00
Ακέραιος Προγραμματισμός & Συνδ. Βελτ.	κ.Κοζανίδης	25-Σεπ	15:00
Επιλογή Υλικών στο Μηχανολογικό Σχεδιασμό	κ. Χαϊδεμενόπουλος	27-Σεπ	09:00
Υπολογιστικές Μέθ. στην Ενεργ. Περιοχή	κ.Πελεκάσης	1-Οκτ	18:00
Συστήματα Πληροφοριών Διοίκησης	κ.Αδάμ	5-Οκτ	15:00
8ο Εξάμηνο			
Μηχ. Κατεργασιες με Ψηφ Καθοδήγηση	κ.Κορλός	5-Σεπ	18:00
Εισαγωγή στην Τριβολογία	κ.Πετρόπουλος	6-Σεπ	15:00
Σχεδιασμός κ Προγραμματισμός Παραγ	κ.Λυμπερόπουλος	7-Σεπ	12:00
Κατεργασίες με Αφαίρεση Υλικού	κ.Πετρόπουλος	11-Σεπ	09:00
Διάβρωση	κ.Χασιώτης	13-Σεπ	15:00
Υπολ.Δυναμική Μηχ.Συστημάτ	Κ.Παπαδημητρίου	20-Σεπ	15:00
Στρατηγική Διοίκηση Επιχειρήσεων	κ.Παπαδούλης	21-Σεπ	15:00
Οικονομική των επιχειρήσεων	κ.Παπαδούλης	24-Σεπ	09:00
Μ.Ε.Κ	κ.Σταματέλλος	26-Σεπ	15:00

Συσκευές Θερμικών Διεργασιών	κ.Βλαχογιάννης	28-Σεπ	12:00
Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου	κ.Σακελλαρίου	2-Οκτ	09:00
Μηχατρονικη	Κ.Σαμαράς	3-Οκτ	15:00
Προηγ.Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας	κ.Τσιακάρας	4-Οκτ	15:00
9ο Εξάμηνο			
Σχεδιασμός Ενεργειακών Συστημάτων	κ. Σταμάτης	6-Σεπ	18:00
Θέρμανση - Ψύξη – Κλιματισμός	κ.Σταματέλλος	12-Σεπ	9:00
Μηχανική των Κατασκευών	κ.Καραμάνος	13-Σεπ	12:00
Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανση	κ.Ανδρίτσος	14-Σεπ	09:00
Χωρικοί Μηχανισμοί - Βιομηχανικά Ρομπότ	κ.Μπαλαφούτης	20-Σεπ	12:00
Ενεργειακή Οικονομία	κ. Ανδρίτσος	21-Σεπ	18:00
M.E.M.S.	κ.Χαριτίδης	3-Οκτ	18:00

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

		1ο Εξάμηνο	
ΗΜΕΡΑ	**ΩΡΑ**	**ΜΑΘΗΜΑ**	**ΟΝΟΜΑ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΟΣ**
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι	Παντελής
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	Πανταζάρας
ΤΕΤΑΡΤΗ	15:00	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	Κορλός
ΠΕΜΠΤΗ	9:00	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι	Τσεφαλά
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ	9:00	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	Τσιακάρας
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	15:00	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι	Γραμμένος
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ	15:00	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	Μπρέγιαννης
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		3ο Εξάμηνο	
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	Γραμμένος

ΤΡΙΤΗ	9:00	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	Κερμανίδης
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΔΥΝΑΜΙΚΗ	Παπαδημητρίου
ΠΕΜΠΤΗ	9:00	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	Βλάχος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Βαλουγεώργης
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		<u>5ο Εξάμηνο</u>	
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ	12:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ	Αράβας
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	12:00	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	Κοσμάνης
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧ. ΈΡΕΥΝΑ	Λυμπερόπουλος
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι	Νάρης
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	12:00	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	Βαλουγεώργης
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι	Πανταζάρας
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		<u>7ο Εξάμηνο</u>	
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓ. ΠΕΡΙΟΧΗ	Βαλουγεώργης
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ	12:00	ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	Κοζανίδης
ΠΕΜΠΤΗ	18:00	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	Χα'ϊ'δεμενόπουλος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	15:00	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	Αδάμ
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ	Παντελής

		ΠΑΡΑΓΩΓΗ	
ΤΡΙΤΗ	15:00	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	Βλαχογιάννης
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ	12:00	ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	Σταπουντζής
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	9:00	ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ	Παπαδημητρίου
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Κοζανίδης
ΤΡΙΤΗ	9:00	ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ	Σταμάτης
ΤΕΤΑΡΤΗ	15:00	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	Βαξεβανίδης
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		9ο Εξάμηνο	
ΔΕΥΤΕΡΑ	18:00	ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ	Μπαλαφούτης
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ	15:00	ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	Σταματέλλος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Ανδρίτσος
ΤΡΙΤΗ	18:00	ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Χαριτίδης
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	Καραμάνος
ΠΕΜΠΤΗ	15:00	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Σταμάτης
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ	Ανδρίτσος
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ

		2ο Εξάμηνο	
ΗΜΕΡΑ	**ΩΡΑ**	**Μ Α Θ Η Μ Α**	**ΟΝΟΜΑ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΟΣ**
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ	Καραμάνος
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ	Μπρέγιαννης

ΠΕΜΠΤΗ	9:00	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ ΙΙ	Τσεφαλά
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΙΙ	Γραμμένος
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ι	Σταμάτης
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	12:00	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ	Πανταζάρας
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	Κοσμάνης
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		4ο Εξάμηνο	
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Ι	Αμανατίδου
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ	12:00	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ	12:00	ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥΣ	Πελεκάσης
ΤΡΙΤΗ	15:00	ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	Χα'ι'δεμενόπουλος
ΤΕΤΑΡΤΗ	12:00	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΟΠΤΙΚΗ	Γραμμένος
ΠΕΜΠΤΗ	9:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ – Ι	Βλάχος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ			
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		6ο Εξάμηνο	
ΔΕΥΤΕΡΑ	18:00	ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	Αράβας
ΤΡΙΤΗ	9:00	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΙΙ	Παντελής
ΤΕΤΑΡΤΗ	15:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΙΙ	Σταπουντζής
ΠΕΜΠΤΗ	18:00	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ	Πανταζάρας
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	9:00	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Παντελής

ΔΕΥΤΕΡΑ			
ΤΡΙΤΗ	12:00	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	Σταπουντζής
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	Ανδρίτσος
ΠΕΜΠΤΗ	15:00	Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	Καραμάνος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	9:00	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	Κατσαμάς
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	Λασπίδου
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ	12:00	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	Μπαξεβάνου
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			
		8ο Εξάμηνο	
ΔΕΥΤΕΡΑ	9:00	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ	Βλαχογιάννης
ΤΡΙΤΗ			
ΤΕΤΑΡΤΗ	12:00	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΛΙΚΟΥ	Πετρόπουλος
ΠΕΜΠΤΗ	15:00	ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ	Σαμαράς
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	12:00	ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Τσιακάρας
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	Αποστολίκας
ΤΡΙΤΗ	18:00	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	Παπαδούλης
ΤΕΤΑΡΤΗ	15:00	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	Χασιώτης
ΠΕΜΠΤΗ	12:00	ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	Σταματέλλος
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	15:00	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Παπαδημητρίου
ΔΕΥΤΕΡΑ	15:00	ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΑ	Πετρόπουλος
ΤΡΙΤΗ	9:00	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	Λυμπερόπουλος
ΤΕΤΑΡΤΗ	9:00	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	Παπαδούλης
ΠΕΜΠΤΗ			
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			

Οι παρακάτω πίνακες δίνουν το Πρόγραμμα Εξεταστικής του Σεπτεμβρίου με τρόπο ώστε να φαίνεται η ικανοποίηση όλων των περιορισμών.

1ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Εφ. Στατιστική Ι (Υ3) -κ. Παντελής			Χημεία για Μηχανικούς (Υ)-κ. Τσιακάρας	
12:00			Εισαγωγή στις Μηχανουργικές Κατ.(Υ2) -κ. Κορλός		
15:00					
18:00					
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					Μηχανολογικό Σχέδιο (Υ2)-κ. Πανταζάρας
15:00			Αγγλικά Ι (Υ)-κα. Τσεφαλά		
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Εισαγωγή στους Η/Υ (Υ)-κ. Μπρέγιαννης		
12:00					
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Εφ. Μαθηματικά Ι(Υ)				
12:00					
15:00					
18:00					

2ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00		Μηχανολογικό Σχέδιο με Η/Υ(Υ2)-κ. Πανταζάρας			
15:00					
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00				Προγραμματισμός Η/Υ (Υ)-κ. Μπρέγιαννης	
12:00			Στατική (Υ2)-κ. Καραμάνος		
15:00					
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Θερμοδυναμική Ι (Υ1)-κ. Σταμάτης		Αγγλικά ΙΙ (Υ)-κα. Τσεφαλά
12:00					
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Εφαρμοσμένα Μαθηματικά ΙΙ (Υ)-κ. Γραμμένος				
12:00					
15:00					
18:00					

3ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Θερμοδυναμική II (Υ1)-κ. Βλάχος		
12:00					
15:00					
18:00					
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00	Δυναμική (Υ2)/**Mhard**-κ. Παπαδημητρίου				
15:00					
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Αριθμητική Ανάλυση (Υ)-κ. Βαλουγεώργης		
12:00					Εισαγωγή στην Τεχνολογία Υλικών (Υ2)-κ. Κερμανίδης
15:00					
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00				Συνήθεις Διαφορικές Εξισωσεις (Υ)-κ. Γραμμένος	
12:00	Γραμμικός Προγραμματισμός (Υ)-κ. Ζηλιασκόπουλος				
15:00					
18:00					

4ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					Ηλεκτρομαγνητισμός – Οπτική (Υ)-κ. Γραμμένος
12:00				Φυσική Μεταλλουργία (Υ2)-κ. Χαιδεμενόπουλος	
15:00	Μαθηματικός Προγραμματισμός(Υ3)-κ. Ζηλιασκόπουλος				
18:00					

2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00		Μηχανική Υλικών Ι (Υ2)-κα. Αμανατίδου			Μηχανική Ρευστών Ι (Υ1)-κ. Βλάχος
18:00					

3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					

4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					

5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00			Διαφορικές Εξισώσεις με Μερικές Παρ. (Υ)-κ. Πελεκάσης		
12:00					
15:00					

18:00					

5ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					Στοιχεία Μηχανών Ι (Υ2)- κ. Πανταζάρας
18:00					
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00				Στοχαστικά Πρότυπα στην Ε.Ε. (Υ3)- κ. Λυμπερόπουλος	
12:00					
15:00					
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00			Ηλεκτρικές Μηχανές & Βιομ. Αυτοματισμό (Υ)- κ. Κοσμάνης		
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00			Μηχανική των Υλικών ΙΙ (Υ2)- κ. Αράβας		
15:00	Μετάδοση Θερμότητας Ι (Υ1)-	Υπολογιστικές Μέθοδοι			

	κ. Νάρης	(Υ)/**Mhard**- κ. Βαλουγεώργης			
18:00					

6ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00	Φαινόμενα Μεταφοράς (Υ1)- κ.Ανδρίτσος				
15:00			Μετάδοση Θερμότητας ΙΙ (ΕΚ1)- Ηλ. Τεχνική- κα. Μπαξεβάνου		
18:00					
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00	Πλαστικότητα & Μηχανική Θραύσεων (ΥΚ2)- κ. Αράβας		Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων (ΥΚ2)- κ.Καραμάνος		
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Μηχανική Ρευστών ΙΙ (Υ1)- κ.Σταπουντζής				
12:00					
15:00		Διαχείριση Ποιότητας (Υ3)/**Mhard**- κ. Κοζανίδης	Αξιοπιστία & Συντήρηση Τεχν Συστημάτων (ΥΚ3)- κ.Παντελής		Οικονομικά για Μηχανικούς (Υ3)- κα. Λασπίδου
18:00				Τεχν. Μετρήσεων στη Ενεργειακή Περιοχή (ΥΚ1)- κ.Σταπουντζής	
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					

12:00		Μηχανική Συμπεριφορά των Υλικών (ΥΚ2)- κ.Κερμανίδης			
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00				Εφαρμοσμένη Στατιστική ΙΙ (ΕΚ3)- κ.Παντελής	Στοιχεία Μηχανών ΙΙ (ΕΚ2)- κ.Πανταζάρας
15:00					
18:00					

7ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00		Προσομοίωση στη Βιομηχανική Παραγωγή (ΥΚ3)- κ.Παντελής			
12:00					
15:00					
18:00	Ταλαντώσεις & Δυναμική Μηχανών (ΥΚ2)- κ.Παπαδημητρίου				
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Οργάνωση & Διοίκηση Εργοστασίων (Υ3)- κ. Κοζανίδης				
12:00					
15:00					
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Φυσικές Διεργασίες (Υ1)- κ. Βλαχογιάννης		Στροβιλομηχανές (Υ1)- κ.Σταμάτης

12:00	Κατεργασίες Διαμορφώσεως (Υ2)- κ.Βαξεβανίδης				
15:00		Συμπιεστή & Ασυμπίεστη Αεροδυναμική (ΥΚ1)- κ.Σταπουντζής			
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00				Επιλογή Υλικών στο Μηχανολογικό Σχεδιασμό (ΕΚ2)- κ. Χαϊδεμενόπουλος	
12:00					
15:00		Ακέραιος Προγραμματισμός & Συνδ. Βελτ.(ΥΚ3)- κ.Κοζανίδης			
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00	Υπολογιστικές Μέθ. στην Ενεργ. Περιοχή (ΥΚ1)- κ.Πελεκάσης			Συστήματα Πληροφοριών Διοίκησης (ΕΚ3)- κ.Αδάμ	
18:00					

8ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					Σχεδιασμός κ Προγραμ. Παραγωγής (Υ3)- κ.Λυμπερόπουλος
15:00				Εισαγωγή στην Τριβολογία	

				(ΕΚ2)- κ.Πετρόπουλος	
18:00			Μηχ. Κατεργασιες με Ψηφ Καθοδήγηση (ΕΚ2)- κ.Κορλός		
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00		Κατεργασίες με Αφαίρεση Υλικού (Υ2)- κ.Πετρόπουλος			
12:00					
15:00				Διάβρωση (ΕΚ2)- κ.Χασιώτης	
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00				Υπολ.Δυναμική Μηχ.Συστημάτ (ΕΚ2)- Κ.Παπαδημητρίου	Στρατηγική Διοίκηση Επιχειρήσεων (ΥΚ3)- κ.Παπαδούλης
18:00					
4η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00	Οικονομική των επιχειρήσεων (ΕΚ3)- κ.Παπαδούλης				
12:00					Συσκευές Θερμικών Διεργασιών (ΥΚ1)- κ.Βλαχογιάννης
15:00			Μ.Ε.Κ (Υ1)/**Mhard**- κ.Σταματέλλος		
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00		Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (Υ2)-			

		κ.Σακελλαρίου			
12:00					
15:00			Μηχατρονικη (ΕΚ2)- Κ.Σαμαράς	Προηγ.Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας (ΕΚ1)- κ.Τσιακάρας	
18:00					

9ο Εξάμηνο

1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
9:00					
12:00					
15:00					
18:00				Σχεδιασμός Ενεργειακών Συστημάτων(ΕΚ1)- κ. Σταμάτης	
2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00			Θέρμανση _ Ψύξη_ Κλιματισμός (ΥΚ1)- κ.Σταματέλλος		Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανση (Υ1)- κ.Ανδρίτσος
12:00				Μηχανική των Κατασκευών(ΕΚ2)- κ.Καραμάνος	
15:00					
18:00					
3η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00				Χωρικοί Μηχανισμοί - Βιομηχανικά Ρομπότ(ΕΚ2)- κ.Μπαλαφούτης	
15:00					
18:00					Ενεργειακή Οικονομία (ΕΚ1)- κ.Ανδρίτσος
4η	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**

ΕΒΔΟΜΑΔΑ					
9:00					
12:00					
15:00					
18:00					
5η ΕΒΔΟΜΑΔΑ	**ΔΕΥΤΕΡΑ**	**ΤΡΙΤΗ**	**ΤΕΤΑΡΤΗ**	**ΠΕΜΠΤΗ**	**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**
9:00					
12:00					
15:00					
18:00			M.E.M.S.(EK2)-κ.Χαριτίδης		

Παράρτημα III Δεδομένα & Αποτελέσματα Πειραμάτων

Το τρίτο Παράρτημα της εργασίας περιέχει όλα τα δεδομένα , εντολές και Πίνακες αποτελεσμάτων των πειραμάτων.

Εδώ παρατίθεται το πρόγραμμα της Fortran το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία δεδομένων κατά την εκπόνηση των πειραμάτων.

```
program test

    implicit none
    integer::iostatus,D,i,j,T
    character(15)::filename
    integer, allocatable, dimension(:)::D1
    integer, allocatable, dimension(:,:)::P
    character(500)::grammi

    CALL RANDOM_SEED

    print*,'give filename'
    read*,filename

    print*,'give D'
    read*,D
    allocate(D1(D))
    allocate(P(D+1,39))
    do i=1,D
        D1(i)=i
    end do

    open (10,file=filename)
    print *, 'dwse onoma arxeiou eksodou'
    read*,filename
    open (20,file=filename)

    do i=1,72
        read(10,*,IOSTAT=iostatus)
        if (iostatus==-1) exit
```

```
end do
     Endfile(10)

write(10,100) (D1(i),i=1,D)
write(10,*)'param p :='
do T=1,4
     do j=1,39
          P(1,j)=j
     end do
     do i=2,D+1
          do j=1,39
               P(i,j)=random_value()
          end do
     end do
     write(10,200) T,(i,i=1,D)
     Do j=1,39
          write(10,300) (P(i,j),i=1,D+1)
     End do
     write(10,*)
end do
write(10,*)';'

deallocate(D1,P)
print*, filename,' is done.'
read*

Rewind(10)
do
     read(10,'(A500)',IOSTAT=iostatus) grammi
     if (iostatus==-1) exit
     write(20,'(A500)') grammi
end do

Close(10)
Close(20)

100 Format('set D :=',(25(I4)) ';')
200 Format('[*,*,',I1,']:',25(I4),':=')
300 Format('',I8,25(I4),'')
CONTAINS

INTEGER FUNCTION random_value()
     real::rand
     call RANDOM_NUMBER(rand);
     if (rand<=0.2) then
               random_value=1
     else if (rand<=0.4) then
               random_value=2
     else if (rand<=0.6) then
               random_value=3
```

```
    else if (rand<=0.8) then
            random_value=4
        else
            random_value=5
        endif
    END FUNCTION


    end program test
```

ΕΝΤΟΛΕΣ AMPL

model filename.mod.txt;	Διαβάζει το αρχείο μοντέλου
data filename.dat.txt;	Διαβάζει το αρχείο δεδομένων
option cplex_options 'timing=1 mipgap=0 absmipgap=0 integrality=0';	Ενεργοποιεί τη χρονομέτρηση των εργασιών κι εξασφαλίζει την ακεραιότητα των λύσεων
solve;	Λύνει το πρόβλημα
option omit_zero_rows 1;	Τυπώνει μόνο τους μη μηδενικούς όρους
display X>results.out;	Τυπώνει τις μεταβλητές X σε αρχείο

Οι πίνακες που ακολουθούν τους απεικονίζουν τους χρόνου επίλυσης για προβήματα με δυνατές τιμές της παραμέτρου κέρδους 1 και 3.

Πίνακας 1.1(p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=20 i=1	0,476928	1,20382	0,378943
i=2	0,335949	0,676897	0,261961
i=3	0,301954	0,666899	0,252961
i=4	0,312952	0,6609	0,245963
i=5	0,302954	0,650901	0,247963
i=6	0,308953	0,664899	0,248962
i=7	0,296955	0,624904	0,248963
i=8	0,307952	0,646902	0,244963
i=9	0,299954	0,619906	0,246962
i=10	0,295959	0,615907	0,243963
Average	0,30706467	0,64756833	0,24918456

Πίνακας 1.2 (p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=21 i=1	0,315951	0,730889	0,26096
i=2	0,313953	0,755885	0,26296
i=3	0,335948	0,649902	0,257961
i=4	0,312952	0,703894	0,25896
i=5	0,312953	0,704892	0,257961
i=6	0,325951	0,71889	0,26296
i=7	0,317951	0,697895	0,256961
i=8	0,313952	0,732889	0,26196
i=9	0,331949	0,696894	0,259961
i=10	0,320951	0,697894	0,26096
Average	0,32072889	0,70655944	0,26007156

Πίνακας 1.3 (p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=22 i=1	0,347946	0,719891	0,26496
i=2	0,328951	0,751885	0,260961
i=3	0,32995	0,728889	0,260961
i=4	0,333949	0,747887	0,267959
i=5	0,325951	0,687895	0,26196
i=6	0,337948	0,72489	0,259961
i=7	0,32795	0,696894	0,26596
i=8	0,33095	0,72689	0,26396
i=9	0,32695	0,755886	0,261959
i=10	0,33395	0,687896	0,26096
Average	0,33072767	0,72322356	0,26273789

Πίνακας 1.4 (p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=23 i=1	0,339949	0,764884	0,271958

i=2	0,345947	0,758885	0,287956
i=3	0,342947	0,756886	0,271958
i=4	0,348946	0,786881	0,273958
i=5	0,344947	0,751886	0,275958
i=6	0,344947	0,737888	0,269959
i=7	0,348946	0,783881	0,271959
i=8	0,346948	0,78688	0,274958
i=9	0,354945	0,824876	0,273957
i=10	0,349947	0,769883	0,275958
Average	0,34761333	0,77310511	0,27518011

Πίνακας 1.5 (p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=24 i=1	0,45893	1,2998	0,316951
i=2	0,445933	1,12383	0,310952
i=3	0,447932	1,2798	0,310952
i=4	0,469929	1,24581	0,310953
i=5	0,45593	1,2958	0,309953
i=6	0,462929	1,34879	0,311953
i=7	0,448932	1,22881	0,309953
i=8	0,452932	0,965853	0,311953
i=9	0,447931	1,28181	0,307954
i=10	0,45193	1,23181	0,313952
Average	0,4543308	1,2302113	0,3115526

Πίνακας 1.6 (p=1,3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=25 i=1	0,472928	1,2828	0,327951
i=2	0,474928	1,39378	0,32395
i=3	0,469929	1,25681	0,32895
i=4	0,473928	1,3188	0,326951

i=5	0,45993	1,23481	0,32795
i=6	0,45893	1,37279	0,32595
i=7	0,45993	1,39579	0,32795
i=8	0,488927	1,11183	0,32595
i=9	0,470928	1,3108	0,330951
i=10	0,467928	1,3158	0,32495
Average	0,4698286	1,299401	0,3271503

Πίνακας 2.1 (p=1-5),(Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=20 i=1	0,300954	0,634904	0,246962
i=2	0,313953	0,674897	0,243962
i=3	0,302953	0,612907	0,244963
i=4	0,296954	0,702893	0,247963
i=5	0,310953	0,631903	0,245964
i=6	0,310952	0,624906	0,249961
i=7	0,299953	0,620906	0,245963
i=8	0,299954	0,639902	0,246962
i=9	0,305953	0,611906	0,244963
i=10	0,311952	0,636903	0,248962
Average	0,3054531	0,6392027	0,2466625

Πίνακας 2.2 (p=1-5), (Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=21 i=1	0,312953	0,701893	0,26196
i=2	0,31695	0,696894	0,26196
i=3	0,309954	0,71989	0,25996
i=4	0,314952	0,704893	0,26396
i=5	0,317951	0,742887	0,26096
i=6	0,320951	0,672898	0,26596
i=7	0,322951	0,652901	0,26296

i=8	0,323951	0,694894	0,264959
i=9	0,312953	0,706892	0,259961
i=10	0,314953	0,667898	0,26296
Average	0,3168519	0,696194	0,26256

Πίνακας 2.3 (p=1-5), (Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=22 i=1	0,336949	0,681896	0,260961
i=2	0,338949	0,71689	0,258961
i=3	0,33395	0,730889	0,25896
i=4	0,338948	0,721891	0,26096
i=5	0,336949	0,670898	0,26096
i=6	0,326951	0,758884	0,263959
i=7	0,32795	0,740888	0,257961
i=8	0,330949	0,676897	0,263959
i=9	0,337948	0,682897	0,25996
i=10	0,336949	0,71989	0,26296
Average	0,3346492	0,710192	0,2609601

Πίνακας 2.4 (p=1-5), (Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=23 i=1	0,340949	0,808877	0,292955
i=2	0,351947	0,79188	0,276958
i=3	0,352945	0,734889	0,275958
i=4	0,352947	0,746886	0,273959
i=5	0,342947	0,779881	0,27196
i=6	0,368944	0,85587	0,270959
i=7	0,351946	0,799879	0,271959
i=8	0,340949	0,816876	0,272958
i=9	0,344947	0,758885	0,275958
i=10	0,352947	0,814876	0,273959
Average	0,3501468	0,7908799	0,2757583

Πίνακας 2.5 (p=1-5), (Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=24 i=1	0,446932	1,27581	0,318952
i=2	0,454931	3,68744	0,309953
i=3	0,449931	2,45263	0,310953
i=4	0,451931	1,22581	0,309953
i=5	0,46393	1,24781	0,310953
i=6	0,448931	3,58246	0,309952
i=7	0,466928	3,55146	0,311953
i=8	0,472928	1,26281	0,311953
i=9	0,454931	1,27981	0,309953
i=10	0,46293	1,20282	0,310953
Average	0,4574303	2,076886	0,3115528

Πίνακας 2.6 (p=1-5), (Mhard=4)

model	Input time	Solve time	Output time
d=25 i=1	0,465929	1,20082	0,334949
i=2	0,486925	1,36279	0,32695
i=3	0,484927	1,46978	0,344948
i=4	0,490926	1,41478	0,331949
i=5	0,469929	1,39379	0,32995
i=6	0,471927	1,3098	0,327951
i=7	0,468928	1,3078	0,330949
i=8	0,484926	1,36479	0,331948
i=9	0,498923	1,3298	0,332949
i=10	0,477927	1,3188	0,333949
Average	0,4801267	1,347295	0,3326492

Περίπτωση αριθμού δύσκολων μαθημάτων.

Πίνακας 3.1 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=20 i=1	0,298956	0,763883	0,252961
i=2	0,302955	0,673897	0,251962
i=3	0,302953	0,657901	0,253961
i=4	0,308952	0,669898	0,256961
i=5	0,313952	0,690895	0,251962
i=6	0,308953	0,684896	0,249962
i=7	0,317953	0,72089	0,249962
i=8	0,306952	0,647902	0,252961
i=9	0,305952	0,6609	0,254961
i=10	0,298954	0,770883	0,251962
Average	0,3066532	0,6941945	0,2527615

Πίνακας 3.2 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=21 i=1	0,321951	0,693895	0,26296
i=2	0,320951	0,677897	0,26296
i=3	0,312951	0,735888	0,26496
i=4	0,310953	0,687896	0,26196
i=5	0,315952	0,710891	0,264961
i=6	0,317951	0,733889	0,26196
i=7	0,309953	0,708892	0,26196
i=8	0,32295	0,718891	0,26096
i=9	0,315953	0,719891	0,265959
i=10	0,321951	0,676897	0,260961
Average	0,3171516	0,7064927	0,2629601

Πίνακας 3.3 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=22 i=1	0,347947	0,761885	0,264959

i=2	0,33095	0,72189	0,26196
i=3	0,32995	0,710892	0,263959
i=4	0,338948	0,72589	0,26296
i=5	0,336948	0,798879	0,26396
i=6	0,333949	0,732889	0,26096
i=7	0,337948	0,689895	0,258962
i=8	0,331949	0,752886	0,26496
i=9	0,32795	0,759885	0,25996
i=10	0,330951	0,71489	0,258961
Average	0,334749	0,7369881	0,2621601

Πίνακας 3.4 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=23 i=1	0,353945	0,881867	0,272958
i=2	0,349946	0,747887	0,272958
i=3	0,338949	0,811876	0,275959
i=4	0,340947	0,774883	0,273959
i=5	0,345947	0,822874	0,276959
i=6	0,346948	0,809877	0,272959
i=7	0,347947	0,802877	0,275958
i=8	0,349947	0,762884	0,275957
i=9	0,342947	0,836874	0,272958
i=10	0,347946	0,765885	0,273958
Average	0,3465469	0,8017784	0,2744583

Πίνακας 3.5 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=24 i=1	0,458931	1,21182	0,329951
i=2	0,45193	1,3448	0,314952
i=3	0,451932	1,54876	0,310952
i=4	0,45593	1,26181	0,312953
i=5	0,447932	1,24981	0,314951
i=6	0,450932	4,54231	0,314952

i=7	0,465928	1,3358	0,314952
i=8	0,459931	1,3128	0,313952
i=9	0,446933	4,71828	0,313953
i=10	0,446933	4,71828	0,313953
Average	0,4537312	2,324447	0,3155521

Πίνακας 3.6 (Mhard=3)

model	Input time	Solve time	Output time
d=25 i=1	0,503922	1,37879	0,345948
i=2	0,47578	1,42578	0,331949
i=3	0,481926	1,51077	0,32995
i=4	0,468928	1,34979	0,333949
i=5	0,493925	1,52077	0,330949
i=6	0,481927	1,25181	0,32695
i=7	0,481927	1,25181	0,32695
i=8	0,479926	1,37679	0,32895
i=9	0,472927	1,21782	0,331949
i=10	0,482926	1,25181	0,33195
Average	0,4824114	1,353594	0,3319494

Πίνακας 4.1 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=20 i=1	0,308953	0,737888	0,252962
i=2	0,300954	0,705893	0,250962
i=3	0,304955	0,711891	0,255961
i=4	0,312953	0,679896	0,257961
i=5	0,309953	0,645902	0,248962
i=6	0,312952	0,768884	0,252961
i=7	0,310953	0,688894	0,248963
i=8	0,330949	0,649901	0,249963
i=9	0,321952	0,709892	0,254961
i=10	0,300954	0,72589	0,254961
Average	0,3115528	0,7024931	0,2528617

Πίνακας 4.2 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=21 i=1	0,322951	0,71889	0,26896
i=2	0,32495	0,676897	0,26896
i=3	0,316952	0,688895	0,26296
i=4	0,322951	0,679897	0,265959
i=5	0,334949	0,748886	0,26396
i=6	0,320951	0,712892	0,26196
i=7	0,32595	0,747885	0,260961
i=8	0,321951	0,754886	0,264959
i=9	0,316951	0,718892	0,265959
i=10	0,321951	0,713891	0,26096
Average	0,3230507	0,7161911	0,2645598

Πίνακας 4.3 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=22 i=1	0,33195	0,754885	0,26096
i=2	0,33795	0,853869	0,26596
i=3	0,32795	0,724889	0,26296
i=4	0,342948	0,781881	0,26196
i=5	0,328949	0,85687	0,26196
i=6	0,338948	0,748887	0,264959
i=7	0,331948	0,743887	0,261961
i=8	0,351945	0,706893	0,26496
i=9	0,336949	0,739887	0,26096
i=10	0,328949	0,764885	0,266959
Average	0,3358486	0,7676833	0,2633599

Πίνακας 4.4 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=23 i=1	0,353946	0,832874	0,277958
i=2	0,351947	0,825874	0,280957

i=3	0,350947	0,793879	0,276959
i=4	0,367944	0,847871	0,276957
i=5	0,366945	0,924859	0,278958
i=6	0,347947	0,835873	0,279958
i=7	0,349948	0,775881	0,277958
i=8	0,342947	0,864869	0,279958
i=9	0,359945	0,793879	0,278958
i=10	0,351946	0,805878	0,278957
Average	0,3544462	0,8301737	0,2787578

Πίνακας 4.5 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=24 i=1	0,453931	1,03484	0,312953
i=2	0,458929	1,3318	0,312952
i=3	0,452931	0,126181	0,309953
i=4	0,455931	4,41833	0,312953
i=5	0,45593	1,34879	0,315952
i=6	0,469929	1,39379	0,311952
i=7	0,452932	1,36779	0,312953
i=8	0,464929	1,3008	0,315952
i=9	0,469928	3,14752	0,320952
i=10	0,451931	1,23781	0,313952
Average	0,4587301	1,6707651	0,3140524

Πίνακας 4.6 (Mhard=5)

model	Input time	Solve time	Output time
d=25 i=1	0,479927	1,3338	0,333949
i=2	0,476927	4,43233	0,32995
i=3	0,487925	1,60576	0,342948
i=4	0,471929	1,51677	0,32895
i=5	0,486925	1,41279	0,333949
i=6	0,469929	1,34479	0,33095
i=7	0,470928	5,60318	0,335949

i=8	0,470929	1,60376	0,332949
i=9	0,473927	1,40179	0,332949
i=10	0,470928	1,3288	0,330949
Average	0,4760274	2,158377	0,3333492

Πίνακας 5.1 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=20 i=1	0,302954	0,736888	0,25696
i=2	0,305953	0,687895	0,252962
i=3	0,312952	0,693895	0,251962
i=4	0,315952	0,683896	0,250962
i=5	0,302954	0,688895	0,253961
i=6	0,306953	0,686896	0,253961
i=7	0,303954	0,743887	0,249962
i=8	0,303953	0,6589	0,247962
i=9	0,304954	0,702892	0,250963
i=10	0,310952	0,708893	0,257961
Average	0,3071531	0,6992937	0,2527616

Πίνακας 5.2 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=21 i=1	0,321951	0,716891	0,26496
i=2	0,319951	0,668899	0,263959
i=3	0,325951	0,763883	0,26496
i=4	0,318951	0,737888	0,26396
i=5	0,318952	0,770884	0,264959
i=6	0,32795	0,728889	0,266959
i=7	0,336949	0,727889	0,26096
i=8	0,326951	0,72189	0,264959
i=9	0,331949	0,786881	0,26696
i=10	0,340948	0,732889	0,26596
Average	0,3270503	0,7356883	0,2648596

Πίνακας 5.3 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=22 i=1	0,349947	0,754885	0,26696
i=2	0,340948	0,739879	0,26796
i=3	0,343948	0,799879	0,270958
i=4	0,339949	0,711891	0,26396
i=5	0,336949	0,764884	0,267959
i=6	0,336949	0,769883	0,26396
i=7	0,338948	0,705893	0,26496
i=8	0,333949	0,771883	0,263959
i=9	0,346947	0,798879	0,263959
i=10	0,333949	0,78988	0,26696
Average	0,3402483	0,7607836	0,2661595

Πίνακας 5.4 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=23 i=1	0,355945	0,775883	0,286956
i=2	0,352946	0,85287	0,280957
i=3	0,358946	0,860869	0,287957
i=4	0,341948	0,86487	0,279956
i=5	0,361945	0,792879	0,279958
i=6	0,347946	0,820876	0,284956
i=7	0,356946	0,839873	0,290955
i=8	0,361944	0,784881	0,287956
i=9	0,357945	0,818876	0,282957
i=10	0,360945	0,829873	0,287956
Average	0,3557456	0,824175	0,2850564

Πίνακας 5.5 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=24 i=1	0,493925	1,36079	0,311952
i=2	0,452932	1,38979	0,313952

i=3	0,467929	4,36934	0,310952
i=4	0,456931	1,47377	0,310953
i=5	0,46393	1,3218	0,310952
i=6	0,450931	1,23181	0,311953
i=7	0,473928	1,42678	0,32495
i=8	0,452931	1,64575	0,315952
i=9	0,45693	1,53477	0,312953
i=10	0,466929	1,41878	0,309954
Average	0,4637296	1,717338	0,3134523

Πίνακας 5.6 (Mhard=6)

model	Input time	Solve time	Output time
d=25 i=1	0,473927	1,59176	0,362945
i=2	0,506924	1,3208	0,33195
i=3	0,477927	1,38979	0,332949
i=4	0,468928	1,38379	0,333949
i=5	0,480926	1,44978	0,337949
i=6	0,51892	1,37179	0,33195
i=7	0,480927	1,2878	0,33395
i=8	0,482926	1,2918	0,331949
i=9	0,480926	2,55761	0,33295
i=10	0,477927	1,57576	0,334949
Average	0,4850258	1,522068	0,336549

Πίνακας 6.1 (xeimerino)

model	Input time	Solve time	Output time
d=13 i=1	0,087987	0,32295	0,062991
i=2	0,086986	0,25996	0,064991
i=3	0,085986	0,303954	0,06499
i=4	0,086987	0,321951	0,062991
i=5	0,085986	0,345948	0,062991

i=6	0,085986	0,259961	0,06399
i=7	0,084988	0,197969	0,062991
i=8	0,087986	0,355946	0,062991
i=9	0,086987	0,307953	0,06299
i=10	0,084987	0,293955	0,062991
Average	0,0864866	0,2970547	0,0634907

Πίνακας 6.2 (xeimerino)

model	Input time	Solve time	Output time
d=11 i=1	0,075989	0,283957	0,053992
i=2	0,073988	0,136979	0,054992
i=3	0,076988	0,225966	0,053992
i=4	0,077988	0,186971	0,055992
i=5	0,075988	0,186972	0,054992
i=6	0,07299	0,25996	0,054992
i=7	0,070989	0,239963	0,054992
i=8	0,074989	0,339948	0,054992
i=9	0,071989	0,351947	0,053992
i=10	0,072989	0,243962	0,054992
Average	0,0744887	0,2456625	0,054792

Πίνακας 7 (earino)

model	Input time	Solve time	Output time
d=13 i=1	0,103985	0,429934	0,06899
i=2	0,101984	1,92771	0,070989
i=3	0,101985	1,14783	0,06999
i=4	0,106983	0,346948	0,069989
i=5	0,098984	1,11683	0,06999
i=6	0,098984	0,491925	0,06999
i=7	0,101984	1,00685	0,06999
i=8	0,099985	0,496925	0,069989
i=9	0,101984	0,464929	0,070989
i=10	0,100984	1,05584	0,070989

Average	0,1017842	0,8485721	0,0701895