ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΩΡΟΛΟΓΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

υπό

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Χ. ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΙΝΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2005

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΩΡΟΛΟΓΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

υπό

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Χ. ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΙΝΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2005

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)
Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής
Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής
Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης
Διδάσκων (Π.Δ. 407/80) Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ’ όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου καθώς και για περαιτέρω σημαντικές συμβουλές του. Επίσης, είμαι ευγνώμον στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, κκ. Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο και Γεώργιο Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κ. Κοζανίδη για την πολύτιμη βοήθειά του στην κατανόηση και χρήση του λογισμικού AMPL, αλλά και γενικότερα στην όλη βοήθεια και συμπαράσταση κατά τη διάρκεια της μελέτης μου.

Ευχαριστώ τους σημαντικότερους ανθρώπους που γνώρισα τα τελευταία πέντε χρόνια, τους φίλους μου, Ζαχαρία Δουλγεράκη, Κωνσταντίνο Κλέπκο, Γεώργιο Μουρούτσο, Γεώργιο Μπώκο, Σπύρο Τζαμτζή, Άρη Τυροθουλάκη, Δημήτρη Σταγιάνο και Ευγενία Κανακάρη για την ηθική υποστήριξή τους. Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα την Κωνσταντίνα Γαλανού για την κατανόησή της και την συνεχή συμπαράστασή της καθ’ όλη τη διάρκεια προσπάθειάς μου και κυρίως το τελευταίο διάστημα.

Πάνω απ’ όλα, είμαι ευγνώμον στους γονείς μου, Χρήστο και Μαρία Κουτρουμπίνα για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια και γιατί ότι έχω καταφέρει μέχρι σήμερα το οφείλω σε αυτούς. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τα αδέρφια μου Πέτρο και Βαγγέλη. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Βασίλειος Κουτρουμπίνας

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΩΡΟΛΟΓΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΙΝΑΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2005

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής Διοίκησης Παραγωγής

Περίληψη

Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού για την βελτιστοποίηση του ωρολογίου προγράμματος μαθημάτων στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στην συνέχεια, επιλύσαμε το μοντέλο αυτό με την χρήση εμπορικού λογισμικού και έπειτα παρουσιάσαμε και αναλύσαμε τα αποτελέσματα.

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

Κάθε οργανισμός που απασχολεί προσωπικό αντιμετωπίζει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό το πρόβλημα της διαχείρισης και του προγραμματισμού των ανθρωπίνων πόρων. Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας είναι ένας μεγάλος δημόσιος εκπαιδευτικός οργανισμός με πολλά ακαδημαϊκά Τμήματα. Σε κάθε Τμήμα υπάρχει η ανάγκη για τον εβδομαδιαίο προγραμματισμό της διδασκαλίας των μαθημάτων.

Το **Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας** (**ΤΜΜΒ**), όπου εκπονήθηκε η εργασία αυτή, απασχολεί συνολικά 16 μέλη Διδακτικού και Ερευνητικού Προσωπικού και έναν αριθμό διδασκόντων σύμφωνα με το Π.Δ. 407/80. Τα μέλη ΔΕΠ και οι διδάσκοντες Π.Δ. 407/80 είναι υπεύθυνοι για την διδασκαλία των μαθημάτων του προγράμματος σπουδών του Τμήματος σε κάθε ακαδημαϊκό εξάμηνο. Μέχρι σήμερα, η κατάστρωση του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων είναι μία επίπονη εργασία που γίνεται εμπειρικά από την Γραμματεία του Τμήματος στην αρχή κάθε ακαδημαϊκού εξαμήνου με βάση τις προτιμήσεις των διδασκόντων και τις ανάγκες των φοιτητών. Πρόσφατα, στην Γενική Συνέλευση του Τμήματος συζητήθηκε η ιδέα να παγιωθεί το ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας μαθημάτων ώστε να μην αλλάζει από χρόνο σε χρόνο. Σε κάθε περίπτωση πάντως, δεν φαίνεται να υπάρχει ένας συστηματικός τρόπος κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος ούτε ένα ποσοτικό μέτρο της ποιότητας του ωρολογίου προγράμματος που προκύπτει.

Γι' αυτόν τον λόγο, στην εργασία αυτή αναπτύξαμε ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού για τον βέλτιστο προγραμματισμό της διδασκαλίας των μαθημάτων στο ΤΜΜΒ. Στο μοντέλο αυτό ορίσαμε με σαφήνεια τις μεταβλητές απόφασης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων, τους περιορισμούς στους οποίους οι μεταβλητές αυτές υπόκεινται, καθώς και την αντικειμενική συνάρτηση που εκφράζει ποσοτικά την ποιότητα του ωρολογίου προγράμματος. Στην συνέχεια, επιλύσαμε το μοντέλο αυτό με την χρήση εμπορικού λογισμικού και αναλύσαμε τα αποτελέσματα.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης του ωρολογίου προγράμματος (timetable) ανήκει στην ευρύτερη κλάση των προβλημάτων χρονικού προγραμματισμού (scheduling problems). Είναι ένα πρόβλημα που από την στιγμή που εντοπίστηκε αντιμετωπίστηκε με διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη προσέγγιση του προβλήματος βελτιστοποίησης του ωρολογίου προγράμματος βασισμένη σε μαθηματικό προγραμματισμό ήταν του Akkoyunly (1973). Ήταν ένα παράδειγμα πρώιμου ακέραιου προγραμματισμού σε πανεπιστημιακό ωρολόγιο προγραμματισμό. Βέβαια στις μεθόδους αυτές υπάρχει μεγάλη εξάρτηση από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή κάτι που κάνει μη ελκυστική τη χρήση τους για μεγάλα προβλήματα. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη έρευνα και σε αυτό τον τομέα με χαρακτηριστικό παράδειγμα των Δημόπουλου και Μηλιώτη (2001).

Επίσης, έχουμε προσεγγίσεις του προβλήματος που βασίζονται στον χρωματισμό γραφημάτων. Τα προβλήματα χρονικού προγραμματισμού μπορούν να παρασταθούν με γραφήματα και τα αντικείμενα με παραστάσεις αυτών. Με τον τρόπο αυτό έκανε έρευνα πάνω στο πρόβλημα ο de Werra (1985). Ακόμα, έχουμε προσεγγίσεις με τις ομαδοποιημένες μεθόδους, σύμφωνα με τις οποίες πρώτα χωρίζουμε τα αντικείμενά σε ομάδες ώστε μία ομάδα να ικανοποιεί τους σκληρούς (βασικούς) περιορισμούς. Τέτοιες προσεγγίσεις είχαμε από τους White και Chan (1979), Lofti και Cerveny (1991). Ωστόσο, τέτοιες προσεγγίσεις οδηγούν σε χαμηλής ποιότητας αποτελέσματα.

Έχουμε τις μεθόδους που βασίζονται στους περιορισμούς, σύμφωνα με τις οποίες τα αντικείμενα ενός προβλήματος προγραμματισμού μοντελοποιούνται από ένα σύνολο μεταβλητών και στην συνέχεια αυτά υπόκεινται σε κάποιους περιορισμούς. Αυτό μπορούμε να το συναντήσουμε στους Brailsford (1999) *και* White (2000).

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες υπάρχει ένα μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον στις meta – heuristic methods. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν προσομοιώσεις και γενετικούς αλγορίθμους. Σημαντική έρευνα πάνω στον τομέα αυτό έχουν να επιδείξουν *οι* Burke *και* Carter (1998). Επίσης, άλλες μέθοδοι μελέτης του προβλήματος είναι *οι* προσεγγίσεις με πολλαπλά κριτήρια (multicriteria approaches) *που* χρησιμοποιήθηκε κυρίως από τους Lofti *και* Cerveny (1991), οι μέθοδοι με κατά περίπτωση αιτιολόγηση (case-based reasoning approaches) που χρησιμοποιήθηκαν από τους Burke *και* Petrovic (2000).

Το πρόβλημα *της* βελτιστοποίησης *του* ωρολογίου προγράμματος σπουδών ενός πανεπιστημίου ή ενός τμήματος αυτού, ορίστηκε με μαθηματικούς όρους *για* πρώτη φορά ολοκληρωμένα από τον Wren (1996). Εκεί περιγράφηκε για πρώτη φορά με την μορφή που το παρουσιάζουμε και εμείς, δηλαδή να δηλώνουμε ορισμένους πόρους *οι* οποίοι υπόκεινται σε κάποιους περιορισμούς και οι οποίοι πρέπει να απασχολούνται *για* κάποιες χρονικές περιόδους (π.χ. τα δίωρα) με σκοπό την βελτιστοποίηση της δεδομένης κατάστασης που θα δημιουργηθεί. Το μοτίβο αυτό, όπως παρουσιάστηκε, έγινε γενικότερα αποδεκτό και χρησιμοποιήθηκε με αυτό τον τρόπο στην συνέχεια από το μεγαλύτερο κομμάτι της έρευνας. Χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση προβλημάτων στον προγραμματισμό πανεπιστημίων και σχολείων, υγειονομικών μονάδων (π.χ. για νοσοκόμους, χειρουργεία), στις μεταφορές (προγραμματισμός ταξιδιών αεροπλάνων, τραίνων, λεωφορείων). Ορισμένες απόψεις για τους όρους scheduling *και* timetabling μπορούμε να βρούμε στην βιβλιογραφία. Για παράδειγμα ο Wren (1996) δίνει έμφαση στο ότι ο προγραμματισμός (scheduling) *συ*χνά έχει σκοπό να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος των πόρων που χρησιμοποιούνται, ενώ ο ωρολόγιος προγραμματισμός (timetabling) συχνά προσπαθεί να φέρει τα επιθυμητά αντικείμενα όσο το δυνατόν πιο κοντά. Από την άλλη μεριά ο Carter (2001) καταλήγει *στο* ότι ο ωρολόγιος προγραμματισμός (timetabling) αποφασίζει για το πότε τα γεγονότα θα συμβούν, αλλά δεν συμπεριλαμβάνει πάντα τον καθορισμό των πόρων με τον τρόπο που το κάνει ο προγραμματισμός (scheduling).

Κατά συνέπεια, βλέπουμε ότι είναι ένα πρόβλημα που έχει πολλές εφαρμογές στις εκφάνσεις της καθημερινής μας ζωής, αυτός άλλωστε είναι και ένας από τους λόγους που αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με αυτό.

Ειδικότερα, και σύμφωνα με τους Petrovic *και* Burke (2001), για το πρόβλημα της βελτιστοποίησης του ωρολογίου προγράμματος σπουδών σε ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα το πρόβλημα μπορεί να διακριθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. στο ωρολόγιο πρόγραμμα της εβδομάδας
2. και στο ωρολόγιο πρόγραμμα της εξεταστικής περιόδου.

Εμείς βέβαια επιλέξαμε να ασχοληθούμε με την πρώτη περίπτωση. Τον ορισμό του προβλήματος συνοδεύουν κάποιοι βασικοί περιορισμοί (hard constraints) *και* κάποιοι άλλοι δευτερεύοντες (soft constraints). Δύο βασικότατοι περιορισμοί που ισχύουν σε όλες τις περιπτώσεις του προβλήματος είναι:

1. Δεν μπορεί ένα άτομο να βρίσκεται σε πάνω από ένα μέρη την ίδια στιγμή.
2. Οι πόροι που απαιτούνται σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεν μπορεί να είναι περισσότεροι από τους διαθέσιμους.

Όσον αφορά τους δευτερεύοντες περιορισμούς αυτοί ποικίλουν και διαφέρουν ανάλογα με τη φύση του προβλήματος που αντιμετωπίζεται κάθε φορά

1.3 Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε τέσσερεις ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαια 2 - 5, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, *στο* Κεφάλαιο 2 περιγράφουμε το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων στο ΤΜΜΒ. *Στο* Κεφάλαιο 3 μορφοποιούμε ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού του παραπάνω προβλήματος. *Στο* Κεφάλαιο 4 περιγράφουμε τον τρόπο επίλυσης του μαθηματικού μοντέλου με την χρήση του εμπορικού λογισμικού βελτιστοποίησης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού CPLEX της εταιρίας ILOG, στο οποίο εισαγάγαμε τα δεδομένα του προβλήματος με *την* αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού, AMPL της ίδιας εταιρίας. Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, αναλύουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του παραπάνω μοντέλου. Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 6.

Κεφάλαιο 2 Περιγραφή του Προβλήματος

Σε αυτό κεφάλαιο περιγράφουμε το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων στο ΤΜΜΒ. Για να γίνει όμως αυτό απαιτείται πρώτα μια περιγραφή του Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος.

2.1 Πρόγραμμα Σπουδών του ΤΜΜΒ

Σύμφωνα με τον επίσημο Οδηγό Σπουδών του ΤΜΜΒ, οι σπουδές στο ΤΜΜΒ περιλαμβάνουν 53 εξαμηνιαία μαθήματα, από τα οποία δύο είναι υποχρεωτικά μαθήματα ξένης γλώσσας. Τα υπόλοιπα 51 μαθήματα αποτελούνται από έναν κορμό 42 γενικών μαθημάτων που η παρακολούθησή τους είναι υποχρεωτική για κάθε φοιτητή, και από εννέα μαθήματα που καθορίζονται: α) από την κατεύθυνση (τέσσερα ή πέντε μαθήματα) και β) από ελεύθερη επιλογή του φοιτητή (πέντε ή τέσσερα μαθήματα). Όλα τα μαθήματα έχουν τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας και διδάσκονται δύο φορές την εβδομάδα από ένα δίωρο κάθε φορά.

Τα μαθήματα που παρακολουθούν οι φοιτητές σε κάθε ακαδημαϊκό εξάμηνο κατά την διάρκεια των σπουδών τους διαμορφώνουν το ατομικό τους Πρόγραμμα Σπουδών. Λαμβάνοντας υπόψη προγράμματα ελληνικών και ξένων πανεπιστημίων έχει διαμορφωθεί ένα ενδεικτικό πρόγραμμα σπουδών, το οποίο συνιστάται να ακολουθούν όλοι οι φοιτητές. Το ενδεικτικό Πρόγραμμα Σπουδών έχει διαμορφωθεί με αντικειμενικό σκοπό να επιτρέπει, κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, την ολοκλήρωση των σπουδών στον ελάχιστο δυνατό χρόνο των δέκα εξαμήνων. Σύμφωνα με το πρόγραμμα αυτό, οι σπουδές προχωρούν από τα γενικά προς τα ειδικά μαθήματα και το βάρος των σπουδών ισοκατανέμεται περίπου στα εξάμηνα. Επίσης, προβλέπεται σε κάθε εξάμηνο του προγράμματος να υπάρχουν όλα τα μαθήματα που δίνουν τις προαπαιτούμενες γνώσεις για την παρακολούθηση των επομένων εξαμήνων. Με σκοπό τη διεύρυνση των ενδιαφερόντων των φοιτητών, το ΤΜΜΒ επιτρέπει τα μαθήματα επιλογής να λαμβάνονται και από άλλα Τμήματα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο παρόν δοκιμαστικό στάδιο, η δυνατότητα αυτή προσφέρεται για ένα από τα πέντε μαθήματα ελεύθερης επιλογής. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα στους προπτυχιακούς φοιτητές των δύο τελευταίων ετών, δύο από τα μαθήματα ελεύθερης επιλογής, να τα επιλέγουν από τον κατάλογο των μαθημάτων του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών, μετά από *τη* σύμφωνη γνώμη του επιβλέποντος *της* Διπλωματικής Εργασίας. Το σύνολο των μαθημάτων επιλογής που επιλέγονται από το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών και από τα άλλα Τμήματα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν μπορεί να ξεπερνά τα δύο μαθήματα.

Δεδομένου ότι το ενδεικτικό Πρόγραμμα Σπουδών δεν είναι υποχρεωτικό, κάθε φοιτητής έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει το ατομικό του Πρόγραμμα Σπουδών. Συνιστάται ιδιαίτερα να ακολουθείται η χρονική σειρά των υποχρεωτικών μαθημάτων, όπως αυτή δίνεται στο ενδεικτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Σε διαφορετική περίπτω*ση*, *θα* προκύπτουν αντικειμενικές δυσκολίες στην παρακολούθηση ορισμένων μαθημάτων εξαιτίας της έλλειψης των προαπαιτούμενων γνώσεων. Τα υποχρεωτικά μαθήματα παρακολουθούνται μόνον από τους φοιτητές του αντίστοιχου εξαμήνου ή μεγαλύτερων. Δηλαδή δεν είναι δυνατή η παρακολούθηση υποχρεωτικών μαθημάτων από φοιτητές που βρίσκονται σε μικρότερο εξάμηνο από αυτό στο οποίο εντάσσεται το μάθημα στο ενδεικτικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Στο τέλος του 5ου εξαμήνου των σπουδών του, ο φοιτητής επιλέγει μία Κατεύθυνση Σπουδών. Με τον τρόπο αυτό αποφασίζει για την περιοχή στην οποία επιθυμεί να εξειδικευτεί. Στο ΤΜΜΒ υπάρχουν τρεις Κατευθύνσεις με αντικείμενα που αντιστοιχούν στους τρεις Τομείς του Τμήματος. Οι Κατευθύνσεις αυτές είναι *οι* ακόλουθες:

Κ1: Ενέργεια, Βιομηχανικές Διεργασίες & Τεχνολογία Αντιρρύπανσης

Κ2: Μηχανική, Υλικά & Κατεργασίες

Κ3: Οργάνωση Παραγωγής & Βιομηχανική Διοίκηση

Με την επιλογή κατεύθυνσης, ο φοιτητής υποχρεώνεται να παρακολουθήσει τέσσερα ή πέντε μαθήματα της Κατεύθυνσης.

Το Πρόγραμμα Σπουδών ολοκληρώνεται με την επιτυχή παρακολούθηση πέντε ή τεσσάρων τουλάχιστον μαθημάτων που επιλέγονται ελεύθερα από τον φοιτητή. Ο κατάλογος των μαθημάτων επιλογής απαρτίζεται από λίγα γενικά μαθήματα επιλογής, που προσφέρονται συνήθως στα πρώτα εξάμηνα, και από έναν μεγάλο αριθμό ειδικών μαθημάτων που προσφέρονται από τις κατευθύνσεις στα τελευταία εξάμηνα. Επίσης, ο φοιτητής μπορεί να επιλέξει ως μαθήματα κατ' επιλογή και υποχρεωτικά, μαθήματα άλλων κατευθύνσεων από αυτήν που ακολουθεί.

2.2 Ενδεικτικό Πρόγραμμα Σπουδών

Στον Πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα μαθήματα του ενδεικτικού Προγράμματος Σπουδών ανά εξάμηνο φοίτησης για το ακαδημαϊκό έτος 2005-2006. Μετά τον τίτλο κάθε μαθήματος ακολουθεί ένας κωδικός εντός παρενθέσεως που περιγράφει τον τύπο του μαθήματος καθώς και ο διδάσκων του μαθήματος. Όπου δεν αναφέρεται όνομα, ο διδάσκων δεν έχει αποφασισθεί ακόμα. Στο 10 εξάμηνο φοίτησης ο φοιτητής δεν παρακολουθεί μαθήματα αλλά εκπονεί την διπλωματική του εργασία. Οι κωδικοί των μαθημάτων που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθοι:

Υ Υποχρεωτικό κοινό μάθημα

Υ1 Υποχρεωτικό κοινό μάθημα που προσφέρεται από τον Τομέα Ενέργειας, Βιομηχανικών Διεργασιών & Τεχνολογίας Αντιρρύπανσης

Υ2 Υποχρεωτικό κοινό μάθημα που προσφέρεται από τον Τομέα Μηχανικής, Υλικών & Κατεργασιών

Υ3 Υποχρεωτικό κοινό μάθημα που προσφέρεται από τον Τομέα Οργάνωσης Παραγωγής & Βιομηχανικής Διοίκησης

ΥΚ1 Υποχρεωτικό Κατεύθυνσης Κ1

ΥΚ2 Υποχρεωτικό Κατεύθυνσης Κ2

ΥΚ3 Υποχρεωτικό Κατεύθυνσης Κ3

ΕΚ1 Μάθημα επιλογής που προσφέρεται από την Κατεύθυνση Κ1

ΕΚ2 Μάθημα επιλογής που προσφέρεται από την Κατεύθυνση Κ2

ΕΚ3 Μάθημα επιλογής που προσφέρεται από την Κατεύθυνση Κ3

Ε Γενικό Μάθημα Επιλογής

Πίνακας 1. Μαθήματα του ενδεικτικού Προγράμματος Σπουδών ανά εξάμηνο φοίτησης για το ακαδημαϊκό έτος 2005-2006

Εξάμηνο 1ο (Χειμερινό)
Ξένη Γλώσσα (Υ) : Β. Ζώτου
Εφαρμοσμένα Μαθηματικά Ι (Υ) : Θ. Γραμμένος
Εισαγωγή στους Η/Υ (Υ) : Γ. Μπρέγιανης
Μηχανολογικό Σχέδιο (Υ2) : κ. Πανταζάρας
Εισαγωγή στις Μηχανικές Κατεργασίες (Υ2) : Α. Κορλός
Εφαρμοσμένη Στατιστική Ι (Υ3) : Δ. Παντελής
Χημεία για Μηχανικούς (Υ) : Π. Τσιακάρας
Εξάμηνο 2ο (Εαρινό)
Ξένη Γλώσσα ΙΙ (Υ) : Β. Ζώτου
Εφαρμοσμένα Μαθηματικά ΙΙ (Υ) : Θ. Γραμμένος
Προγραμματισμός Η/Υ (Υ) : Γ. Μπρέγιανης
Μηχανολογικό Σχέδιο με Η/Υ (Υ2) : Κ. Πανταζάρας
Μηχανική- Στατική (Υ2) : Σ. Καραμάνος
Θερμοδυναμική Ι (Υ1) : Α. Σταμάτης
Ηλεκτροτεχνία - Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις (Υ) :
Εξάμηνο 3ο (Χειμερινό)
Συνήθεις Διαφορικές Εξισώσεις (Υ) : Θ. Γραμμένος
Αριθμητική Ανάλυση (Υ) : Δ. Βαλουγεώργης
Τεχνολογία Υλικών (Υ2) : Αν. Κατσαμάς
Δυναμική (Υ2) : Κ. Παπαδημητρίου
Θερμοδυναμική ΙΙ (Υ1) : Αν. Σταματέλλος
Γραμμικός Προγραμματισμός (Υ3) : Αθ. Ζηλιασκόπουλος
Εξάμηνο 4ο (Εαρινό)
Διαφορικές Εξισώσεις με Μερικές Παραγώγους (Υ) : Ν. Πελεκάσης
Μαθηματικός Προγραμματισμός (Υ3) : Αθ. Ζηλιασκόπουλος
Μηχανική των Υλικών Ι (Υ2) : Ελ. Αμανατίδου
Μηχανική Ρευστών Ι (Υ1) : Ν. Βλάχος
Φυσική Μεταλλουργία (Υ2) : Γ. Χαϊδεμενόπουλος
Ηλεκτρομαγνητισμός - Οπτική (Υ) : Θ. Γραμμένος
Εξάμηνο 5ο (Χειμερινό)
Στοχαστικά Πρότυπα στην Επιχειρησιακή Έρευνα (Υ3) : Γ. Λυμπερόπουλος
Υπολογιστικές Μέθοδοι (Υ) : Δ. Βαλουγεώργης
Μηχανική των Υλικών ΙΙ (Υ2) : Ν. Αράβας
Μετάδοση Θερμότητας Ι (Υ1) : Β. Μποντόζογλου
Στοιχεία Μηχανών Ι (Υ2) : Κ. Πανταζάρας
Ηλεκτρικές Μηχανές – Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί (Υ) : Θ. Κοσμάνης
Εξάμηνο 6ο (Εαρινό)
Διαχείριση Ποιότητας (Υ3) : Γ. Κοζανίδης
Οικονομικά για Μηχανικούς (Υ3) :
Φαινόμενα Μεταφοράς (Υ1) : Ν. Ανδρίτσος
Μηχανική Ρευστών ΙΙ (Υ1) : Ερ. Σταπουντζής
Τεχνικές Μετρήσεις στην Ενεργειακή Περιοχή (ΥΚ1) : Ερ. Σταπουντζής
Μετάδοση Θερμότητας ΙΙ – Ηλιακή Τεχνική (ΕΚ1) : Μ. Βλαχογιάννης
Η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων (ΥΚ2, ΥΚ4) : Σ. Καραμάνος

Μηχανική Συμπεριφορά των Υλικών (ΥΚ2) : Αν. Κατσαμάς
Πλαστικότητα (ΥΚ2) : Ν. Αράβας
Στοιχεία Μηχανών ΙΙ (ΕΚ2) : Κ. Πανταζάρας
Αξιοπιστία & Συντήρηση Τεχνολογικών Συστημάτων (ΥΚ3) : Θ. Θωμαΐδης
Εφαρμοσμένη Στατιστική ΙΙ (ΕΚ3) : Δ. Παντελής
Προσομοίωση με Μαθηματικά Υπολογιστών (ΕΥΚ4) : Γ. Μπρέγιανης

Εξάμηνο 7ο (Χειμερινό)

Οργάνωση και Διοίκηση Εργοστασίων (Υ3) : Γ. Κοζανίδης
Κατεργασίες Διαμόρφωσης (Υ2)
Φυσικές Διεργασίες (Υ1) : Β. Μποντόζογλου
Στροβιλομηχανές (Υ1) : Ν. Βλάχος
Υπολογιστικές Μέθοδοι στην ενεργειακή Περιοχή (ΥΚ1,ΥΚ4) : Ν. Πελεκάσης
Ασυμπίεστη και Συμπιεστή Αεροδυναμική (ΥΚ1): Ερ. Σταμπουντζής
Ταλαντώσεις και Δυναμική Μηχανών (ΥΚ2) : Κ. Παπαδημητρίου
Θεωρία Μηχανικών Κατεργασιών (ΥΚ2) : Γ. Πετρόπουλος
Επιλογή Υλικών στο Μηχανολογικό Σχεδιασμό * (* εναλλάξ με Χύτευση Συγκολλήσεις) (ΕΚ2): Γ. Χαϊδεμενόπουλος
Επιστήμη και Τεχνολογία Συγκολλήσεων* (*εναλλάξ με Επιλογή Υλικών στο Μηχανολογικό Σχεδιασμό) (ΕΚ2)
Προσομοίωση στη Βιομηχανική Παραγωγή (ΥΚ3, ΕΥΚ4): Γ. Αδάμ
Ακέραιος Προγραμματισμός και Συνδυαστική Βελτιστοποίηση (ΥΚ3) : Γ. Κοζανίδης
Εφαρμοσμένα Συστήματα Ποιότητας στη Βιομηχανία (ΕΚ3): Ι. Αρβανιτογιάννης
Συστήματα Πληροφοριών Διοίκησης (ΕΚ3) : Γ. Αδάμ
Κατασκευή Πλεγμάτων και Συστήματα σχεδιασμού με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (ΕΥΚ4) : Γ. Θεοδωρίδης

Εξάμηνο 8ο (Εαρινό)

Σχεδιασμός και Προγραμματισμός Παραγωγής (Υ3) : Γ. Λυμπερόπουλος
Κατεργασίες με Αφαίρεση Υλικού (Υ2): Ν. Βαξεβανίδης
Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Υ1) : Αν. Σταματέλλος
Αυτοματισμοί και Ρυθμίσεις (Υ2) : Κ. Μπαλαφούτη
Προηγμένα Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας (ΕΚ1): Π. Τσιακάρας
Συσκευές Θερμικών Διεργασιών (ΕΚ1): Μ. Βλαχογιάννης
Μηχατρονική (ΕΚ2) :
Υπολογιστική Δυναμική των Μηχανικών Συστημάτων (ΕΚ2)
Διάβρωση και Προστασία (ΕΚ2) : Ν. Χασιώτης
Συστήματα Κατεργασιών με Ψηφιακή Καθοδήγηση (ΕΚ2)
Τριβολογία (ΕΚ2) : Γ. Πετρόπουλος
Στρατηγική Διοίκηση Επιχειρήσεων(ΥΚ3) : Α. Παπαδούλης
Οικονομική των Επιχειρήσεων (ΕΚ3) : Α. Παπαδούλης

Εξάμηνο 9ο (Χειμερινό)

Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης (Υ1) : Ν. Ανδρίτσος
Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός (ΥΚ1) : Αν. Σταματέλλος
Σχεδιασμός Ενεργειακών Συστημάτων (ΕΚ1) : Αν. Σταμάτης
Ενεργειακή Οικονομία (ΕΚ1) : Ν. Ανδρίτσος
Μικροηλεκτρομηχανολογικά Συστήματα (ΕΚ2) : Κ. Χαριτίδης
Εργαλειομηχανές και Τεχνολογίες Διαμορφώσεων (ΕΚ2) : Ν. Χασιώτης
Μηχανική των Κατασκευών (ΕΚ2) : Σπ. Καραμάνος
Χωρικοί Μηχανισμοί – Βιομηχανικά Ρομπότ (ΕΚ2): Κ. Μπαλαφούτης

2.3 Το Πρόβλημα της Κατάστρωσης του Ωρολογίου Προγράμματος Διδασκαλίας Μαθημάτων

Όπως προαναφέρθηκε, τα μαθήματα *του* ΤΜΜΒ που προσφέρονται σε κάθε ακαδημαϊκό εξάμηνο (χειμερινό ή εαρινό) διδάσκονται δύο φορές την εβδομάδα από ένα δίωρο κάθε φορά. Κάθε μάθημα ανήκει σε ένα συγκεκριμένο τύπο (π.χ. Υ, ΥΚ1, ΕΚ1, Ε, κτλ) και διδάσκεται από έναν συγκεκριμένο διδάσκοντα. Το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων κάθε εξαμήνου (χειμερινού ή εαρινού) αφορά την χρονική ανάθεση της διδασκαλίας του πρώτου και του δεύτερο δίωρου κάθε μαθήματος στα διαθέσιμα δίωρα *των* πέντε εργάσιμων ημερών της εβδομάδας με τους κάτωθι περιορισμούς:

- Ένας διδάσκων δεν μπορεί να διδάσκει περισσότερα από ένα μαθήματα σε κάθε δίωρο.
- Σε οποιοδήποτε δίωρο δεν μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα μαθήματα από τον αριθμό των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας.
- Σε οποιοδήποτε δίωρο δεν μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα γενικά υποχρεωτικά μαθήματα ή μαθήματα υποχρεωτικά ή επιλογής της ίδιας κατεύθυνσης του ιδίου εξαμήνου φοίτησης. Μπορούν όμως να διδάσκονται ταυτόχρονα μαθήματα υποχρεωτικά ή επιλογής διαφορετικών κατευθύνσεων (π.χ. ΥΚ1 και ΥΚ2).
- Κάθε μάθημα πρέπει να διδάσκεται δύο φορές την εβδομάδα.

Ο αντικειμενικός σκοπός του προβλήματος είναι να ικανοποιούνται όσο το δυνατόν καλύτερα τα παρακάτω επιμέρους κριτήρια:

- Κάθε διδάσκων πρέπει να ικανοποιείται όσο το δυνατόν καλύτερα όσο αφορά τις προτιμήσεις του για συγκεκριμένες ημέρες και δίωρα που επιθυμεί να διδάξει.
- Για κάθε μάθημα, η χρονική απόσταση οποιουδήποτε δίωρου διδασκαλίας (*του* πρώτου ή του δεύτερου) ενός μαθήματος από το επόμενο δίωρο (δεύτερο ή πρώτο) πρέπει *να* είναι τέτοια ούτως ώστε να μένει αρκετός χρόνος *στους* φοιτητές μεταξύ των δίωρων για μελέτη και αφομοίωση του μαθήματος.

- Τα δίωρα διδασκαλίας των μαθημάτων κάθε εξαμήνου φοίτησης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν *πιο* ισοκατανεμημένα στις πέντε εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας, ούτως ώστε να υπάρχει ένας ομαλός φόρτος διδασκαλίας κάθε ημέρα.

Κεφάλαιο 3 Μορφοποίηση *του* Μαθηματικού Μοντέλου *του* Προβλήματος

Το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να μορφοποιηθεί ως ένα πρόβλημα ακέραιου προγραμματισμού. Στην συνέχεια, περιγράφουμε το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο αυτής της εργασίας. Στην αρχή ορίζουμε τις παραμέτρους και τις μεταβλητές απόφασης του μοντέλου και στην συνέχεια ορίζουμε τους περιορισμούς και την αντικειμενική συνάρτηση.

3.1 Ορισμοί Συνόλων, Παραμέτρων και Μεταβλητών

Στο μοντέλο εμπλέκονται παράμετροι και μεταβλητές που έχουν να κάνουν με *την φο*ρά (πρώτη ή δεύτερη), την ημέρα και το δίωρο που διδάσκεται ένα μάθημα, το εξάμηνο και την κατεύθυνση του μαθήματος καθώς και τον διδάσκοντά του. Για όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά ορίζουμε τους παρακάτω δείκτες και τα ***σύνολα*** στα οποία ανήκουν :

- k : Ο διδάσκων (μέλος ΔΕΠ ή *διδάσκων* ΠΔ 407/80) του μαθήματος. Το k παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, \ldots, K\}$ ($K = 33$), τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στις σειρές του Πίνακα 2 στο Παράρτημα Ι.
- d : Η εργάσιμη ημέρα της εβδομάδας που διδάσκεται το μάθημα. Το d παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, \ldots, D\}$ ($D = 5$), τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στις ημέρες Δευτέρα, ..., Παρασκευή.
- t : Το δίωρο διδασκαλίας του μαθήματος μέσα στην ημέρα. Το t παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, \ldots, T\}$ ($T = 5$), τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στα δίωρα 9:00 – 11:00, 11:00 – 13:00, 14:00 – 16:00, 16:00 – 18:00, 18:00 – 20:00.

m : Ο κωδικός του μαθήματος. Το m παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, \ldots, M\}$ (M = 42 για τα μαθήματα του χειμερινού εξαμήνου και M = 39 για τα μαθήματα του εαρινού εξαμήνου), τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στον Πίνακα 3 ή 4 του Παραρτήματος Ι, αν πρόκειται για το χειμερινό ή το εαρινό εξάμηνο, αντίστοιχα.

f: Η φορά που γίνεται το μάθημα μέσα στην εβδομάδα. Το f παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, 2\}$.

s : Το έτος φοίτησης και η κατεύθυνση εξειδίκευσης. Το s παίρνει τιμές στο σύνολο $\{1, \ldots, S\}$ (S = 15), τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στο εξάμηνο φοίτησης 1 - κατεύθυνση εξειδίκευσης 1, έτος φοίτησης 1 - κατεύθυνση εξειδίκευσης 2, έτος φοίτησης 1 - κατεύθυνση εξειδίκευσης 3, έτος φοίτησης 2 - κατεύθυνση εξειδίκευσης 1, ..., έτος φοίτησης 5 - κατεύθυνση εξειδίκευσης 3.

Για την μορφοποίηση του προβλήματος ορίζουμε τις παρακάτω ***παραμέτρους***:

a_{km}: Παράμετρος που παίρνει την τιμή 1 ή 0 αν ο καθηγητής k διδάσκει ή δεν διδάσκει το μάθημα m, αντίστοιχα.

b_{sm}: Παράμετρος που παίρνει την τιμή 1 ή 0 αν το μάθημα m ανήκει ή δεν ανήκει στο έτος φοίτησης – κατεύθυνση εξειδίκευσης s είτε ως υποχρεωτικό είτε ως επιλογής.

p_{kdt}: Παράμετρος της οποίας η τιμή υποδηλώνει της προτίμηση του διδάσκοντος k να διδάξει το δίωρο t της εργάσιμης ημέρας d. Ενδεικτικές τιμές είναι 1, 2, *και* 3.

A: Ο αριθμός των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας. Στο ΤΜΜΒ A = 6.

c: Παράμετρος που χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η κατώτατη και ανώτατη χρονική απόσταση του δεύτερου από το πρώτο δίωρο διδασκαλίας κάθε μαθήματος μετρημένη σε αριθμό δίωρων. Συγκεκριμένα, η κατώτατη και η ανώτατη χρονική απόσταση είναι $12 - c$ *και* $12 + c$, αντίστοιχα.

Q: Η διαφορά μεταξύ του κατώτατου και του ανώτατου αριθμού των μαθημάτων οποιουδήποτε συγκεκριμένου έτους και κατεύθυνσης που διδάσκονται σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη εργάσιμη ημέρα.

Οι ***μεταβλητές απόφασης*** του μοντέλου είναι οι παρακάτω:

X_{fmdt}: Μεταβλητή που παίρνει την τιμή 1 ή 0 αν το μάθημα *m* διδάσκεται ή δεν διδάσκεται για *f*-στή φορά μέσα στην εβδομάδα στο δίωρο *t* της εργάσιμης ημέρας *d*.

U: Ο ανώτατος αριθμός μαθημάτων οποιουδήποτε συγκεκριμένου έτους και κατεύθυνσης σε οποιαδήποτε εργάσιμη ημέρα.

L: Ο ανώτατος αριθμός μαθημάτων οποιουδήποτε συγκεκριμένου έτους και κατεύθυνσης σε οποιαδήποτε εργάσιμη ημέρα.

3.2 Μαθηματικό Μοντέλο

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, το πρόβλημα κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων μπορεί να μορφοποιηθεί ως εξής:

$$\max \sum_f \sum_m \sum_d \sum_t a_{km} p_{kdt} X_{fmdt} \tag{1}$$

με τους περιορισμούς

$$\sum_f \sum_m a_{km} X_{fmdt} \leq 1, \quad d = 1,\ldots,D,\ t = 1,\ldots T,\ k = 1,\ldots,K. \tag{2}$$

$$\sum_f \sum_m X_{fmdt} \leq A, \quad k = 1,\ldots,K,\ d = 1,\ldots,D,\ t = 1,\ldots,T. \tag{3}$$

$$\sum_f \sum_m b_{sm} X_{fmdt} \leq 1, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots D,\ t = 1,\ldots,T. \tag{4}$$

$$\sum_d \sum_t X_{fmdt} = 1, \quad f = 1,2,\ m = 1,\ldots,M. \tag{5}$$

$$12 - c \leq \sum_d \sum_t \left[(d-1)T + t\right] X_{2mdt} - \sum_d \sum_t \left[(d-1)T + t\right] X_{1mdt} \leq 12 + c, \quad m = 1,\ldots,M. \tag{6}$$

$$L \leq \sum_f \sum_m \sum_t b_{sm} X_{fmdt} \leq U, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots,D. \tag{7}$$

$$U - L \leq Q \tag{8}$$

Η αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποιεί τις προτιμήσεις των διδασκόντων να διδάξουν τα μαθήματά τους σε συγκεκριμένες ημέρες και δίωρα, ενώ οι περιορισμοί χωρίζονται σε σκληρούς ((2) - (5)) και μαλακούς ((6) - (8)).

Ο περιορισμός (2) λέει ότι οποιοσδήποτε διδάσκων δεν μπορεί να διδάσκει περισσότερα από ένα μαθήματα σε οποιοδήποτε δίωρο οποιασδήποτε ημέρας. Ο περιορισμός (3) λέει ότι σε οποιοδήποτε δίωρο οποιασδήποτε ημέρας δεν μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα μαθήματα από τον αριθμό των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας. Ο περιορισμός (4) λέει ότι σε οποιοδήποτε δίωρο οποιασδήποτε ημέρας δεν μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα μαθήματα του ιδίου έτους και κατεύθυνσης. Ο περιορισμός (5) εξασφαλίζει ότι κάθε μάθημα θα διδάσκεται δύο φορές μέσα στην εβδομάδα.

Ο περιορισμός (6) εξασφαλίζει ότι το δεύτερο δίωρο διδασκαλίας οποιουδήποτε μαθήματος απέχει από το πρώτο τουλάχιστον $12 - c$ δίωρα αλλά όχι περισσότερα από $12 + c$ δίωρα. Ο λόγος που θέτουμε ένα κατώτατο όριο στην απόσταση του δεύτερου από το πρώτο δίωρο είναι προφανής: Πρέπει να μένει αρκετός χρόνος στους φοιτητές μεταξύ του πρώτου και δεύτερου δίωρου της ίδιας εβδομάδας οποιουδήποτε μαθήματος για καλύτερη μελέτη και αφομοίωση του μαθήματος. Ο λόγος που θέτουμε ένα ανώτατο όριο είναι στην απόσταση του δεύτερου από το πρώτο δίωρο είναι παρεμφερής: Πρέπει να μένει αρκετός χρόνος στους φοιτητές μεταξύ του δεύτερου δίωρου διδασκαλίας οποιουδήποτε μαθήματος και του πρώτου δίωρου διδασκαλίας της επόμενης εβδομάδας για καλύτερη μελέτη και αφομοίωση του μαθήματος. Το c πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από 7, αν θέλουμε να αποκλείσουμε τα δύο δίωρα οποιουδήποτε μαθήματος να διδάσκοντα την ίδια ημέρα.

Ο περιορισμός (7) λέει ότι ο αριθμός μαθημάτων οποιουδήποτε έτους και κατεύθυνσης σε οποιαδήποτε εργάσιμη ημέρα δεν μπορεί να είναι μικρότερος από ένα κατώτατο όριο L και μεγαλύτερος από ένα ανώτατο όριο U, ενώ ο περιορισμός (8) εξασφαλίζει ότι η διαφορά του κατώτατου αυτού ορίου από το ανώτερο δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από ένα δεδομένο ανώτατο όριο Q. Όσο μικρότερο είναι το όριο Q, τόσο πιο ισοκατανεμημένο είναι το διδακτικό φορτίο οποιουδήποτε έτους και κατεύθυνσης στις πέντε εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας.

3.3 Επέκταση του Μοντέλου

Σε αυτήν την εργασία επιλύσαμε το μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε στην Παράγραφο 3.2, τα αποτελέσματα του οποίου θα δούμε στο Κεφάλαιο 5. Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι σε μερικές περιπτώσεις στο ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας μαθημάτων υπήρχαν κενά δίωρα μεταξύ των δίωρων διδασκαλίας των μαθημάτων του ιδίου έτους και κατεύθυνσης. Γι' αυτόν τον λόγο, προτείνουμε μια επέκταση του μαθηματικού προτύπου στην οποία σε οποιαδήποτε εργάσιμη ημέρα, τα δίωρα διδασκαλίας των μαθημάτων κάθε έτους και κατεύθυνσης πρέπει να είναι κατανεμημένα όσο το δυνατόν πιο συμπαγώς, ούτως ώστε να μην υπάρχουν μεγάλα κενά μεταξύ μαθημάτων που «κλέβουν» από τον πολύτιμο χρόνο των φοιτητών. Για τον σκοπό αυτό, ορίζουμε τις δύο παρακάτω νέες μεταβλητές απόφασης:

G_{sdt}: Μεταβλητή που παίρνει την τιμή 1 ή 0 αν μέχρι και το δίωρο t της ημέρας d διδάσκεται ή δεν διδάσκεται τουλάχιστον ένα μάθημα του έτους – κατεύθυνσης s μέσα στην ημέρα d.

H_{sdt}: Μεταβλητή που παίρνει την τιμή 1 ή 0 αν από το δίωρο t και μετά της ημέρας d διδάσκεται ή δεν διδάσκεται τουλάχιστον ένα μάθημα του έτους – κατεύθυνσης s μέσα στην ημέρα d.

Έχοντας ορίσει τις δύο αυτές μεταβλητές, τροποποιούμε την αντικειμενική συνάρτηση (1) του μοντέλου της Παραγράφου 3.2, ως εξής:

$$\max \sum_f \sum_m \sum_d \sum_t a_{km} p_{kdt} X_{fmdt} - \sum_s \sum_d \sum_t \left(G_{sdt} + H_{sdt} \right), \tag{9}$$

και προσθέτουμε τους κάτωθι περιορισμούς στο μοντέλο:

$$G_{sdt} \geq \sum_f \sum_m b_{sm} X_{fmdt}, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots,D,\ t = 1,\ldots,T. \tag{10}$$

$$G_{sdt} \geq G_{sdt-1}, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots,D,\ t = 2,\ldots,T. \tag{11}$$

$$H_{sdt} \geq \sum_f \sum_m b_{sm} X_{fmdt}, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots,D,\ t = 1,\ldots,T. \tag{12}$$

$$H_{sdt} \geq H_{sdt+1}, \quad s = 1,\ldots,S,\ d = 1,\ldots,D,\ t = 1,\ldots,T-1. \tag{13}$$

Οι περιορισμοί (10) - (13) μαζί με τον νέο όρο που προστέθηκε στην αντικειμενική συνάρτηση (9) εγγυώνται ότι η τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές G_{sdt} και H_{sdt} είναι σύμφωνες με τους ορισμούς των μεταβλητών αυτών.

Ο νέος όρος που προστέθηκε στην αντικειμενική συνάρτηση (9) από μόνος του ελαχιστοποιεί τα κενά δίωρα μεταξύ των δίωρων διδασκαλίας των μαθημάτων του ιδίου έτους και κατεύθυνσης για όλα τα έτη και τις κατευθύνσεις και όλες τις εργάσιμες ημέρες.

Ακόμα, πρέπει να σημειώσουμε ότι στο Παράρτημα ΙΙΙ, παραθέτουμε το μαθηματικό μοντέλο που δοκιμάσαμε για την επέκταση του προβλήματος μας.

Το μαθηματικό μοντέλο αυτό το δοκιμάσαμε για όλα τα δεδομένα και παρατηρήσαμε ότι λόγω του τεράστιου όγκου των μεταβλητών χρειάζεται πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα για να μας δώσει αποτελέσματα, ενδεχομένως πολλές ώρες. Έτσι στην συνεχεία δοκιμάσαμε τόσο για δεκαπέντε όσο και για δέκα και πέντε μαθήματα. Μόνο στην τελευταία περίπτωση πήραμε αποτελέσματα μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τον πολύ μεγάλο όγκο μεταβλητών που έχει το μοντέλο και το ότι αυτός είναι ο λόγος που χρειάζεται πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα δια να δώσει αποτελέσματα. Επομένως μία ενδεχόμενη επέκταση του μοντέλου θα μπορούσε να κινηθεί προς αυτή την κατεύθυνση.

Κεφάλαιο 4 Επίλυση του Μαθηματικού Μοντέλου

Για να επιλύσουμε το μαθηματικό μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού του προβλήματος κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων, χρησιμοποιήσαμε το εμπορικό λογισμικό βελτιστοποίησης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού CPLEX της εταιρίας ILOG, στο οποίο εισαγάγαμε τα δεδομένα του προβλήματος χρησιμοποιώντας την αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού, AMPL® της ίδιας εταιρίας.

4.1 Το Εμπορικό Λογισμικό CPLEX και η Γλώσσα Μοντελοποίησης AMPL *της* ILOG

Το λογισμικό CPLEX ήταν *το* πρώτο εμπορικό λογισμικό *που* χρησιμοποιήθηκε για βελτιστοποίηση προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού, που αναπτύχθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C. Τα πρώτα προιόντα CPLEX ήταν το CPLEX Linear Optimizer *και το* CPLEX Callable Library. Το όνομα "CPLEX" προέρχεται από *τον* συνδυασμό *του* γράμματος "C" *που μας* παραπέμπει *στη* γλώσσα προγραμματισμού, και την λέξη "simplex" για τη μέθοδο simplex *που* χρησιμοποιείται όπως ξέρουμε για την επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού (linear programming). Σήμερα, πάνω από 1.000 οργανισμούς *και* κυβερνητικούς οργανισμούς χρησιμοποιούν *την* ILOG CPLEX, μαζί βέβαια με περίπου περισσότερα από 500 πανεπιστήμια. Η CPLEX βοηθά *να* λύσουμε προβλήματα σχεδιασμού *και* προγραμματισμού *σε* προσομοίωση για κάθε βιομηχανία. Περισσότερες από *τις* 100 παγκοσμίως κορυφαίες εταιρείες λογισμικού είναι επίσης πελάτες για το λογισμικό CPLEX, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοπόρων της αγοράς όπως η SAP, *η* Oracle *και η* Sabre.

Η AMPL είναι μία κατανοητή, δυνατή *και* ευέλικτη αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης *για* γραμμικά, *μη* γραμμικά *και* ακέραια προβλήματα προγραμματισμού *που* συχνά αντιμετωπίζονται *σε* προβλήματα βελτιστοποίησης. Η εταιρεία ILOG είναι ένας εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος *της* AMPL, *η* οποία αναπτύχθηκε *στα* εργαστήρια Bell, το κέντρο έρευνας και ανάπτυξης των εργαστηρίων Lucent.

Η AMPL έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα :

- Επιτρέπει *στους* χρήστες *να* εκφράσουν μοντέλα σε γνωστή και ευέλι*κτη* αλγεβρική μορφή.
- Με *τον* τρόπο γραφής, ολόκληρες ομάδες από περιορισμούς ή αντικειμενικούς όρους μπορούν να περιγραφούν σε σχετικά λίγες γενικευμένες δηλώσεις του μοντέλου.
- Μπορεί *να* υποστηρίξει μία μεγάλη ποικιλία από φυσικές αλγεβρικές εκφράσεις.
- Επιτρέπει το διαχωρισμό του μαθηματικού μοντέλου από τα δεδομένα.
- Είναι εξαιρετικά ευέλικτη, *για* παράδειγμα *δεν* προϋποθέτει μία συγκριμένη σειρά δεδομένων ή μοντέλου.
- Μπορεί *να* χρησιμοποιηθεί *σε* διαδικτυακά ή ομαδοποιημένα περιβάλλοντα.
- Δίνει *τη* δυνατότη*τα να* τροποποιούνται εύκολα τα μοντέλα και να διατηρούνται.
- Ελαχιστοποιεί *τα* λάθη *στα* μοντέλα *με* συνεχείς ελέγχους λαθών.
- Καλύπτει ακόμα *και τους* εξελιγμένους τύπους μαθηματικών μοντέλων.
- Μπορεί *να* παρέχει δυνατές *και* ευέλικτες επιλογές αποτελεσμάτων.

Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων που αναπτύξαμε *στο* Κεφάλαιο 3 γραμμένο στην AMPL.

4.2 Το Μοντέλο του Προβλήματος Γραμμένο στην AMPL

 # Teliko Modelo

 # Sets

set D; # sinolo merwn

```
set M; # mathimata M sto examino s
set K; # sinolo kathigitwn
set F; # fora pou ginetai to mathima
set S; # etos (eksamino - ennoeitai xeimerino h' earino)
set T; # diwra
```
 # Parameters
```
#------------------------------------------------------------------
param a{K,M};          # pinakas kathigitwn - mathimatwn
param b{S,M};          # pinakas eksaminwn - mathimatwn
param A;               # aithouses
param P{K,D,T};        # pinakas kerdous
param Q;               # diafora twn oriwn (anwtatou - katwtatou)
param c;
```
 # Decision Variables
```
#----------------------------------------------------------
var X {F,M,D,T} binary;        # dyadikh metavliti apofasis
var g {D,T,S} binary;
var h {D,T,S} binary;
var L;                         # katwtato orio
var U;                         # anwtato orio
```

maximize cost : sum {f in F,m in M,d in D,t in T,k in K} a[k,m] * P[k,d,t] * X[f,m,d,t] - sum {d in D,t in T,s in S}(g[d,t,s]+h[d,t,s]);

subject to con1 {d in D,t in T,k in K}: sum {f in F,m in M} a[k,m] * X[f,m,d,t] <= 1;

subject to con2 {d in D,t in T}: sum {f in F,m in M} X[f,m,d,t] <= A;

subject to con3 {d in D,t in T,s in S}: sum {f in F,m in M} b[s,m] * X[f,m,d,t] <=1;

subject to con4 {f in F,m in M}: sum {d in D,t in T} X[f,m,d,t] = 1;

subject to con5 {m in M}: sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[2,m,d,t] - sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[1,m,d,t] >= 12-c;

subject to con6 {m in M}: sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[2,m,d,t] - sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[1,m,d,t] <= 12+c;

subject to con7 {d in D,s in S}: sum {f in F,m in M,t in T} b[s,m] * X[f,m,d,t] >= L;

subject to con8 {d in D,s in S}: sum {f in F,m in M,t in T} b[s,m] * X[f,m,d,t] <= U;

subject to con9 : U-L <= Q;

Το παραπάνω μοντέλο γράφτηκε στο σημειωματάριο (notepad) *των* Microsoft Windows διότι το λογισμικό αναγνωρίζει αρχεία μορφής μόνο txt.

Παρατηρούμε ότι στη μορφή που δίνουμε το μοντέλο στην αλγεβρική γλώσσα *προγραμ*ματισμού AMPL φαίνονται περισσότεροι περιορισμοί από αυτούς που δηλώσαμε και εξηγήσαμε στο Κεφάλαιο 3. Αυτό συμβαίνει γιατί έπρεπε να προσαρμόσουμε τους περιορισμούς στην γλώσσα προγραμματισμού. Δηλαδή τους περιορισμούς 5 και 6 έπρεπε να τους σπάσουμε σε δύο διαφορετικές ανισότητες ώστε να μπορέσει να τους αναγνωρίσει το λογισμικό CPLEX και να τρέξει το πρόγραμμά *μας*.

Επίσης παρατηρούμε ότι μαθηματικό μοντέλο είναι γραμμένο με λατινικούς χαρακτήρες. Έτσι όταν χρησιμοποιούμε τον όρο **sum** θέλουμε να δηλώσουμε ένα άθροισμα αντί να χρησιμοποιήσουμε το ελληνικό σύμβολο **Σ**.

Βλέπουμε ότι πρώτα δηλώνουμε τα sets, δηλαδή τις παραμέτρους εκείνες που οι τιμές είναι πάντα καθορισμένες και δεν μπορούν να αλλάξουν. Για παράδειγμα οι μέρες είναι πέντε, όπως και τα διδακτικά δίωρα κάθε ημέρας και οι τιμές αυτές δεν είναι δυνατόν να αλλάξουν.

Στην συνέχεια δίνουμε τις παραμέτρους, parameters, που αλλάζουν είτε κατά βούληση είτε επειδή το απαιτούν καινούρια δεδομένα του προβλήματος. Για παράδειγμα οι αίθουσες είναι έξι στο πρόβλημά μας. Αυτό όμως είναι κάτι που μπορεί να αλλάξει, μπορεί για ένα εξάμηνο να μην είναι διαθέσιμη μία αίθουσα.

Συνεχίζοντας γράφουμε την αντικειμενική συνάρτηση και έπειτα τους περιορισμούς. Για να μπορέσει να αναγνωρίσει η CPLEX μία μαθηματική έκφραση ως περιορισμό πρέπει στην AMPL να γραφεί με την έκφραση 'subject to' (=υπόκεινται *σε*).

Επιπλέον πρέπει να πούμε ότι η γλώσσα προγραμματισμού AMPL είναι μία γλώσσα προγραμματισμού εξαιρετικά φιλική προς το χρήστη. Αρχίζοντας τη γνωριμία μας με τη γλώσσα είδαμε ότι ουσιαστικά το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να γράψουμε το μοντέλο μας με λατινικούς χαρακτήρες. Επίσης είναι εξαιρετικά σημαντικό και πολύ βολικό για το χρήστη το ότι γράφουμε ξεχωριστά τα δεδομένα. Αυτό μας βοηθά, όπως και στην περίπτωση της δικής μας έρευνας, διατηρώντας το ίδιο μοντέλο να πάρουμε αποτελέσματα για διαφορετικά δεδομένα. Το σημαντικό είναι ότι επειδή είναι άλλο αρχείο τα δεδομένα, το μόνο που πρέπει να κάνουμε αν θέλουμε να πάρουμε άλλα αποτελέσματα είναι να τροποποιήσουμε τα δεδομένα χωρίς να πειράξουμε το μαθηματικό μοντέλο. Βέβαια σε κάποιες περιπτώσεις ισχύει και το αντίθετο. Το να αλλάξουμε την αντικειμενική συνάρτηση ή κάποιον περιορισμό δεν επηρεάζει τα δεδομένα μας. Μάλιστα το τελευταίο γνώρισμα στην περίπτωσή μας υπήρξε τεράστιο πλεονέκτημα, καθώς τα δεδομένα μας ήταν σταθερά, ενώ έπρεπε συχνά να τροποποιήσουμε την αντικειμενική συνάρτηση είτε κάποιον περιορισμό.

Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία του μοντέλου από το συγκεκριμένο πρόγραμμα καθώς επίσης και κάποια συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αποτελέσματα αυτά. Θα εξηγήσουμε επίσης πως προέκυψαν τα αποτελέσματα αυτά.

Πρέπει να τονίσουμε ότι σαν περίπτωση μελέτης επιλέξαμε να κατασκευάσουμε το πρόγραμμα του ερχόμενου χειμερινού εξαμήνου 2005-2006, έτσι ώστε να δοκιμάσουμε αν όντως το μοντέλο μας δουλεύει καλά και σε πραγματικές συνθήκες.

5.1 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Αρχικά θα πρέπει να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα όπως τα πήραμε από το πρόγραμμα και να τα εξηγήσουμε . Παραθέτουμε τα αποτελέσματα έτσι όπως μας τα έδωσε το πρόγραμμα, η μόνη τροποποίηση που έχουμε κάνει είναι ότι έχουμε ονομάσει τις μέρες για την καλύτερη ανάγνωσή τους. Μετά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων ακολουθούν κάποια διευκρινιστικά σχόλια σχετικά με αυτά. Έτσι έχουμε τα αποτελέσματα όπως αυτά παρουσιάζονται στο Παράρτημα ΙΙ..

Το λογισμικό CPLEX μας δίνει τα αποτελέσματα στην μορφή πινάκων. Στην περίπτωσή μας ο κάθε πίνακας απεικονίζει κάθε ημέρα της εβδομάδας και οι γραμμές είναι τα μαθήματα που γίνονται το εξάμηνο που έχουμε θέσει. Οι στήλες των πινάκων είναι τα διδακτικά δίωρα που αντιστοιχούν στην εκάστοτε ημέρα, δηλαδή πέντε. Ουσιαστικά τα αποτελέσματα είναι οι λύσεις για την μεταβλητή **X**, η οποία είναι και η μεταβλητή απόφασης στο μαθηματικό μοντέλο που φτιάξαμε. Έτσι όταν βλέπουμε στον πίνακα τον αριθμό 1, σημαίνει ότι το μάθημα της συγκεκριμένης γραμμής γίνεται το δίωρο της αντίστοιχης στήλης, ενώ ο αριθμός 0 σημαίνει ότι το μάθημα δεν μπορεί να γίνει το συγκεκριμένο δίωρο.

Πρέπει ακόμα να σημειώσουμε ότι το πρόγραμμα μας δίνει το εβδομαδιαίο πρόγραμμα μία φορά για την πρώτη φορά που θα γίνεται το κάθε μάθημα και στη συνέχεια για την δεύτερη φορά που θα γίνεται. Δηλαδή μας δίνει από Δευτέρα μέχρι Παρασκευή πρώτα την πρώτη φορά που θα γίνονται τα μαθήματα και μετά πάλι από Δευτέρα μέχρι Παρασκευή την δεύτερη φορά που θα γίνονται τα μαθήματα.

Κάτι εξίσου σημαντικό που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι στην εισαγωγή των δεδομένων λαμβάνουμε υπόψη και την προτίμηση των καθηγητών ως προς την μέρα *και* το δίωρο που προτιμούν να διδάσκουν.

Αυτό γίνεται όπως προαναφέραμε και στο κεφάλαιο 3 με την βοήθεια του πίνακα P. Επομένως κάθε που εισάγουμε τα δεδομένα είναι πολύ εύκολο να αλλάζουμε την προτίμηση του εκάστοτε καθηγητή εφόσον ο ίδιος το επιθυμεί. Επίσης μπορεί να αλλάζουν οι προτιμήσεις των καθηγητών ανάλογα με το εξάμηνο (χειμερινό ή εαρινό). Με τον παραπάνω τρόπο μπορούμε πολύ απλά να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό.

Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να γίνει η συλλογή των πληροφοριών *για τις* προτιμήσεις των καθηγητών είναι κάτι πολύ απλό. Δημιουργούμε μία φόρμα (έναν πίνακα στην ουσία), στην οποία πρέπει οι καθηγητές να συμπληρώσουν τις μέρες και τα δίωρα που επιθυμούν να διδάσκουν το μάθημά τους. Η φόρμα θα μπορούσε να συμπληρωθεί με τους αριθμούς 0,1,2,3,4 κατά αύξουσα σειρά προτίμησης, για παράδειγμα δηλαδή το 4 θα είναι η βέλτιστη επιλογή ημέρας και δίωρου. Κάτι τέτοιο θα διευκόλυνε πάρα πολύ την δουλειά *του* χειριστή του μοντέλου και θα είχε καλύτερα αποτελέσματα.

Εκτός από την μεταβλητή απόφασης **X** *στο* μαθηματικό μας μοντέλο έχουμε δύο ακόμα μεταβλητές.

- Μεταβλητές **L** *και* **U:** Οι μεταβλητές είναι ουσιαστικά δύο όρια, ένα κατώτατο και ένα ανώτατο αντίστοιχα όπως προαναφέραμε και στο Κεφάλαιο 3. Δηλώνουν πόσα μαθήματα επιτρέπεται να γίνονται σε μία μέρα.

5.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα μορφοποιημένα σε πίνακες. Θα τα παρουσιάσουμε δηλαδή ακριβώς στην μορφή στην οποία παρουσιάζει και η γραμματεία του ΤΜΜΒ το ωρολόγιο πρόγραμμα στην αρχή κάθε εξαμήνου. *Για την δημιουργία* των πινάκων χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή Microsoft Excel, του πακέτου Microsoft Office.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι προσπαθήσαμε να καταστρώσουμε το ωρολόγιο πρόγραμμα για το χειμερινό εξάμηνο που ακολουθεί για το ακαδημαϊκό έτος 2005/2006. Έτσι αποφασίσαμε να έρθουμε σε επαφή με την γραμματεία του ΤΜΜΒ και πάρουμε τα αντίστοιχα στοιχεία, δηλαδή ποιοι καθηγητές θα κάνουν ποια μαθήματα. Η ενέργεια αυτή έγινε με σκοπό να μελετήσουμε το πρόβλημα σε ρεαλιστικό περιβάλλον και με τα πραγματικά δεδομένα.

Ένα από τα πρώτα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι σε μερικές ημέρες παρατηρούμε κενά δίωρα ανάμεσα στα δίωρα μαθημάτων. Μια παρατήρηση που έγινε *και* στο Κεφάλαιο 3 και ήταν ο λόγος που προσπαθήσαμε να επεκτείνουμε το μοντέλο.

Ακόμα πρέπει να επισημάνουμε ότι φτιάχνοντας τα δεδομένα μας βάλαμε κατά βούληση και τυχαία τις προτιμήσεις των καθηγητών. Βέβαια αυτό όπως προαναφέραμε είναι κάτι που εύκολα αλλάζει. Επιπλέον είδαμε ότι τα αποτελέσματα ικανοποιούν τις περισσότερες προτιμήσεις των καθηγητών από αυτές που δηλώσαμε.

Στις επόμενες σελίδες παραθέτουμε τους πέντε πίνακες των αποτελεσμάτων κατά αύξουσα σειρά για τα εξάμηνα από 1 έως 9 του χειμερινού εξαμήνου.

ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 1ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚ. ΕΤΟΥΣ 2005-2006

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
09-10	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ (Γ. Μπρέγιαννης) Αμφιθέατρο		ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ (Γ. Μπρέγιαννης) Αμφιθέατρο		
10-11	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ (Γ. Μπρέγιαννης) Αμφιθέατρο		ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ (Γ. Μπρέγιαννης) Αμφιθέατρο		
11-12		ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ (Κ. Πανταζάρας) ΤΜΧΠΑ (Αίθ. Α6 Ισόγειο)	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ (Π. Τσιακάρας) Αμφιθέατρο	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ (Κ. Πανταζάρας) ΤΜΧΠΑ (Αίθ. Α6 Ισόγειο)	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ (Π. Τσιακάρας) Αμφιθέατρο
12-13		ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ (Κ. Πανταζάρας) ΤΜΧΠΑ (Αίθ. Α6 Ισόγειο)	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ (Π. Τσιακάρας) Αμφιθέατρο	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ (Κ. Πανταζάρας) ΤΜΧΠΑ (Αίθ. Α6 Ισόγειο)	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ (Π. Τσιακάρας) Αμφιθέατρο
13-14					
14-15		ΕΙΣ Σ ΤΙΣ ΜΗΧ/ΚΕΣ ΚΑΤΕΡ/ΣΙΕΣ (Α. Κορλός) Αμφιθέατρο		ΕΙΣ Σ ΤΙΣ ΜΗΧ/ΚΕΣ ΚΑΤΕΡ/ΣΙΕΣ (Α. Κορλός) Αμφιθέατρο	
15-16		ΕΙΣ Σ ΤΙΣ ΜΗΧ/ΚΕΣ ΚΑΤΕΡ/ΣΙΕΣ (Α. Κορλός) Αμφιθέατρο		ΕΙΣ Σ ΤΙΣ ΜΗΧ/ΚΕΣ ΚΑΤΕΡ/ΣΙΕΣ (Α. Κορλός) Αμφιθέατρο	
16-17	ΕΦ. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι (Θ. Γραμμένος) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι (Θ. Γραμμένος) Αμφιθέατρο			
17-18	ΕΦ. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι (Θ. Γραμμένος) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι (Θ. Γραμμένος) Αμφιθέατρο			
18-19		ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι (Β. Ζάτου) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι (Δ. Παντελής) Αμφιθέατρο	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι (Β. Ζάτου) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι (Δ. Παντελής) Αμφιθέατρο
19-20		ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι (Β. Ζάτου) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι (Δ. Παντελής) Αμφιθέατρο	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Ι (Β. Ζάτου) Αμφιθέατρο	ΕΦ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι (Δ. Παντελής) Αμφιθέατρο

ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ [illegible] ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚ. ΕΤΟΥΣ [illegible]

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
09-10	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ (Αν. Σταματέλλος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (Αθ. Ζηλιασκόπουλος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (Παπαδημητρίου) Αίθουσα προκάτ (1)		
10-11	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ (Αν. Σταματέλλος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (Αθ. Ζηλιασκόπουλος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (Παπαδημητρίου) Αίθουσα προκάτ (1)		
11-12	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (Αθ. Ζηλιασκόπουλος) Αίθουσα προκάτ(1)				
12-13	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (Αθ. Ζηλιασκόπουλος) Αίθουσα προκάτ(1)				
13-14					
14-15				ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ (Αν. Σταματέλλος) Αίθουσα προκάτ(1)	
15-16				ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ (Αν. Σταματέλλος) Αίθουσα προκάτ(1)	
16-17	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (Παπαδημητρίου) Αίθουσα προκάτ(1)	ΕΙΣ. ΣΤΗΝ ΤΕΧΝ/ΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ (Αν. Κατσαμάς) Αίθουσα προκάτ(1)	ΕΙΣ. ΣΤΗΝ ΤΕΧΝ/ΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ (Αν. Κατσαμάς) Αίθουσα προκάτ (1)	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ(1)	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ (1)
17-18	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (Παπαδημητρίου) Αίθουσα προκάτ(1)	ΕΙΣ. ΣΤΗΝ ΤΕΧΝ/ΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ (Αν. Κατσαμάς) Αίθουσα προκάτ(1)	ΕΙΣ. ΣΤΗΝ ΤΕΧΝ/ΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ (Αν. Κατσαμάς) Αίθουσα προκάτ (1)	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ(1)	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ (1)
18-19	ΣΥΝΗΘ. ΔΙΑΦ. ΕΞΙΣΩΣ. (Θ. Γραμμένος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΣΥΝΗΘ. ΔΙΑΦ. ΕΞΙΣΩΣ. (Θ. Γραμμένος) Αίθουσα προκάτ(1)			
19-20	ΣΥΝΗΘ. ΔΙΑΦ. ΕΞΙΣΩΣ. (Θ. Γραμμένος) Αίθουσα προκάτ(1)	ΣΥΝΗΘ. ΔΙΑΦ. ΕΞΙΣΩΣ. (Θ. Γραμμένος) Αίθουσα προκάτ(1)			

ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 5ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚ. ΕΤΟΥΣ [illegible]

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
09-10	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤ. ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤ. ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)			
10-11	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤ. ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤ. ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)			
11-12	ΜΗΧ/ΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ (Ν. Αράβας) Αίθουσα προκάτ(2)	ΜΗΧ/ΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ (Ν. Αράβας) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι (Κ. Πανταζάρας) Αίθουσα προκάτ (2)	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι (Κ. Πανταζάρας) Αίθουσα προκάτ (2)
12-13	ΜΗΧ/ΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ (Ν. Αράβας) Αίθουσα προκάτ(2)	ΜΗΧ/ΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ (Ν. Αράβας) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι (Κ. Πανταζάρας) Αίθουσα προκάτ (2)	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι (Κ. Πανταζάρας) Αίθουσα προκάτ (2)
13-14					
14-15					
15-16					
16-17	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ (2)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ(2)	
17-18	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ(2)	ΣΤΟΧ. ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠ. ΕΡ. (Γ. Λυμπερόπουλος) Αίθουσα προκάτ(2)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (Δ. Βαλουγεώργης) Αίθουσα προκάτ (2)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ(2)	
18-19	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ(2)			ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ(2)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ (2)
19-20	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ(2)			ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ(2)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Θ. Κοσμάνης) Αίθουσα προκάτ (2)

[redacted]

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
09-10	ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ & ΣΥΝΔ. ΒΕΛ. (Κοζανίδης) Αίθ. Πρ.(4)		ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ (Γ. Κοζανίδης) Αίθ. προκάτ (3) ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ & ΣΥΝΔ. ΒΕΛ. (Κοζανίδης) Αίθ. Πρ.(4)		ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ (Γ. Κοζανίδης) Αίθ. προκάτ (3)
10-11	ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ & ΣΥΝΔ. ΒΕΛ. (Κοζανίδης) Αίθ. Πρ.(4)		ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ (Γ. Κοζανίδης) Αίθ. προκάτ (3) ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ & ΣΥΝΔ. ΒΕΛ. (Κοζανίδης) Αίθ. Πρ.(4)	ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΙΟΔΥΝΑΜΙΚΗ (Ερ. Σταπουντζής) Αίθ Προκάτ (4)	ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ (Γ. Κοζανίδης) Αίθ. προκάτ (3)
11-12	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (Γ.Χαϊδεμενόπουλος)Αίθ.πρ.(3) ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜ. ΠΑΡΑΓ. (Δ.Παντελής) Αίθ. Πρ.(3)	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ (3)		ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜ. ΠΑΡΑΓ. (Δ.Παντελής) Αίθ. Πρ (3)	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ (3)
12-13	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (Γ.Χαϊδεμενόπουλος)Αίθ.πρ.(3) ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜ. ΠΑΡΑΓ. (Δ.Παντελής) Αίθ. Πρ.(3)	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ (3)		ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΒΙΟΜ. ΠΑΡΑΓ. (Δ.Παντελής) Αίθ. Πρ (3)	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ (Β. Μποντόζογλου) Αίθουσα προκάτ (3)
13-14					
14-15		ΥΠΟΛ. ΜΕΘ. ΣΤΗ ΕΝΕΡΓ. ΠΕΡ. (Ν. Πελεκάσης) Αίθουσα Προκ. (3)	ΣΥΣΤΗΜ.ΠΛΗΡ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ (Γ. Αδάμ) Αίθουσα προκάτ (3)	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (Γ.Χαϊδεμενόπουλος)Αίθ.πρ.(3) ΥΠΟΛ. ΜΕΘ. ΣΤΗ ΕΝΕΡΓ. ΠΕΡ.	ΣΥΣΤΗΜ.ΠΛΗΡ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ (Γ. Αδάμ) Αίθουσα προκάτ (3)
15-16		ΥΠΟΛ. ΜΕΘ. ΣΤΗ ΕΝΕΡΓ. ΠΕΡ. (Ν. Πελεκάσης) Αίθουσα Προκ. (3)	ΣΥΣΤΗΜ.ΠΛΗΡ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ (Γ. Αδάμ) Αίθουσα προκάτ (3)	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (Γ.Χαϊδεμενόπουλος)Αίθ.πρ.(3) ΥΠΟΛ. ΜΕΘ. ΣΤΗ ΕΝΕΡΓ. ΠΕΡ.	ΣΥΣΤΗΜ.ΠΛΗΡ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ (Γ. Αδάμ) Αίθουσα προκάτ (3)
16-17		ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ (Σταμάτης) Αίθουσα προκάτ (3)	ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ (Σταμάτης) Αίθουσα προκάτ (3)	ΤΑΛΑΝΤ. & ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧ. (Κ. Παπαδημητρίου)Αίθ. Προκάτ (4)	ΤΑΛΑΝΤ. & ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧ. (Κ. Παπαδημητρίου)Αίθ. Προκάτ (4)
17-18		ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ (Σταμάτης)	ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ (Σταμάτης)	ΤΑΛΑΝΤ. & ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧ. (Κ. Παπαδημητρίου)Αίθ. Προκάτ (4)	ΤΑΛΑΝΤ. & ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧ. (Κ. Παπαδημητρίου)Αίθ. Προκάτ (4)

ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ [illegible] ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚ. ΕΤΟΥΣ [illegible]

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
09-10		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ (Ν. Ανδρίτσος) Αίθ. Προκάτ (4)	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ (Ν. Ανδρίτσος) Αιθ Προκάτ (4)	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ (Ν. Ανδρίτσος) Αιθ. Προκάτ (4)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ (Ν. Ανδρίτσος) Αίθ. Προκάτ (4)
10-11		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ (Ν. Ανδρίτσος) Αίθ. Προκάτ (4)	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ (Ν. Ανδρίτσος) Αιθ Προκάτ (4)	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ (Ν. Ανδρίτσος) Αιθ. Προκάτ (4)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ (Ν. Ανδρίτσος) Αίθ. Προκάτ (4)
11-12	ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).				
12-13	ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).				
13-14					
14-15	ΕΙΔ.ΚΕΦΑΛ. ΜΗΧ.ΚΑΤΑΣΚ. (Σπ.Καραμάνος) Αίθ. Προκάτ (4).		ΕΙΔ.ΚΕΦΑΛ. ΜΗΧ.ΚΑΤΑΣΚ. (Σπ.Καραμάνος) Αίθ. Προκάτ (4).		
15-16	ΕΙΔ.ΚΕΦΑΛ. ΜΗΧ.ΚΑΤΑΣΚ. (Σπ.Καραμάνος) Αίθ. Προκάτ (4).		ΕΙΔ.ΚΕΦΑΛ. ΜΗΧ.ΚΑΤΑΣΚ. (Σπ.Καραμάνος) Αίθ. Προκάτ (4).		
16-17	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (Αν. Σταμάτης) Αίθ. Προκάτ (4). ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ- (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).			ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (Αν. Σταμάτης) Αίθ. Προκάτ (4). ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ- (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).	
17-18	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (Αν. Σταμάτης) Αίθ. Προκάτ (4). ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ- (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).			ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (Αν. Σταμάτης) Αίθ. Προκάτ (4). ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ- (Κ. Μπαλαφούτης)) Αίθ. Προκάτ (4).	
18-19	ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΨΥΞΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Α. Σταματέλλος)Αίθ. Προκάτ (4)			ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΨΥΞΗ (Α. Σταματέλλος)Αίθ. Προκάτ (4) ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟ/ΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ(MEMS) (Κ. Χαριτίδης)Αίθ.Προκάτ (4)	ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟ/ΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ(MEMS) (Κ. Χαριτίδης)Αίθ.Προκάτ (4)
19-20	ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΨΥΞΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ			ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΨΥΞΗ (Α. Σταματέλλος)Αίθ. Προκάτ (4)	ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟ/ΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ(MEMS)

Κεφάλαιο 6 Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία μελετήσαμε το πρόβλημα της βελτιστοποίησης του ωρολογίου προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας. Ξεκινήσαμε να ερευνούμε το πρόβλημα εντοπίζοντάς το μέσα στο τμήμα. Ξεκινώντας από μηδενική βάση φτάσαμε στο σημείο να έχουμε αναπτύξει ένα μαθηματικό μοντέλο αρκετά ευέλικτο τόσο σε δυνατότητες όσο και σε βελτιώσεις. Αφού παρουσιάσαμε αναλυτικά το μαθηματικό μοντέλο έπειτα παραθέσαμε αναλυτικά τα αποτελέσματα. Πρέπει να τονίσουμε για τελευταία φορά ότι τα αποτελέσματα στηρίζονται εξολοκλήρου σε πραγματικά δεδομένα, κάτι που στην ουσία έδειξε ότι μοντέλο μας δουλεύει πολύ καλά σε πραγματικές συνθήκες. Τα δεδομένα μας παραθέτονται αναλυτικά στο Παράρτημα της εργασίας.

Περαιτέρω θέματα διπλωματικών εργασιών που θα μπορούσαν να προκύψουν από αυτή την διπλωματική εργασία είναι πιθανώς μία βελτίωση του μοντέλου ώστε να γίνει περισσότερο εύχρηστο, ή ακόμα και μία ενδεχόμενη τροποποίηση του μοντέλου ώστε να μας δίνει τα αποτελέσματα σε μία περισσότερο έτοιμη μορφή.

Το πρώτο συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε παρατηρώντας και μελετώντας την δουλειά που έγινε, είναι ότι σε πρώτη φάση πετύχαμε τον στόχο μας. Δηλαδή καταφέραμε να φτιάξουμε ένα μοντέλο (να βρούμε μία μέθοδο αν θέλετε) το οποίο δεν μπλέκει όλους αυτούς τους φορείς που αναφέραμε στην δημιουργία του προγράμματος. Η όλη διαδικασία είναι σχετικά απλή, αφού ουσιαστικά μόνο τα αποτελέσματα πρέπει να αναλύονται και προβλέπει τα περισσότερα αν όχι όλα τα προβλήματα που προκύπτουν κατά την δημιουργία του προγράμματος.

Επιπλέον πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι τα αποτελέσματα, όπως είδαμε και στην αρχή του κεφαλαίου, προκύπτουν από το λογισμικό σε μία μάλλον σύνθετη μορφή. Σε μία μορφή που για να κατανοηθεί απαιτεί μία στοιχειώδη εξοικείωση χωρίς να είναι σε μία εντελώς δυσνόητη μορφή.

Ακόμα πρέπει να τονίσουμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται το λογισμικό από την στιγμή που θα του δώσουμε τα δεδομένα και θα του ζητήσουμε να τα λύσει είναι ελάχιστος. Μέσα σε ένα περίπου λεπτό έχουμε τα αποτελέσματα που αντιστοιχούν στο ωρολόγιο πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος. Άρα εκ των πραγμάτων βλέπουμε ότι επιτευχθεί ένας πολύ σημαντικός στόχος που είχαμε ξεκινώντας, που δεν ήταν άλλος από την μείωση του χρόνου ενασχόλησης με την δημιουργία του ωρολογίου προγράμματος.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι η διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων είναι μεν πολύ πιο γρήγορη από ότι η παρούσα κατάσταση, ωστόσο μετά από την εργασία αυτή πιστεύουμε ότι θα μπορούσε να είναι ακόμα πιο γρήγορη. Αυτό θα μπορούσε να γίνει για παράδειγμα αν τροποποιούσαμε έτσι το μαθηματικό μας μοντέλο ώστε αντί τα αποτελέσματα να τα παίρνουμε σε δυαδική μορφή (0 ή 1) να τα παίρνουμε σε μία περισσότερο έτοιμη μορφή. Θα μπορούσαμε να παίρνουμε απευθείας τα μαθήματα σε κωδικοποιημένη μορφή στην αντίστοιχη μέρα και δίωρο, κάτι που θα μείωνε αισθητά τον όγκο των αποτελεσμάτων. Το βέλτιστο βέβαια θα ήταν τα αποτελέσματα μας να μας έδιναν απευθείας το πρόγραμμα με την μορφή που θα προέκυπτε, όμως τίθεται και θέμα όσον αφορά το λογισμικό που θα χρησιμοποιήσουμε και κατά πόσον αυτό θα μπορέσει να υποστηρίξει μια τέτοια προσπάθεια.

Από την δική μας πλευρά δεν μπορούσαμε να προσθέσουμε και να προτείνουμε κάτι περισσότερο. Η προσπάθειά μας ξεκίνησε από το μηδέν ουσιαστικά και γι' αυτό υπάρχουν πολύ τρόποι να προχωρήσει ή να μεγαλώσει κάποιος αυτό που ξεκινήσαμε. Εξάλλου η έρευνα είναι ανεξάντλητη.

Βιβλιογραφία

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

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

Brazile, R. P. and Swigger, K. M., Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Perfomance Analysis, Chapter 46: 'Adapting the GATES Architecture to Scheduling Faculty', 2004.

Brazile R.P. and Swigger, K.G., GATES: An airline gate assignment and tracking expert system. *IEEE Expert*, 33-39, 1988.

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

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

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

Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. and Sier, D.,'Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models', *European Journal of Operational Research,* 153, 2004

Goltz, H. – J, Kuchler, G. and D. Matzke. Constraint – based timetabling for universities. In: *Proceeding of INAP'98, 11th International Conference on Applications of Prolog,* Tokyo, pp. 75-80, Sep. 1998.

ILOG AMPL CPLEX System Version 9.0 User's Guide, by ILOG S.A. All rights reserved, Copyright © 1987-2003

Nicholls, Miles G. ,'The development, implementation and use of a package to facilitate planning and production scheduling in tobacco processing plant',

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

Rudova, H., Constraint satisfaction with prefences. *PhD Thesis*, Faculty of Informatics, Masaryk University, Brno, Czech Republic, Jan. 2001.

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.

Παράρτημα Ι

Πίνακας 2. Πίνακας και κωδικοποίηση των διδασκόντων του ΤΜΜΒ:

Όνομα	Κωδικός
Ανδρίτσος Νικόλαος	k = 1
Αράβας Νικόλαος	k = 2
Βαλουγεώργης Δημήτρης	k = 3
Βλάχος Νικόλαος	k = 4
Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	k = 5
Καραμάνος Σπύρος	k = 6
Λυμπερόπουλος Γιώργος	k = 7
Μποντόζογλου Βασίλης	k = 8
Παπαδημητρίου Κώστας	k = 9
Πελεκάσης Νίκος	k = 10
Πετρόπουλος Γιώργος	k = 11
Σταματέλλος Τάσος	k = 12
Σταμάτης Αναστάσιος	k = 13
Σταπουντζής Ερρίκος	k = 14
Τσιακάρας Παναγιώτης	k = 15
Χαϊδεμενόπουλος Γρηγόρης	k = 16
Αδάμ Γεώργιος	k = 17
Αμανατίδου Ελένη	k = 18
Βλαχογιάννης Μιχαήλ	k = 19
Γραμμένος Θεοφάνης	k = 20
Θεοδωρίδης Γεώργιος	k = 21
Θωμαΐδης Θωμάς	k = 22
Κατσαμάς Αντώνιος	k = 23
Κοζανίδης Γιώργος	k = 24
Κορλός Απόστολος	k = 25
Κοσμάνης Θεόδωρος	k = 26
Μπαλαφούτης Κων/νος	k = 27
Μπρεγιάννης Γεώργιος	k = 28
Πανταζάρας Κων/νος	k = 29
Παντελής Δημήτριος	k = 30
Παπαδούλης Απόστολος	k = 31
Χαριτίδης Κωνσταντίνος	k = 32
Χασιώτης Νικόλαος	k = 33

Πίνακας 3. Πίνακας μαθημάτων του χειμερινού εξαμήνου.

Μάθημα	Κωδικός
Εξάμηνο 1^o	
Ξένη Γλώσσα	m = 1
Εφαρμοσμένα Μαθηματικά	m = 2
Εισαγωγή στους Η/Υ	m = 3
Μηχανολογικό Σχέδιο	m = 4
Εισαγωγή στις Μηχανικές Κατεργασίες	m = 5
Εφαρμοσμένη Στατιστική Ι	m = 6
Χημεία για Μηχανικούς	m = 7
Εξάμηνο 3^o	
Συνήθεις Διαφορικές Εξισώσεις	m = 8
Αριθμητική Ανάλυση	m = 9
Τεχνολογία Υλικών	m = 10
Δυναμική	m = 11
Θερμοδυναμική ΙΙ	m = 12
Γραμμικός Προγραμματισμός	m = 13
Εξάμηνο 5^o	
Στοχαστικά Πρότυπα στην Επιχειρησιακή Έρευνα	m = 14
Υπολογιστικές Μέθοδοι	m = 15
Μηχανική των Υλικών ΙΙ	m = 16
Μετάδοση Θερμότητας Ι	m = 17
Στοιχεία Μηχανών Ι	m = 18
Ηλεκτρικές Μηχανές – Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί	m = 19
Εξάμηνο 7^o	
Οργάνωση και Διοίκηση Εργοστασίων	m = 20
Κατεργασίες Διαμόρφωσης	m = 21
Φυσικές Διεργασίες	m = 22
Στροβιλομηχανές	m = 23
Υπολογιστικές Μέθοδοι στην ενεργειακή Περιοχή	m = 24
Ασυμπίεστη και Συμπιεστή Αεροδυναμική	m = 25
Ταλαντώσεις και Δυναμική Μηχανών	m = 26
Θεωρία Μηχανικών Κατεργασιών	m = 27
Επιλογή Υλικών στο Μηχανολογικό Σχεδιασμό	m = 28
Επιστήμη και Τεχνολογία Συγκολλήσεων	m = 29
Προσομοίωση στη Βιομηχανική Παραγωγή	m = 30
Ακέραιος Προγραμματισμός και Συνδυαστική Βελτιστοποίηση	m = 31
Συστήματα Πληροφοριών Διοίκησης	m = 32
Κατασκευή Πλεγμάτων και Συστήματα σχεδιασμού με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή	m = 33
Εφαρμοσμένα Συστήματα Ποιότητας στη Βιομηχανία	m = 34
Εξάμηνο 9^o	
Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης	m = 35
Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός	m = 36
Σχεδιασμός Ενεργειακών Συστημάτων	m = 37
Ενεργειακή Οικονομία	m = 38
Μικροηλεκτρομηχανολογικά Συστήματα	m = 39

Εργαλειομηχανές και Τεχνολογίες Διαμορφώσεων	m = 40
Μηχανική των Κατασκευών	m = 41
Χωρικοί Μηχανισμοί – Βιομηχανικά Ρομπότ	m = 42

Πίνακας 4. Πίνακας μαθημάτων του εαρινού εξαμήνου.

Μάθημα	**Κωδικός**
Εξάμηνο 2°	
Ξένη Γλώσσα II	m = 1
Εφαρμοσμένα Μαθηματικά II	m = 2
Προγραμματισμός Η/Υ	m = 3
Μηχανολογικό Σχέδιο με Η/Υ	m = 4
Μηχανική- Στατική	m = 5
Θερμοδυναμική Ι	m = 6
Ηλεκτροτεχνία Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις	m = 7
Εξάμηνο 4°	
Διαφορικές Εξισώσεις με Μερικές Παραγώγους	m = 8
Μαθηματικός Προγραμματισμός	m = 9
Μηχανική των Υλικών Ι	m = 10
Μηχανική Ρευστών Ι	m = 11
Φυσική Μεταλλουργία	m = 12
Ηλεκτρομαγνητισμός - Οπτική	m = 13
Εξάμηνο 6°	
Διαχείριση Ποιότητας	m = 14
Οικονομικά για Μηχανικούς	m = 15
Φαινόμενα Μεταφοράς	m = 16
Μηχανική Ρευστών II	m = 17
Τεχνικές Μετρήσεις στην Ενεργειακή Περιοχή	m = 18
Μετάδοση Θερμότητας II – Ηλιακή Τεχνική	m = 19
Η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων	m = 20
Μηχανική Συμπεριφορά των m = λικών	m = 21
Πλαστικότητα	m = 22
Στοιχεία Μηχανών II	m = 23
Αξιοπιστία & Συντήρηση Τεχνολογικών Συστημάτων	m = 24
Εφαρμοσμένη Στατιστική II	m = 25
Προσομοίωση με Μαθηματικά Υπολογιστών	m = 26
Εξάμηνο 8°	
Σχεδιασμός και Προγραμματισμός Παραγωγής	m = 27
Κατεργασίες με Αφαίρεση Υλικού	m = 28
Μηχανές Εσωτερικής Καύσης	m = 29
Αυτοματισμοί και Ρυθμίσεις	m = 30
Προηγμένα Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας	m = 31
Συσκευές Θερμικών Διεργασιών	m = 32
Μηχατρονική	m = 33
Υπολογιστική Δυναμική των Μηχανικών Συστημάτων	m = 34
Διάβρωση και Προστασία	m = 35
Συστήματα Κατεργασιών με Ψηφιακή Καθοδήγηση	m = 36

Τριβολογία	m = 37
Στρατηγική Διοίκηση Επιχειρήσεων	m = 38
Οικονομική των Επιχειρήσεων	m = 39

Παράρτημα II

Στο δεύτερο αυτό τμήμα του Παραρτήματος θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από το μοντέλο χωρίς να τα επεξεργαστούμε. Παραθέτουμε τα αποτελέσματα για τις μεταβλητές X, L *και* U.

1Η ΦΟΡΑ

ΔΕΥΤΕΡΑ

X [1,*,1,*]:

	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	1	0	
y12	1	0	0	0	0	
y13	0	1	0	0	0	
y14	1	0	0	0	0	
y15	0	0	0	1	0	
y16	0	1	0	0	0	
y17	0	0	0	0	1	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	1	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	1	0	0	0	
y3	1	0	0	0	0	
y30	0	1	0	0	0	
y31	1	0	0	0	0	
y32	0	0	0	0	0	
y34	0	0	0	0	1	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	1	
y37	0	0	0	1	0	
y38	0	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	0	
y4	0	0	0	0	0	
y41	0	0	1	0	0	
y42	0	0	0	1	0	
y5	0	0	0	0	0	
y6	0	0	0	0	0	
y7	0	0	0	0	0	
y8	0	0	0	0	1	
y9	0	0	0	0	0	

TPITH

[1,*,2,*]

:	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	1	
y10	0	0	0	1	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	1	
y22	0	1	0	0	0	
y23	0	0	0	1	0	
y24	0	0	1	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	0	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	
y37	0	0	0	0	0	
y38	1	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	0	
y4	0	1	0	0	0	
y41	0	0	0	0	0	
y42	0	0	0	0	0	
y5	0	0	1	0	0	
y6	0	0	0	0	0	
y7	0	0	0	0	0	
y8	0	0	0	0	0	
y9	0	0	0	0	0	

TETAPTH

[1,*,3,*]

:	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	1	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	1	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	1	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	1	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	1	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	
y37	0	0	0	0	0	
y38	0	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	0	
y4	0	0	0	0	0	
y41	0	0	0	0	0	
y42	0	0	0	0	0	

y5	0	0	0	0	0
y6	0	0	0	0	1
y7	0	1	0	0	0
y8	0	0	0	0	0
y9	0	0	0	0	0

ΠΕΜΠΤΗ

[1,*,4,*]

:	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	1	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	1	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	0	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	
y37	0	0	0	0	0	
y38	0	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	1	
y4	0	0	0	0	0	
y41	0	0	0	0	0	
y42	0	0	0	0	0	
y5	0	0	0	0	0	
y6	0	0	0	0	0	
y7	0	0	0	0	0	
y8	0	0	0	0	0	
y9	0	0	0	1	0	

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

[1,*,5,*]

:	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	0	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	

y37	0	0	0	0	0
y38	0	0	0	0	0
y39	0	0	0	0	0
y4	0	0	0	0	0
y41	0	0	0	0	0
y42	0	0	0	0	0
y5	0	0	0	0	0
y6	0	0	0	0	0
y7	0	0	0	0	0
y8	0	0	0	0	0
y9	0	0	0	0	0

2Η ΦΟΡΑ

ΔΕΥΤΕΡΑ

[2,*,1,*]

:	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	0	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	
y37	0	0	0	0	0	
y38	0	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	0	
y4	0	0	0	0	0	
y41	0	0	0	0	0	
y42	0	0	0	0	0	
y5	0	0	0	0	0	
y6	0	0	0	0	0	
y7	0	0	0	0	0	
y8	0	0	0	0	0	
y9	0	0	0	0	0	

ΤΡΙΤΗ

[2,*,2,*]:

	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	1	0	0	0	
y14	1	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	1	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	1	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	0	0	0	
y26	0	0	0	0	0	
y29	0	0	0	0	0	

y3	0	0	0	0	0
y30	0	0	0	0	0
y31	1	0	0	0	0
y32	0	0	0	0	0
y34	0	0	0	0	0
y35	0	0	0	0	0
y36	0	0	0	0	0
y37	0	0	0	0	0
y38	0	0	0	0	0
y39	0	0	0	0	0
y4	0	0	0	0	0
y41	0	0	0	0	0
y42	0	0	0	0	0
y5	0	0	0	0	0
y6	0	0	0	0	0
y7	0	0	0	0	0
y8	0	0	0	0	1
y9	0	0	0	0	0

ΤΕΤΑΡΤΗ

[2,*,3,*]:

	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	1	0	
y11	1	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	1	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	
y22	0	0	0	0	0	
y23	0	0	0	1	0	
y24	0	0	0	0	0	

y25	0	0	0	0	0
y26	0	0	0	0	0
y29	0	0	0	0	0
y3	1	0	0	0	0
y30	0	0	0	0	0
y31	0	0	0	0	0
y32	0	0	0	0	0
y34	0	0	0	0	1
y35	0	0	0	0	0
y36	0	0	0	0	0
y37	0	0	0	0	0
y38	0	0	0	0	0
y39	0	0	0	0	0
y4	0	0	0	0	0
y41	0	0	0	0	0
y42	0	0	0	0	0
y5	0	0	0	0	0
y6	0	0	0	0	0
y7	0	0	0	0	0
y8	0	0	0	0	0
y9	0	0	0	0	0

ΠΕΜΠΤΗ

[2,*,4,*]:

	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	1	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	1	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	1	0	0	0	
y18	0	0	0	0	0	
y19	0	0	0	0	0	
y2	0	0	0	0	0	
y20	0	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	0	

y22	0	0	0	0	0
y23	0	0	0	0	0
y24	0	0	1	0	0
y25	0	0	0	0	0
y26	0	0	0	0	0
y29	0	0	1	0	0
y3	0	0	0	0	0
y30	0	1	0	0	0
y31	0	0	0	0	0
y32	0	0	0	0	0
y34	0	0	0	0	0
y35	1	0	0	0	0
y36	0	0	0	0	1
y37	0	0	0	1	0
y38	0	0	0	0	0
y39	0	0	0	0	0
y4	0	1	0	0	0
y41	0	0	1	0	0
y42	0	0	0	1	0
y5	0	0	1	0	0
y6	0	0	0	0	0
y7	0	0	0	0	0
y8	0	0	0	0	0
y9	0	0	0	0	0

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

[2,*,5,*]:

	1	2	3	4	5	:=
y1	0	0	0	0	0	
y10	0	0	0	0	0	
y11	0	0	0	0	0	
y12	0	0	0	0	0	
y13	0	0	0	0	0	
y14	0	0	0	0	0	
y15	0	0	0	0	0	
y16	0	0	0	0	0	
y17	0	0	0	0	0	
y18	0	1	0	0	0	
y19	0	0	0	0	1	
y2	0	0	0	0	0	
y20	1	0	0	0	0	
y21	0	0	0	0	1	
y22	0	1	0	0	0	
y23	0	0	0	0	0	
y24	0	0	0	0	0	
y25	0	0	1	0	0	
y26	0	0	0	1	0	
y29	0	0	0	0	0	
y3	0	0	0	0	0	
y30	0	0	0	0	0	
y31	0	0	0	0	0	
y32	0	0	1	0	0	
y34	0	0	0	0	0	
y35	0	0	0	0	0	
y36	0	0	0	0	0	
y37	0	0	0	0	0	
y38	1	0	0	0	0	
y39	0	0	0	0	1	
y4	0	0	0	0	0	
y41	0	0	0	0	0	
y42	0	0	0	0	0	
y5	0	0	0	0	0	
y6	0	0	0	0	1	
y7	0	1	0	0	0	
y8	0	0	0	0	0	
y9	0	0	0	1	0	

;

L = 0

U = 4

Παράρτημα III

Σε αυτό το τρίτο και τελευταίο τμήμα του Παραρτήματος παρουσιάζουμε το μαθηματικό μοντέλο που μελετήσαμε τις τελευταίες εβδομάδες της έρευνάς μας. Είναι *το μοντέλο* αυτό με την προσθήκη των περιορισμών και των μεταβλητών G *και* H, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.2.

```
#Model Teliko
#Sets
 set D; # sinolo merwn
set M; # mathimata M sto examino s
set K; # sinolo kathigitwn
set F; # fora pou ginetai to mathima
set S; # etos (eksamino - ennoeitai xeimerino h' earino)
set T; # diwra
# Parameters
#-----------------------------------------------------------------
param a{K,M};          # pinakas kathigitwn - mathimatwn
param b{S,M};          # pinakas eksaminwn - mathimatwn
param A;               # aithouses
param P{K,D,T};        # pinakas kerdous
param Q;               # diafora twn oriwn (anwtatou - katwtatou)
param c;               #
# Decision Variables
#---------------------------------------------------------
var X {F,M,D,T} binary;      # dyadikh metavliti apofasis
var g {D,T,S} binary;
var h {D,T,S} binary;
```

var L;   # katwtato orio

var U;   # anwtato orio

maximize cost : sum {f in F,m in M,d in D,t in T,k in K} a[k,m] * P[k,d,t] * X[f,m,d,t] - sum {d in D,t in T,s in S}(g[d,t,s]+h[d,t,s]);

subject to con1 {d in D,t in T,k in K}: sum {f in F,m in M} a[k,m] * X[f,m,d,t] <= 1;

subject to con2 {d in D,t in T}: sum {f in F,m in M} X[f,m,d,t] <= A;

subject to con3 {d in D,t in T,s in S}: sum {f in F,m in M} b[s,m] * X[f,m,d,t] <=1;

subject to con4 {f in F,m in M}: sum {d in D,t in T} X[f,m,d,t] = 1;

subject to con5 {m in M}: sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[2,m,d,t] - sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[1,m,d,t] >= 12-c;

subject to con6 {m in M}: sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[2,m,d,t] - sum {d in D,t in T}((d-1)*5 + t) * X[1,m,d,t] <= 12+c;

subject to con7 {d in D,s in S}: sum {f in F,m in M,t in T} b[s,m] * X[f,m,d,t] >= L;

subject to con8 {d in D,s in S}: sum {f in F,m in M,t in T} b[s,m] * X[f,m,d,t] <= U;

subject to con9 : U-L <= Q;

subject to con10 {d in D,t in T,s in S}: g[d,t,s] >= sum{f in F,m in M}b[s,m] * X[f,m,d,t];

subject to con11 {d in D,t in {2..5},s in S}: g[d,t,s] >= g[d,t-1,s];

subject to con12 {d in D,t in T,s in S}: h[d,t,s] >= sum{f in F,m in M}b[s,m] * X[f,m,d,t];

subject to con13 {d in D,t in {1..4},s in S}: h[d,t,s] >= h[d,t+1,s];