

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ  
ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΩΡΟΛΟΓΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
Μ.Μ.Β. ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕ  
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟ ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

υπό

**ΘΩΜΑ Α. ΝΑΣΤΟΥ**

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

2006



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5058/1

Ημερ. Εισ.: 21-11-2006

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ

2006

ΝΑΣ

© 2006 Νάστος Θωμάς

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, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Βιομηχανίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Αναστάσιος Σταματέλλος  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## Ευχαριστίες

Καταρχήν θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Γεώργιο Κοζανίδη για την πολύτιμή βοήθειά του σε στιγμές αδυναμίας στην εργασία, παρά το πολύ δύσκολο χρονικό διάστημα που αυτή μελετήθηκε και το πολύ φορτωμένο του πρόγραμμα. Πραγματικά η πίεση λόγω χρόνου ήταν αυξημένη αλλά παρόλα αυτά πιστεύω ότι καταλήξαμε σε μια ποιοτική και πλήρη από όλες τις πλευρές διπλωματική εργασία. Εύχομαι σύντομα να υιοθετηθεί από το τμήμα, έστω σαν βοηθητικό εργαλείο στην πραγματική κατάστρωση του ωρολογίου προγράμματος του τμήματος και να βοηθήσει στην βελτίωσή του στο βαθμό που μπορεί. Επίσης χαίρομαι ιδιαίτερα που το διάστημα της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας είχα την κατανόηση των συναδέλφων που εργάζονταν και αυτοί ταυτόχρονα στο λογισμικό της AMPL. Ο χρόνος που μου διαθέσανε ήταν πολύτιμος ως προς την ολοκλήρωσή της μέσα στο χρονοδιάγραμμα.

Ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου την Ευαγγελία για την συμπαράσταση και την αγάπη που μου έδειξε τα τελευταία χρόνια αποτελώντας ένα δυνατό ηθικό υποστηρικτή όχι μόνο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αλλά και κατά τα τελευταία δύσκολα 2 χρόνια. Επίσης ένα τεράστιο ευχαριστώ στον Χρήστο Μπότσικα που με τις γνώσεις του επάνω στην γλώσσα php συνείσφερε τα μέγιστα στη δημιουργία του πολύ όμορφου interface. Πραγματικά χωρίς αυτόν η εργασία ίσως να μην έφτανε ποτέ σε αυτήν την τελική της μορφή.

Όλο αυτό το διάστημα της εκπόνησης η συντροφιά και η στήριξη των φίλων μου ήταν σημαντική. Είτε από το τηλέφωνο, είτε μέσω internet είτε από κοντά βοήθησαν τα μέγιστα στο να βρω την όρεξη και το κουράγιο να εργαστώ όσο ήταν απαραίτητο για αυτή τη διπλωματική εργασία. Ευχαριστώ λοιπόν την Νάντια, τον Μάρκο, τον Γιάννη, τον Κωστή, τον Χρήστο και τον Διονύση για την ηθική υποστήριξή τους και τους εύχομαι τα καλύτερα στη ζωή τους.

Τέλος δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω την μητέρα μου, τον αδερφό μου και τον πατέρα μου για όλα όσα μου έχουν προσφέρει μέχρι τώρα και ελπίζω να τους έκανα να νιώσουν έστω και λίγο υπερήφανους.

Θωμάς Νάστος

**«Μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος κατάρτισης του ωρολογίου προγράμματος του τμήματος Μ.Μ.Β. με μεθόδους ακεραίου προγραμματισμού σε διαδικτυακό γραφικό περιβάλλον»**

ΝΑΣΤΟΣ ΘΩΜΑΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2006

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης, Λέκτορας

### **Περίληψη**

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί επέκταση της δουλειάς που έγινε από τον Βασίλειο Κουτρομπίνα για τη βελτιστοποίηση του ωρολογίου προγράμματος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας. Υιοθετήσαμε το αρχικό μοντέλο ακεραίου προγραμματισμού και το εξελίξαμε ώστε να μπορεί να έχει πρακτική εφαρμογή για την κάλυψη των αναγκών του τμήματος, δίνοντας τα επιθυμητά αποτελέσματα σε λογικούς χρόνους. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα αρχικό γραφικό interface για την εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων, όπως επίσης και για την επικαιροποίηση των σχετικών βάσεων δεδομένων. Έτσι, καταλήξαμε σε ένα ουσιαστικά λειτουργικό λογισμικό που με τις απαραίτητες ανθρώπινες παρεμβάσεις μπορεί να καταστρώσει ταχύτατα το ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας.

## Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....</b>	<b>7</b>
1.1.Κίνητρο και υπόβαθρο.....	7
1.2. Ιστορική Αναδρομή και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	9
1.3. Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας.....	14
<b>Κεφάλαιο 2 – Περιγραφή του Προβλήματος.....</b>	<b>15</b>
2.1. Παρουσίαση του TMMB και του Προγράμματος Σπουδών.....	15
2.2. Το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος και η μέχρι τώρα αντιμετώπισή του.....	16
2.3. Περιορισμοί.....	18
2.4. Συμπεράσματα και Προτάσεις Επίλυσης του Προβλήματος.....	20
<b>Κεφάλαιο 3 – Μορφοποίηση του Μαθηματικού Μοντέλου.....</b>	<b>21</b>
3.1. Ανάλυση Υπάρχοντος Μοντέλου.....	21
3.1.1. Γενικά Σχόλια.....	21
3.1.2. Αδυναμίες μοντέλου και δυσκολίες υλοποίησης.....	21
3.2. Τροποποιήσεις και Βελτίωση μοντέλου.....	22
3.2.1. Γενική Αναφορά.....	22
3.2.2. Ορισμοί Συνόλων, Παραμέτρων και Μεταβλητών.....	23
3.2.3. Μαθηματικό Μοντέλο.....	26
<b>Κεφάλαιο 4 – Επίλυση του Μαθηματικού Μοντέλου.....</b>	<b>31</b>
4.1. Η γλώσσα μαθηματικού προγραμματισμού AMPL και το λογισμικό CPLEX της ILOG.....	31
4.2. Μορφοποίηση προβλήματος σε γλώσσα AMPL.....	32
<b>Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα.....</b>	<b>37</b>
5.1. Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	37
5.1.1. Εισαγωγή.....	37
5.1.2. Περιγραφή Λύσης και Χρόνοι Επίλυσης.....	37
5.1.3. Υπολογιστική Εμπειρία.....	39
5.2. Συμπεράσματα.....	40
<b>Κεφάλαιο 6 – Δημιουργία γραφικού Interface και Βάσης Δεδομένων.....</b>	<b>42</b>
6.1. Εισαγωγή.....	42
6.2. Βάση Δεδομένων.....	43
6.3. Δημιουργία και Παρουσίαση του γραφικού Interface.....	47
<b>Κεφάλαιο 7 – Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας.....</b>	<b>58</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>61</b>
<b>Παράρτημα Ι – Πρόγραμμα Σπουδών .....</b>	<b>67</b>
<b>Παράρτημα ΙΙ – Δεδομένα &amp; Εντολές AMPL.....</b>	<b>70</b>
<b>Παράρτημα ΙΙΙ – Αποτελέσματα και Ωρολόγιο Πρόγραμμα .....</b>	<b>87</b>

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> - Εισαγωγή

Για την καλύτερη κατανόηση της διπλωματικής εργασίας, παραθέτουμε τα κίνητρα που μας ώθησαν να ασχοληθούμε με το συγκεκριμένο θέμα, όπως επίσης ιστορικά στοιχεία από τη σχετική βιβλιογραφία γύρω από το θέμα αυτό. Τέλος, θα περιγράψουμε συνοπτικά τη δομή της εργασίας αναλύοντας τις βασικές της ενότητες.

### 1.1. Κίνητρο και Υπόβαθρο

Η οργάνωση και η διαχείριση του χρόνου και των κάθε λογής περιορισμένων πόρων, είναι κάτι που προβληματίζει τόσο εμάς ως μέλη ενός κοινωνικού συνόλου, όσο και τους διάφορους οργανισμούς ή εταιρίες που δραστηριοποιούνται στην αγορά. Ιδιαίτερα στους διάφορους οργανισμούς αλλά και τις εταιρίες, ο σωστός προγραμματισμός και η διαχείριση των πόρων, και δη των ανθρώπινων, αποτελεί μια εργασία δύσκολη και επίπονη. Από αυτή εξαρτάται τόσο η αποτελεσματικότητα διαφόρων υπηρεσιών, όσο και το ποσοστό κέρδους ή κόστους που αναλογεί στο σύνολο κάποιων συγκεκριμένων και συνήθως σχετιζόμενων εργασιών.

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας, από τη πρωτοβάθμια μέχρι την ανώτατη τριτοβάθμια εκπαίδευση, αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα οργανισμών με ανάγκη προγραμματισμού και διαχείρισης πόρων. Κοινώς, επιβάλλεται στην κάθε περίπτωση η δημιουργία ενός ωρολογίου προγράμματος, όπου καθορίζεται η αντιστοιχία αιθουσών-τμημάτων-καθηγητών με τέτοιο τρόπο ώστε να πληρούνται κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Ως φοιτητής του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ήμουν αναγκασμένος να τηρώ ένα συγκεκριμένο ωρολόγιο πρόγραμμα, το οποίο, ως αποτέλεσμα καθαρά ανθρώπινης εργασίας, είχε διάφορες αδυναμίες. Αυτές οφείλονταν είτε στην αδυναμία σχεδιασμού και συνδυασμού πόρων, είτε σε άλλους εξωτερικούς παράγοντες, όπως η αδυναμία κάποιων διδασκόντων να τηρήσουν συγκεκριμένα ωράρια. Χαρακτηριστικό είναι ότι η κατάσταση του ωρολογίου προγράμματος γινόταν μέχρι τώρα από την Γραμματεία του τμήματος με βάση παλαιότερα προγράμματα σε συνδυασμό με τις προτιμήσεις αρκετών διδασκόντων. Κατά τα τελευταία έτη, υπάρχει η τάση στο τμήμα να παγιωθεί το ωρολόγιο πρόγραμμα σε μια μορφή που κρίνεται έως ένα



βαθμό ικανοποιητική. Βέβαια, ένας συστηματικός τρόπος κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος και ένα ποσοτικό μέτρο της ποιότητάς του δεν υπάρχει, ούτε βέβαια δυνατότητα να μετρήσουμε το πόσο ικανοποιούνται οι ανάγκες των φοιτητών στο τμήμα.

Όσον αφορά τη συμπεριφορά των φοιτητών, αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα είναι ότι οι φοιτητές χαλαρώνουν στα πρώτα χρόνια μετά τις πανελλήνιες εξετάσεις και αφήνουν αρκετά μαθήματα, με αποτέλεσμα στα μεγαλύτερα έτη να κουβαλάνε στις πλάτες τους μαθήματα των πρώτων ετών. Έτσι, όταν πλέον τα μαθήματα των διαφόρων ετών αρχίζουν να συμπίπτουν, ο φοιτητής ακόμα και αν το επιθυμεί δεν μπορεί να τα παρακολουθήσει. Φυσικά, είναι αδύνατο να δημιουργηθεί ωρολόγιο πρόγραμμα χωρίς καμία επικάλυψη μεταξύ των μαθημάτων, αλλά η γενική επιθυμία είναι είτε να ελαχιστοποιήσουμε αυτές τις επικαλύψεις, είτε να αποτρέψουμε επικαλύψεις μεταξύ συγκεκριμένων μαθημάτων.

Ως ένας από τους υπεύθυνους του Διοικητικού Συμβουλίων των φοιτητών για τη δημιουργία του προγράμματος των εξετάσεων, απέκτησα κάποια εμπειρία όσον αφορά την βαρύτητα των μαθημάτων και τη σημασία τους στην πορεία του φοιτητή μέχρι την ολοκλήρωση των σπουδών του. Έτσι, όταν μου προτάθηκε η ιδέα της υλοποίησης ενός λογισμικού timetabling, δηλαδή η δημιουργία ενός εργαλείου για την κατάρτιση του ωρολογίου προγράμματος, μου φάνηκε σαν μια πολύ καλή ιδέα.

Βασικές γνώσεις που χρειαζόνταν για την εκπόνηση αυτή της διπλωματικής εργασίας δεν ήταν άλλες από γνώσεις ακεραίου προγραμματισμού, γνώση γλώσσας μαθηματικού προγραμματισμούAMPL και γνώσεις γλώσσας PHP για τη δημιουργία του interface.

## 1.2. Ιστορική Αναδρομή και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η κατάρτιση **ωρολογίων προγραμμάτων (timetabling)** εντάσσεται στη γενικότερη κατηγορία προβλημάτων που είναι γνωστά ως προβλήματα **χρονοδρομολόγησης (scheduling)** στο ευρύτερο ερευνητικό πεδίο της Επιχειρησιακής Έρευνας (Operational Research). Ένα πρόβλημα χρονοδρομολόγησης έχει γενικά σαν σκοπό να προγραμματίσει μέσα στο χρόνο ένα σύνολο από δραστηριότητες με τρόπο τέτοιο που να εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα του συνόλου των πόρων που αυτές οι δραστηριότητες απαιτούν για την υλοποίησή τους. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα της κατάρτισης ωρολογίου προγράμματος μπορεί να περιγραφεί ως «ένα πρόβλημα αντιστοίχισης ενός συνόλου ανθρώπινων ή υλικών πόρων, με ένα πεπερασμένο αριθμό χρονικών και χωρικών θέσεων υπό συγκεκριμένους περιορισμούς, έχοντας ως βασική προϋπόθεση την όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη ικανοποίηση κάποιων δεδομένων στόχων» (Wren, 1996). Ο τομέας του εκπαιδευτικού χρονοπρογραμματισμού (Educational Timetabling) που μας αφορά χωρίζεται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες όπως τις ανέπτυξε ο D. de Werra το 1985, οι οποίες είναι οι εξής:

- Δημιουργία ωρολογίου προγράμματος σε σχολεία (school timetabling)
- Δημιουργία ωρολογίου προγράμματος σε ακαδημαϊκά τμήματα (university timetabling)
- Δημιουργία προγράμματος εξετάσεων (exam timetabling)

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, όπου ουσιαστικά κάθε τμήμα είναι μια ομάδα μαθητών που βρίσκεται συνεχώς σε μια αίθουσα και συνήθως διδάσκεται από έναν καθηγητή χωρίς επιλογές άλλων μαθημάτων και καθηγητών.

Η δεύτερη κατηγορία, η οποία και θα μας απασχολήσει, περιλαμβάνει το σύνολο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης όπου οι φοιτητές πλέον έχουν μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή των μαθημάτων. Επίσης, η ιδιαιτερότητα εδώ είναι ότι οι ομάδες των φοιτητών δεν είναι πάντα ίδιες και τα μαθήματα διδάσκονται από διαφορετικούς καθηγητές, με αποτέλεσμα η δημιουργία του επιθυμητού προγράμματος να παρουσιάζει αυξημένη δυσκολία.

Τέλος, η δημιουργία του προγράμματος των εξετάσεων οποιουδήποτε τμήματος προσπαθεί, μεταξύ άλλων, να εκμηδενίσει το φαινόμενο φοιτητές να εξετάζονται την ίδια ώρα σε δύο ή περισσότερα μαθήματα, αλλά και να μεγαλώσει όσο γίνεται τις αποστάσεις μεταξύ τους, τοποθετώντας τα εξεταστέα μαθήματα όσο πιο αραιά γίνεται στο πρόγραμμα.

Βέβαια, υπάρχουν κάποιες ειδικές περιπτώσεις όπου σε κάποια σχολεία δίνονται πολλαπλές επιλογές στους μαθητές όσον αφορά τα μαθήματα και τους καθηγητές, με αποτέλεσμα το πρόβλημα να πλησιάζει τον προγραμματισμό ενός πανεπιστημιακού τμήματος. Αυτό συμβαίνει σε ελάχιστο αριθμό σχολείων και δεν μπορεί να επηρεάσει δραστικά αυτήν την κατηγοριοποίηση.

Το εύρος αυτών των προβλημάτων λοιπόν περιλαμβάνει τη δημιουργία των ωρολογίων προγραμμάτων είτε σε εξαμηνιαία είτε σε ετήσια βάση τόσο για πανεπιστήμια όσο και για σχολεία ή κολλέγια, όπως επίσης και τη δημιουργία προγράμματος εξετάσεων στο τέλος αυτών των περιόδων. Παλαιότερα, όλες αυτές οι δραστηριότητες πραγματοποιούνταν στο χέρι και λόγω του μεγάλου χρόνου που αυτή η διαδικασία απαιτούσε το πρόγραμμα που προέκυπτε παρέμενε σταθερό για πολλά χρόνια με πολύ μικρές μόνο αλλαγές για τη βελτιστοποίησή του σε κάθε εξάμηνο. Όπως ήταν φυσικό όμως, η φύση της εκπαίδευσης άλλαξε ριζικά τα τελευταία χρόνια και οι απαιτήσεις στον χρονοπρογραμματισμό έγιναν σαφώς μεγαλύτερες.

Η προσπάθεια συστηματικού τρόπου μελέτης των προβλημάτων αυτών, δηλαδή μιας κάποιας αυτοματοποίησης της όλης διαδικασίας, ξεκίνησε σχεδόν 40 χρόνια πριν και στο διάστημα αυτό πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί και παρουσιαστεί σε συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά και βιβλία. Οι πρώτες τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν βασίζονταν στην προσομοίωση του ανθρώπινου τρόπου επίλυσης. Αυτές περιλάμβαναν κατά κανόνα ειδικές ευρεστικές μεθόδους (direct heuristics). Αυτές οι μέθοδοι όριζαν ένα ένα τα μαθήματα με βάση το ποιο είναι πιο αυστηρά καθοριζόμενο (π.χ. εάν κάποιος μπορούσε να γίνει μόνο ένα δάωρο, οριζόταν πρώτο σε εκείνο το δάωρο) και συνέχιζαν με τα υπόλοιπα. Πολλοί τέτοιοι αλγόριθμοι αναπτύχθηκαν μέχρι το 1979 και παρουσιάζονται από τους Schmidt and Strohlein (1979).

Το επόμενο βήμα ήταν να βρεθούν πιο αυτοματοποιημένες τεχνικές από την περιοχή του ακέραιου και γραμμικού προγραμματισμού (integer and linear programming), του χρωματισμού γραφημάτων (graph coloring) και της ροή δικτύων (network flow). Οι πρώτες δημοσιεύσεις σε τέτοιες μεθόδους έγιναν το 1955 και το

1959 από τους Kuhn και Haynes αντίστοιχα, εξετάζοντας ο ένας την μαθηματική προσέγγιση στο πρόβλημα, ενώ ο άλλος μια πιο πρακτική. Κατά την δεκαετία του '60 η ανάπτυξη, έστω και σε πρώιμο στάδιο, των ηλεκτρονικών υπολογιστών είχε ως αποτέλεσμα την χρήση τους στην εκτέλεση πολύπλοκων αριθμητικών πράξεων ή αριθμητικά πολύπλοκων υπολογισμών (number crunching) . Έτσι, βρίσκουμε εργασίες όπως των Appleby, Blake and Newman (1961) ως «πρωτόγονες εργασίες πάνω στο θέμα μας με κάποιες ευρεστικές παραμέτρους.

Οι πρώτες μη ευρεστικές προσεγγίσεις αναπτύχθηκαν το 1963 από τον Gottlieb και μελετήθηκαν διεξοδικότερα από τους Berguis, Van der Heiden and Becker (1964) και Csima (1965). Τότε βρέθηκε και η σχέση μεταξύ του χρονοπρογραμματισμού με τον χρωματισμό πινάκων που αποτέλεσε τη βάση για την υιοθέτηση του χρωματισμού γραφημάτων ως μέθοδο επίλυσης του προβλήματος. Σε αυτό το πεδίο υπήρξε εκτενής έρευνα ειδικά από τον D de Werra το διάστημα 1970-1975 αλλά και από τους Early (1968), McDiarmid (1972) κ.ά. Μια αρκετά ικανοποιητική λύση δίνει ο D de Werra το 1985, ενώ με το ίδιο θέμα ασχολήθηκε αργότερα, το 1988, ο Selim.

Στις αρχές της δεκαετίας του '70 εμφανίζονται τα πρώτα μοντέλα ακέραιου προγραμματισμού από τον Lawrie το 1969 για τον χρονοπρογραμματισμό σε σχολεία και από τον Akkoyunlu το 1973 για πανεπιστήμια. Το 1972 ο Junginger χρησιμοποίησε ένα τρισδιάστατο σύστημα επίλυσης προβλημάτων μεταφοράς ως μέσο επίλυσης του προβλήματος. Δυστυχώς η πολυπλοκότητα των προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού δημιούργησε πολλά προβλήματα κατά την χρήση του ως εργαλείο επίλυσης από τους τότε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ακόμα και για προβλήματα μικρού μεγέθους. Έτσι με την αύξηση της υπολογιστικής ισχύς υπήρξαν διάφορες δημοσιεύσεις τη δεκαετία του '80 (Tripathy 1984, Ferland and Roy 1985 etc) αλλά και τη δεκαετία του '90 με τους Tripathy το 1992, Lawrence M. Bezeau (1993) , Birbas, Daskalaki and Housos το 1997 , Omer S. Benli, A. Reha Botsali το 2004 αλλά και άλλες εργασίες της ομάδας της Daskalaki το 2001, το 2004 και το 2005. Ειδικά τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη εξειδικευμένων αλγορίθμων επίλυσης, πολλοί ερευνητές έβγαλαν από τα συρτάρια τους τη θεωρία του ακέραιου προγραμματισμού (χαρακτηριστική η εργασία του Hassani το 2006) και πλέον θεωρείται εξίσου ποιοτικός τρόπος λύσης με τις νεότερες μεθόδους που θα δούμε στη συνέχεια. Με αυτήν την ερευνητική περιοχή θα ασχοληθούμε και στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στους χαρακτηριζόμενους ως άπληστους αλγόριθμους (greedy algorithms) και στις λεγόμενες τοπικές μεθόδους αναζήτησης, όπως είναι η αναζήτηση προσομοιωμένης ανόπτωσης (simulated annealing), η αναζήτηση με απαγορευμένες λίστες (tabu search) και οι γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms). Όλες αυτές οι μέθοδοι αποτελούν κομμάτια της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence), και συνεισέφεραν τα μέγιστα (ιδιαίτερα οι γενετικοί αλγόριθμοι) στην επίλυση του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι μια υπολογιστική μέθοδος η οποία αναζητά καλές λύσεις σε ένα πρόβλημα μέσα από ένα μεγάλο αριθμό πιθανών λύσεων. Χρησιμοποιεί εξελικτικούς μηχανισμούς που βασίζονται στη γενετική, όπως είναι η φυσική επιλογή και η αναπαραγωγή (όταν δύο γονείς συμβάλλουν στη δημιουργία ενός απογόνου). Μέσω αυτών των μηχανισμών και περνώντας το πλήθος των λύσεων από γενιά σε γενιά, οι κακές λύσεις τείνουν να πεθάνουν ενώ οι καλές λύσεις συνδυάζονται ώστε να παράγουν ακόμα καλύτερες.

Ο Abramson το 1991 χρησιμοποίησε την προσομοιωμένη ανόπτωση σαν τεχνική βελτιστοποίησης, χρησιμοποιώντας παράγοντες κόστους για να περιγράψει δύσκολους περιορισμούς που μπορούσαν να εμφανιστούν σε κάποιες σχολές. Επίσης, περιέγραψε πώς λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα κόστη μπορούμε κάποιους περιορισμούς να τους κάνουμε σημαντικότερους από κάποιους άλλους. Στην ίδια περιοχή συνέχισαν οι Cooper and Kingston (1993), Costa (1994) και Tsang, Mills, Williams, Ford & Borrett (1999) περιγράφοντας κυρίως την σημασία των περιορισμών και της ικανοποίησης αυτών των περιορισμών στην επίλυση του προβλήματος.

Τεχνικές απαγορευμένων λιστών (tabu search techniques) χρησιμοποιήθηκαν από τον Hertz (1991, 1992), ο οποίος ουσιαστικά όρισε μια αρχική λύση και με ευρεστικές μεθόδους έψαξε για γειτονικές μέχρι να βρει την πιο «ελπιδοφόρα» ελέγχοντας τους περιορισμούς. Οι τεχνικές αυτές ξεκίνησαν τις δεκαετίες του 60 και 70 αλλά τα πρώτα δείγματα εμφανίστηκαν με τις εργασίες του Glover το 1986, το 1993 και το 1997 και υιοθετήθηκαν από πολλούς άλλους. Θεωρούνται meta-heuristic μέθοδοι και αναπτύχθηκαν πολύ τα τελευταία χρόνια ενώ πάρα πολλά παραδείγματα μπορούν να βρεθούν στα τέσσερα βιβλία “Practice and Theory of Automated Timetabling” των Burke & Ross 1996, Burke & Carter 1998, Burke and Erben 2004 και Burke & De Causmaecker 2003).

Τελευταία μέθοδος επίλυσης του προβλήματος του ωρολογίου προγράμματος είναι η χρησιμοποίηση συλλογιστικών μεθόδων βασισμένων σε περιορισμούς (constraint based reasoning). Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ο προγραμματισμός με βάση την ικανοποίηση των περιορισμών (Constraint Satisfaction Programming CSP) όπου βρίσκουμε ένα συνδυασμό τιμών για συγκεκριμένες μεταβλητές που ισχύουν για τους δοσμένους περιορισμούς. Διάφορα παραδείγματα βρίσκουμε στους Swee-Chuan Tan (2003), Slim Abdennadher, Michael Marte (1998) Safai Deris, Sigeru Omatu and Hiroshi Ohta (2000) κά.. Υπάρχουν βέβαια και νεότερες προσεγγίσεις που λαμβάνουν υπόψη παλαιότερες λύσεις σαν δομικά στοιχεία για να κατασκευάσουν καινούριες. Αυτές είναι και οι μέθοδοι που μελετώνται περισσότερο από τους ερευνητές και αναφερόμαστε σε αυτές ως case-based reasoning approaches. Παραδείγματά τους υπάρχουν στις εργασίες των Burke and Petrovic το 2000 και το 2002. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν πάμπολες περιπτώσεις όπου οι παραπάνω μέθοδοι συνδυάζονται με ιδιαίτερα επιτυχημένα αποτελέσματα. Επίσης, σε διάφορες περιπτώσεις όπως το manual του Jeffrey H. Kingston (1999) αναπτύχθηκαν μέχρι και ολόκληρες γλώσσες προγραμματισμού που λύνουν προβλήματα χρονοπρογραμματισμού (timetabling) ή απλά interfaces (Chahal and D. de Werra, 1989), Piechowiak, Ma and Mandiau (2005).

Διάφορες μελέτες επάνω στις μεθόδους χρονοπρογραμματισμού μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία για περαιτέρω μελέτη (de Werra 1985), (Carter 1986), (Carter and Laporte 1996), (Badadym 1996), (Burke et al., 1997), (Carter and Laporte 1997), (Schaerf 1999), (Burke and Petrovic 2002). Επίσης, πολλά πραγματικά προβλήματα έχουν συλλεχθεί και χρησιμοποιούνται ως benchmark problems, δηλαδή κάθε νέα μέθοδος δοκιμάζεται σε αυτά τα προβλήματα για να διακρίνουμε την ποιότητά της. Ακόμα και σήμερα πάντως δεν έχει βρεθεί ένας κοινά αποδεκτός τρόπος επίλυσης όλων των προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί τα δεδομένα και οι συνθήκες των προβλημάτων αυτών αλλάζουν δραματικά από περίπτωση σε περίπτωση, με αποτέλεσμα να χρειάζονται πάντα παρεμβάσεις σε ήδη υπάρχουσες μεθόδους ή δημιουργία νέων. Πολλοί πιστεύουν ότι τελικά η καλύτερη λύση είναι ένας συνδυασμός χειροκίνητων εργασιών σε συνάρτηση με μια αυτοματοποιημένη μέθοδο εύρεσης λύσης, σίγουρα πάντως η ανθρώπινη παρέμβαση παίζει καταλυτικό ρόλο και θα συνεχίζει να παίζει για πολύ καιρό ακόμα.

### 1.3. Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας

Το κύριο μέρος αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε 4 μεγάλες θεματικές ενότητες. Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφουμε το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος, όπως αυτό εμφανίζεται στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μαζί με λεπτομερή στοιχεία του προγράμματος σπουδών, ενώ στο Κεφάλαιο 3 περιγράφουμε το υπάρχον μαθηματικό μοντέλο και προτείνουμε τρόπους βελτίωσής του, ώστε να πλησιάσει περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες και ανάγκες του τμήματος.

Στο Κεφάλαιο 4, και ενώ κάνουμε μια σύντομη περιγραφή του λογισμικού που θα χρησιμοποιήσουμε, επιλύουμε το βελτιωμένο μοντέλο και παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αποτελέσματά μας στο Κεφάλαιο 5. Συγκεκριμένα, εμφανίζουμε αριθμητικά στοιχεία όσον αφορά κυρίως τον χρόνο που θα χρειαστεί ένας Ηλεκτρονικός Υπολογιστής να μας δώσει την επιθυμητή λύση σε σχέση με πραγματικά δεδομένα, ώστε να καταλάβουμε τις πραγματικές δυνατότητες του μοντέλου μας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 δοκιμάζουμε να φτιάξουμε ένα, αρκετά προκαταρκτικό αλλά ταυτόχρονα πολύ πρακτικό, interface που όπως θα δούμε αποτέλεσε χρήσιμο εργαλείο κατά τις δοκιμές του μοντέλου. Μη ξεχνάμε ότι το interface αυτό είναι επίσης απαραίτητο σε περίπτωση υιοθέτησης του μαθηματικού μοντέλου μας από το τμήμα για την κατάστρωση του ωρολογίου προγράμματος.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> - Περιγραφή του Προβλήματος

### 2.1. Παρουσίαση του ΤΜΜΒ και του Προγράμματος Σπουδών

Το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας αποτελεί τμήμα της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ως Πολυτεχνική σχολή είναι πενταετούς φοίτησης, με ένα κλασσικό πρόγραμμα σπουδών Μηχανολόγου Μηχανικού (Mechanical Engineering), έχοντας παράλληλα μια κλίση στον βιομηχανικό τομέα (Industrial Engineering).

Οι σπουδές λοιπόν στο τμήμα περιλαμβάνουν 53 μαθήματα, από τα οποία 2 είναι τα υποχρεωτικά μαθήματα ξένης γλώσσας. Από τα υπόλοιπα 51 μαθήματα, τα 42 είναι Υποχρεωτικά (Υ) για κάθε φοιτητή του τμήματος και τα υπόλοιπα 9 είναι είτε Υποχρεωτικά μαθήματα (ΥΚ) του εκάστοτε τομέα που θα επιλέξει ο φοιτητής, είτε μαθήματα επιλογής (Ε). Όλα τα μαθήματα έχουν ενιαίο συντελεστή βαρύτητας και διδάσκονται στη πλειοψηφία τους δυο φορές την εβδομάδα από ένα δώρο την κάθε φορά.

Η οργάνωση του Προγράμματος Σπουδών έχει διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε στα πρώτα 5 εξάμηνα να παρέχονται οι απαραίτητες βασικές γνώσεις που χρειάζεται ένας μηχανολόγος μηχανικός, με ένα σύνολο υποχρεωτικών μαθημάτων. Υπάρχει επίσης μια λογική σειρά με τη μορφή άτυπων αλυσίδων ώστε ο συσχετισμός των μαθημάτων του κάθε εξαμήνου να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος. Στο 6<sup>ο</sup> εξάμηνο των σπουδών του ο φοιτητής πρέπει να επιλέξει ανάμεσα από τις Τρεις κατευθύνσεις σπουδών που προσφέρει το τμήμα και να παρακολουθήσει ανάλογα εξειδικευμένα μαθήματα της κάθε κατεύθυνσης. Οι κατευθύνσεις αυτές είναι οι εξής:

*K1: Ενέργεια, Βιομηχανικές Διεργασίες & Τεχνολογία Αντιρρύπανσης*

*K2: Μηχανική, Υλικά & Κατεργασίες*

*K3: Οργάνωση Παραγωγής & Βιομηχανικής Διοίκησης*

Ανάλογα με το ποια κατεύθυνση θα επιλέξει ο φοιτητής, υποχρεούνται να εξεταστεί επιτυχώς σε 4 ή 5 μαθήματα. Τα υπόλοιπα 5 ή 4 αντίστοιχα, δύνανται να επιλεγούν, είτε από τον κατάλογο μαθημάτων επιλογής που προσφέρει η κάθε κατεύθυνση, είτε από τα υποχρεωτικά μαθήματα των υπολοίπων κατευθύνσεων από



αυτήν που τελικά επέλεξε ο φοιτητής. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής δυο μαθημάτων επιλογής από το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του τμήματος ή ενός μαθήματος επιλογής από τα προγράμματα σπουδών των άλλων τμημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας του φοιτητή σε ένα συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο που κατά κανόνα γίνεται στο τελευταίο (10<sup>ο</sup>) εξάμηνο φοίτησης στο τμήμα. Τα μαθήματα που προσφέρει το τμήμα στο Πρόγραμμα Σπουδών παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Ι.

## 2.2. Το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος και η μέχρι τώρα αντιμετώπισή του στο ΤΜΜΒ

Η έλλειψη συστηματικού τρόπου κατάστρωσης ωρολογίου προγράμματος είναι κάτι που χαρακτηρίζει την πλειοψηφία των ακαδημαϊκών τμημάτων της χώρας. Σε αυτή καθαυτή την έλλειψη οφείλεται και το χάος που δημιουργείται στα μεγαλύτερα ιδρύματα, αφού ο προγραμματισμός πλήθους εργασιών (tasks) που αντιστοιχούν σε εξίσου μεγάλο αριθμό πόρων (resources) είναι μια ιδιαίτερος χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία που ο ανθρώπινος παράγοντας δεν μπορεί από μόνος του να επιλύσει. Στις περισσότερες των περιπτώσεων δε, γίνεται ουσιαστικά αδύνατη η σωστή ανάθεσή τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία χαμηλής ποιότητας προγράμματος.

Το ΤΜΜΒ ως μικρό, σχετικά, τμήμα βίωσε το πρόβλημα της κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος πολλές φορές τα τελευταία χρόνια, σίγουρα όμως όχι σε τέτοιο βαθμό που να αποτελέσει καίριο ζήτημα. Παρόλα αυτά, συζητήθηκε εκτενώς τόσο στην Γενική Συνέλευση του τμήματος όσο και σε ημερίδες αφιερωμένες στο θέμα αυτό με την κοινή διαπίστωση, και από το μέρος των φοιτητών και από το μέρος των καθηγητών, ότι υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης. Επίσης, σε αυτές τις συζητήσεις τέθηκαν συγκεκριμένα ζητήματα και προτάσεις, όπως επίσης και κάποιοι βασικοί κανόνες δημιουργίας του προγράμματος που θα αποτελέσουν και στη δική μας περίπτωση απτούς περιορισμούς και βασικές κατευθύνσεις.

Έτσι, αναγνωρίστηκε η ανάγκη ύπαρξης συγκεκριμένου διαστήματος μεταξύ των δυο δώρων του εκάστοτε μαθήματος. Αυτό το διάστημα περιορίστηκε στη χειρότερη των περιπτώσεων στην μια εργάσιμη ημέρα, και επιπλέον αναφέρθηκε η ανάγκη συμπλήρωσης κατά προτεραιότητα των πρωινών ωρών με μαθήματα σε σχέση με τις απογευματινές. Ως σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να αποφεύγεται, αναγνωρίστηκε η διδασκαλία των δυο δώρων ενός μαθήματος την ίδια ημέρα, πράγμα που συμβαίνει πολλές φορές σε περιπτώσεις επισκεπτών διδασκόντων 407. Συγκεκριμένα, πολλές φορές η ύπαρξη διαφόρων περιορισμών από πλευράς διδασκόντων 407 δημιουργεί την ανάγκη προσαρμογής του προγράμματος στις δυνατότητες (ή επιθυμίες) του εκάστοτε επιλεγμένου υποψηφίου. Έτσι, όταν ο διδάσκων μπορεί να βρίσκεται στο πανεπιστήμιο μόνο μια ημέρα την εβδομάδα, αναγκαστικά και τα δυο δώρα του μαθήματος που διδάσκει θα πρέπει να πραγματοποιηθούν την ίδια αυτή ημέρα. Παρόλο δηλαδή που υπάρχει διάθεση από το τμήμα ώστε το πρόβλημα αυτό να εκλείψει, πρακτικοί λόγοι το επαναφέρουν κάθε χρόνο στην επιφάνεια.

Από πλευράς των φοιτητών, τα βασικότερα προβλήματα είναι δύο. Το πρώτο είναι η διδασκαλία κατά το ίδιο δώρο της ίδιας ημέρα δύο ή περισσότερων μαθημάτων διαφορετικών εξαμήνων με μεγάλο αριθμό δηλωθέντων φοιτητών. Κοινώς, υπάρχουν μαθήματα αυξημένης δυσκολίας που το ποσοστό επιτυχούς εξέτασης των φοιτητών είναι μικρό, πράγμα που σημαίνει ότι οι φοιτητές που απέτυχαν οφείλουν να το παρακολουθήσουν σε επόμενο εξάμηνο. Στο μεγαλύτερο αυτό εξάμηνο όμως, πολλές φορές, ένα καινούριο μάθημα αυξημένης δυσκολίας συμπίπτει σε ώρα διδασκαλίας με το προηγούμενο. Όπως είναι φυσικό, ο φοιτητής που επιθυμεί να τα παρακολουθήσει και τα δυο δεν έχει πλέον αυτή τη δυνατότητα με αποτέλεσμα κάποια μαθήματα, που συνήθως είναι και τα δυσκολότερα, να συσσωρεύονται στα μεγαλύτερα εξάμηνα φοίτησης και πολλές φορές να παραμένουν μέχρι το τελευταίο έτος και να αποτελούν τροχοπέδη στην προσπάθεια έγκαιρης αποφοίτησης.

Το δεύτερο μεγάλο πρόβλημα των φοιτητών είναι τα κενά δώρα μεταξύ των μαθημάτων. Αυτό είναι λογικό εάν σκεφτούμε ότι το Πανεπιστήμιο στεγάζεται σε χώρο εκτός πόλεως όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούν συνήθως κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς για τη μετακίνησή τους. Η ανάγκη λοιπόν να συγκεντρώσουμε τα μαθήματα της κάθε ημέρας σε συνεχόμενες παραδόσεις είναι επιτακτική και ευτυχώς έχουν γίνει ήδη βήματα προόδου στο θέμα αυτό. Φυσικά, μετά το 6<sup>ο</sup> εξάμηνο υπάρχει

αντικειμενική δυσκολία μιας και ο κάθε φοιτητής επιλέγει τα μαθήματα επιλογής που επιθυμεί, οπότε η επίτευξη του στόχου για κάθε φοιτητή κρίνεται αδύνατη.

Η μέχρι τώρα αντιμετώπιση του προβλήματος όπως αυτό αναφέρθηκε είναι η συνηθισμένη, δηλαδή οι μόνιμοι διδάσκοντες, μέλη ΔΕΠ, επιλέγουν τις επιθυμητές ώρες για τα μαθήματα που διδάσκουν, οι διδάσκοντες 407 δηλώνουν τις μέρες που μπορούν να βρίσκονται στο τμήμα και η Γραμματεία του τμήματος με τη βοήθεια του Προέδρου του τμήματος ή κάποιας ειδικής επιτροπής συμπληρώνει το ωρολόγιο πρόγραμμα με τα υπόλοιπα μαθήματα. Σε αυτή την προσπάθεια, οδηγός είναι πάντα τα ωρολόγια προγράμματα προηγούμενων ετών που κρίθηκαν ως ικανοποιητικά εκ του αποτελέσματός τους. Δηλαδή, η κατάστρωση του προγράμματος γίνεται κυρίως εμπειρικά χωρίς κάποιον ειδικά μελετημένο και αυτοματοποιημένο τρόπο.

### 2.3. Περιορισμοί

Κατά κανόνα, τα προβλήματα χρονικού προγραμματισμού και ανάθεσης πόρων περιλαμβάνουν, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, περιορισμούς δύο ειδών, τους βασικούς (hard constrains) και τους δευτερεύοντες (soft constrains). Συγκεκριμένα, στο πρόβλημα μας οι βασικοί περιορισμοί που πρέπει οπωσδήποτε να εκπληρωθούν είναι οι εξής:

- Ένας διδάσκων δεν μπορεί να διδάσκει περισσότερα από ένα μαθήματα σε οποιοδήποτε δώρο
- Σε οποιοδήποτε δώρο δε μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα μαθήματα από τον αριθμό των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας
- Κάθε μάθημα πρέπει να διδάσκεται δύο δώρα την εβδομάδα
- Σε οποιοδήποτε δώρο δεν μπορούν να διδάσκονται περισσότερα από ένα υποχρεωτικά μαθήματα ή μαθήματα υποχρεωτικά ή επιλογής της ίδιας κατεύθυνσης του ίδιου εξαμήνου φοίτησης.
- Σε κάθε μάθημα, τα δυο δώρα διδασκαλίας πρέπει να απέχουν μεταξύ τους διάστημα μεγαλύτερο της μιας ημέρας. (η περίπτωση Παρασκευή-Δευτέρα είναι αποδεκτή λόγω του Σαββατοκύριακου που μεσολαβεί).
- Μαθήματα που έχουν δηλωθεί ως αυξημένης δυσκολίας από διαφορετικά εξάμηνα δεν επιτρέπεται να διδάσκονται το ίδιο δώρο.

- Δε διδάσκονται μαθήματα το διάστημα 13:00-14:00 για διευκόλυνση των φοιτητών λόγω του μεσημεριανού γεύματος.(μετακίνηση μέχρι τη φοιτητική λέσχη, κ.ά.)

Οι δευτερεύοντες περιορισμοί, αν και δεν είναι αυστηροί, είναι απαραίτητοι για τη σωστή λειτουργία του τμήματος (όπως επίσης για την διατήρηση παλαιότερων συνηθειών). Αυτοί είναι κυρίως η μη διδασκαλία των μελών ΔΕΠ την Τετάρτη το πρωί λόγω της Γενικής Συνέλευσης του τμήματος που συμβαίνει μια φορά κάθε μήνα και η ελάχιστη διδασκαλία μαθημάτων την Παρασκευή το απόγευμα (προς διευκόλυνση φοιτητών που προέρχονται από μακρινές περιοχές και πιθανόν να επιθυμούν να τις επισκεφθούν το σαββατοκύριακο για προσωπικούς ή άλλους λόγους).

Επίσης, ένας σημαντικός περιορισμός κατά την προσωπική μας εκτίμηση, που θα βελτιώνε κατά πολύ την ποιότητα του παραγόμενου ωρολογίου προγράμματος είναι ο περιορισμός να μη μπορούν να διδάσκονται περισσότερα από ένα μαθήματα της ίδιας κατεύθυνσης είτε υποχρεωτικά είτε επιλογής το ίδιο δίωρο, ακόμα και αν τα μαθήματα βρίσκονται σε διαφορετικά εξάμηνα φοίτησης. Έτσι, οι φοιτητές θα μπορούν να επιλέγουν ελεύθερα τα μαθήματα του τομέα χωρίς να υπάρχει η περίπτωση να συμπέσουν μεταξύ τους σε όποιο εξάμηνο και αν βρίσκονται (προφανώς αναφερόμαστε στα εξάμηνα όπου ο φοιτητής έχει επιλέξει κατεύθυνση, δηλαδή από το 6<sup>ο</sup> και άνω).

## 2.4. Συμπεράσματα και Προτάσεις Επίλυσης του προβλήματος

Όπως ήδη περιγράψαμε στα προηγούμενα, η εμπειρική δημιουργία του ωρολογίου προγράμματος παρότι έχει φτάσει σε επίπεδα ικανοποιητικά δεν αποτελεί την βέλτιστη επιλογή για έναν οργανισμό, πόσο μάλλον για ένα τμήμα και μάλλον πανεπιστημιακό. Ο παραδοσιακός τρόπος κατάστροφής του και η ικανοποίηση των επιθυμιών των καθηγητών έχουν δημιουργήσει μια πεπατημένη οδό που για να αλλάξει χρειάζεται σθένος και συγκαταβατικότητα κυρίως από τους διδάσκοντες. Είναι κατανοητό ότι απαιτεί προσπάθεια για να αλλάξεις την ώρα παράδοσης ενός μαθήματος που γίνεται την ίδια ώρα και ημέρα τα τελευταία 6 ή 8 χρόνια, πόσο μάλλον να δημιουργήσεις ένα πρόγραμμα από την αρχή, αλλάζοντας τις συνήθειες κάποιων δεκάδων ανθρώπων.

Έχοντας λοιπόν κατά νου την ελάχιστη δυνατή αλλαγή στο υπάρχον πρόγραμμα αλλά και την αυστηρή ικανοποίηση κοινά αποδεκτών περιορισμών ποιότητας, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα εξειδικευμένο λογισμικό που θα κατασκευάζει και θα παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο ωρολόγιο πρόγραμμα για το τμήμα. Η πρόταση που κάνουμε λοιπόν είναι σε αυτή την κατεύθυνση, πράγμα που όπως έχουμε ήδη αναφέρει αποτελεί παγκοσμίως κοινό προσανατολισμό των περισσότερων ακαδημαϊκών οργανισμών χωρίς κοινά αποδεκτή λύση. Για το λόγο αυτό θα δημιουργήσουμε το απαιτούμενο μαθηματικό μοντέλο που θα επιλύει το επιθυμητό πρόβλημα στο καλύτερο δυνατό βαθμό και με την μεγαλύτερη δυνατή ευελιξία. Τα αποτελέσματά του θα δίνονται με ξεκάθαρο και αναλυτικό τρόπο και θα μπορούμε γρήγορα και άμεσα να παίρνουμε μέχρι και πολλά εναλλακτικά προγράμματα, δίνοντας τη δυνατότητα περαιτέρω επιλογής.

Ο αντικειμενικός σκοπός του προβλήματος είναι να ικανοποιούνται όσο το δυνατόν καλύτερα οι προτιμήσεις των διδασκόντων για τις ημέρες και ώρες που επιθυμούν να διδάξουν, αλλά ταυτόχρονα να ικανοποιούνται και οι επιθυμίες των φοιτητών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα υπολογίσουμε στο ακέραιο τις επιθυμίες των διδασκόντων και θα αναφέρουμε λεπτομερή τρόπο υπολογισμού των επιθυμιών των φοιτητών, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό λόγω αδυναμιών συγκέντρωσης των απαραίτητων στοιχείων και της μηχανογράφησης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> - Μορφοποίηση του Μαθηματικού Μοντέλου

### 3.1. Ανάλυση Υπάρχοντος Μοντέλου

#### **3.1.1. Γενικά Σχόλια**

Είχαμε την τύχη στην παρούσα διπλωματική εργασία να μην ξεκινήσουμε από το μηδέν στη δημιουργία του επιθυμητού μοντέλου, αλλά να συνεχίσουμε την προσπάθεια που ξεκίνησε ο συνάδελφος και φίλος Βασίλης Κουτρομπίνας. Το υπάρχον μοντέλο μορφοποιήθηκε ως ένα πρόβλημα ακεραίου προγραμματισμού. Σχηματίστηκε μια αντικειμενική συνάρτηση κέρδους και ορίστηκαν περιορισμοί σύμφωνα με τους οποίους αυτή λειτουργεί, με σκοπό την επίτευξη εφικτής και βέλτιστης λύσης. Ο παράγοντας κέρδους στην αντικειμενική μας συνάρτηση δεν είναι τίποτα άλλο από ένας πίνακας, όπου ο κάθε καθηγητής σημειώνει τιμές (3 ή 1 για το αν επιθυμεί ή όχι να διδάξει το συγκεκριμένο δίωρο μιας συγκεκριμένης ημέρας). Έτσι, το μοντέλο προσπαθεί να βελτιστοποιήσει την τιμή αυτού του παράγοντα κέρδους, ικανοποιώντας όσο το δυνατόν περισσότερο τις επιθυμίες των διδασκόντων, πληρώντας βέβαια αυστηρά τα κριτήρια των περιορισμών όπως τα έχουμε ήδη σε γενικές γραμμές ορίσει.

#### **3.1.2. Αδυναμίες μοντέλου και δυσκολίες υλοποίησης**

Στο προηγούμενο μοντέλο ορίστηκαν βασικά σύνολα, παράμετροι και μεταβλητές που απαιτούνται στη μορφοποίηση του μοντέλου και δημιουργήθηκε η βάση για ένα λειτουργικό μαθηματικό μοντέλο που εν μέρει έδωσε μια αρχική λύση στο πρόβλημά μας. Το βασικό λοιπόν ήταν η δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο προγραμματιστικά δούλεψε και έδωσε αποτέλεσμα, έχοντας βέβαια λιγότερους βασικούς περιορισμούς από τους τωρινούς και με αδυναμίες που το έκαναν μη ελκυστικό στην ρεαλιστική εφαρμογή του. Επίσης, λόγω της μηδενικής βάσης που ξεκίνησε το μοντέλο δεν υπήρχε ο απαιτούμενος χρόνος για να ενσωματωθούν λεπτομέρειες που απαιτούνται για αυτή καθαυτή την εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες.

Συγκεκριμένα, το υπάρχον μοντέλο δεν ήταν αυστηρό όσον αφορά τις αποστάσεις των δίωρων του κάθε μαθήματος, και περιλάμβανε έναν περιορισμό

σχετιζόμενο με την ελάχιστη απόσταση σε δώρα. Επίσης, ενώ συμπεριλήφθηκε στους περιορισμούς η μη δυνατότητα διδασκαλίας μαθημάτων της ίδιας κατεύθυνσης το ίδιο δώρο, παρέμεινε ανοιχτό το ενδεχόμενο να συμπέσουν στο ίδιο δώρο μαθήματα ίδιας κατεύθυνσης αλλά διαφορετικών εξαμήνων. Αυτό δημιουργεί ένα ρεαλιστικό πρόβλημα μιας και οι φοιτητές επιλέγουν αρκετά ελεύθερα τα μαθήματα του τομέα που έχουν διαλέξει, προσπαθώντας στο ίδιο χρονικό διάστημα να αποδεσμευτούν από παλαιότερα χρωστούμενα μαθήματα. Τέλος, στην επέκταση του υπάρχοντος μοντέλου προτάθηκε τρόπος σύγκλισης των δώρων διδασκαλίας, που όμως όπως αναφέρθηκε χρειαζόταν μεγάλους χρόνους για να μας δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα και δεν εξετάστηκε σε μεγάλο βαθμό.

Είναι κατανοητό ότι οι αδυναμίες αυτές δεν έδωσαν την ευκαιρία στο υπάρχον μοντέλο να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες. Εάν σε αυτό συμπεριλάβουμε και την έλλειψη απεικόνισης των αποτελεσμάτων, που σε πρωτογενή μορφή δεν είναι τίποτα άλλο από πίνακες γεμάτοι 0 και 1, τότε καταλαβαίνουμε την αδυναμία τόσο υλοποίησης όσο και δοκιμών του μοντέλου. Εξάλλου, οι εξειδικευμένες γνώσεις ακεραίου προγραμματισμού και χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτελούν προϋπόθεση για την επεξεργασία και ανάγνωση αυτών των πρωτογενών δεδομένων, πράγμα που προσπαθούμε να αποφύγουμε στη περίπτωση υλοποίησης σε πραγματικές συνθήκες. Σκοπός μας είναι η χρήση της αυτοματοποιημένης διαδικασίας να γίνεται από άτομα όσο το δυνατόν μη εξειδικευμένα όπως για παράδειγμα από την Γραμματεία του τμήματος, πάντα βέβαια με την επίβλεψη ενός σχετικού με το αντικείμενο.

## 3.2. Τροποποιήσεις και Βελτίωση μοντέλου

### 3.2.1. Γενική Αναφορά

Η πρώτη μας ενέργεια κατά το διάστημα ενασχόλησής μας με την διπλωματική αυτή εργασία ήταν η δημιουργία μεθόδου απεικόνισης των πρωτογενών δεδομένων σε κατάλληλη μορφή, ώστε σε ελάχιστο χρόνο να έχουμε μια καθαρή μορφή του προγράμματος. Δηλαδή, οι πίνακες με τα 0 και 1 να αντικατασταθούν από πίνακες με ημέρες, ώρες και μαθήματα και να είναι διαθέσιμοι την κάθε χρονική στιγμή. Το πώς το καταφέραμε αυτό θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 6 όπου θα αναφερθούμε στο γραφικό interface και την απαραίτητη βάση δεδομένων. Το σημαντικό είναι ότι καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα γρήγορο τρόπο ελέγχου του μοντέλου και των αλλαγών που κάνουμε κάθε στιγμή σε αυτό. Επίσης, μπορούμε να δούμε πλέον την σχέση δεδομένων-αποτελεσμάτων και έγινε εφικτή η σύγκρισή τους, πράγμα που θα φανεί αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 5.

Στη συνέχεια δημιουργήσαμε, καταρχήν, νέα σύνολα ώστε να ξεκινήσουμε την κατασκευή των νέων βασικών περιορισμών. Έτσι οργανώσαμε δυο σύνολα **Kdep** και **K407** που περιλαμβάνουν αντίστοιχα τα μέλη ΔΕΠ και τους διδάσκοντες 407 και αποτελούν υποσύνολα του συνόλου **K** που περιλαμβάνει το σύνολο των καθηγητών. Επίσης, δημιουργήσαμε 4 σύνολα μαθημάτων **Ms1**, **Ms2**, **Ms3** και **Mhard** που σχετίζονται με τα μαθήματα (υποχρεωτικά και επιλογής) των τριών κατευθύνσεων και μια ομάδα μαθημάτων αυξημένης δυσκολίας (hard) που βρίσκονται σε διαφορετικά εξάμηνα, και αποτελούν υποσύνολα του συνόλου **M** που περιλαμβάνει το σύνολο των μαθημάτων.

Τέλος, προσθέσαμε τους απαιτούμενους νέους περιορισμούς καταργώντας κάποιους από τους προηγούμενους και ξεκινήσαμε να φτιάχνουμε το μαθηματικό μας μοντέλο. Πρέπει να τονίσουμε ότι οι νέοι αυτοί περιορισμοί είναι απαραίτητοι για την επίτευξη της απαιτούμενης «ποιότητας» του προγράμματος μας.

### 3.2.2. Ορισμοί Συνόλων, Παραμέτρων και Μεταβλητών

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά όλα τα σύμβολα, σύνολα, παράμετροι και μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μοντελοποίηση του προβλήματος.



### Βασικά Σύνολα:

**K:** Ο κάθε διδάσκων συμβολίζεται με το γράμμα  $k$  (μέλος ΔΕΠ ή διδάσκων ΠΔ407/80) και ανήκει στο σύνολο διδασκόντων  $K$  π.χ.  $\{1...38\}$  (στην περίπτωση μας έχουμε 38 διδάσκοντες)

**M:** Το κάθε μάθημα  $m$  παίρνει τιμές στο σύνολο  $M$  π.χ.  $\{MM1... M929\}$  (σύνολο 37 μαθήματα για το χειμερινό εξάμηνο) αριθμημένα με βάση τις επίσημες κωδικές ονομασίες του κάθε μαθήματος.

**D:** Η κάθε εργάσιμη μέρα της εβδομάδας που διδάσκεται το μάθημα συμβολίζεται ως  $d$ , παίρνει τιμές στο σύνολο  $D$  π.χ.  $\{1...5\}$ , τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στις ημέρες Δευτέρα έως Παρασκευή.

**T:** Το δίωρο διδασκαλίας του μαθήματος  $t$  την κάθε ημέρα  $d$  παίρνει τιμές στο σύνολο  $T$  π.χ.  $\{1...5\}$ , 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.

$f$ : 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  $s$  παίρνει τιμές στο σύνολο  $S$  π.χ.  $\{1...15\}$  τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν σε μια ιδιόμορφη κατανομή «κατευθύνσεων-ετών» που θα μας βοηθήσει αρκετά στην υλοποίηση του μοντέλου. Δηλαδή το  $S=1$  αντιστοιχεί στο έτος φοίτησης 1<sup>ο</sup> – κατεύθυνση εξειδίκευσης 1, το  $S=2$  στο έτος φοίτησης 1<sup>ο</sup> – κατεύθυνση εξειδίκευσης 2, ... το  $S=15$  στο έτος φοίτησης 5<sup>ο</sup> – κατεύθυνση εξειδίκευσης 3. Αναλυτικά τα στοιχεία του συνόλου  $S$  αναγράφονται στο Παράρτημα II.

### Ειδικά σύνολα:

$m_{hard}$ : Υποσύνολο που καθορίζει μια ομάδα μαθημάτων  $m$  που θεωρούνται αυξημένης δυσκολίας που μπορεί να αλλάζει κάθε φορά σύμφωνα με τις επιθυμίες μας.  $m_{hard} \in m$  (ανήκει στο  $M$ , το  $m$  είναι δείκτης)

$m_{s1}$ : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν τα μαθήματα  $m$  (υποχρεωτικά και επιλογής) της πρώτης κατεύθυνσης.  $m_{s1} \in m$  (ανήκει στο  $M$ , το  $m$  είναι δείκτης)

$m_{s2}$ : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν τα μαθήματα  $m$  (υποχρεωτικά και επιλογής) της δεύτερης κατεύθυνσης.  $m_{s2} \in m$  (ανήκει στο  $M$ , το  $m$  είναι δείκτης)

$m_{s3}$  : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν τα μαθήματα  $m$  (υποχρεωτικά και επιλογής) της τρίτης κατεύθυνσης  $m_{s3} \in m$  (ανήκει στο  $M$ , το  $m$  είναι δείκτης)

$k_{dep}$  : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν οι καθηγητές μέλη ΔΕΠ του τμήματος  $k_{dep} \in k$  (ανήκει στο  $K$ , το  $k$  είναι δείκτης)

$k_{407}$  : Υποσύνολο στο οποίο ανήκουν οι διδάσκοντες ΠΔ 407/80 του τμήματος  $k_{407} \in k$  (ανήκει στο  $K$ , το  $k$  είναι δείκτης)

*Όλες οι τιμές των συνόλων βρίσκονται αναλυτικά στο Παράρτημα II.*

Για την μορφοποίηση του προβλήματος, ορίζουμε τις παρακάτω **παραμέτρους**.

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

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

$p_{ktd}$  : Παράμετρος της οποίας η τιμή υποδηλώνει την προτίμηση του διδάσκοντος  $k$  να διδάξει το δίωρο  $t$  της ημέρας  $d$ . Τιμές που χρησιμοποιήσαμε είναι 1 και 3. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τόσο μεγαλύτερη η προτίμηση του διδάσκοντος.

$A$ : Ο αριθμός των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας. Στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,  $A = 5$ .

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

Οι **μεταβλητές** απόφασης του μοντέλου είναι:

$X_{mjfd}$  : Δυαδική μεταβλητή που παίρνει την τιμή 1 αν το μάθημα  $m$  διδάσκεται για  $f$ -στη φορά την ίδια εβδομάδα στο δίωρο  $t$  της ημέρας  $d$  και 0 αν όχι,

$q_m$  : Βοηθητική δυαδική μεταβλητή που παίρνει την τιμή 1 αν το μάθημα  $m$  το ορίζουμε από την αρχή (pre-assigned) και 0 αν όχι.

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

$L$ : Ο κατώτατος αριθμός μαθημάτων οποιουδήποτε συγκεκριμένου έτους και κατεύθυνσης σε οποιαδήποτε ημέρα

### 3.2.3. Μαθηματικό Μοντέλο

Με βάση τους ορισμούς που δώσαμε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο και τους περιορισμούς που γενικά αναφέραμε στο υποκεφάλαιο 2.3, το πρόβλημα κατάστρωσης του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων του ΤΜΜΒ μπορεί να μορφοποιηθεί ως εξής:

$$\max \sum_m \sum_t \sum_f \sum_d a_{km} p_{ktd} X_{mjfd}$$

Η αντικειμενική μας συνάρτηση αποτελείται από τρεις όρους. Ο πρώτος όρος είναι όπως αναφέραμε ο πίνακας που αντιστοιχίζει του καθηγητές με τα μαθήματα που διδάσκουν, ο δεύτερος όρος είναι ο πίνακας κέρδους (προτίμησης) των καθηγητών και ο τρίτος όρος η μεταβλητή απόφασης που καθορίζει αν ένα μάθημα θα διδαχθεί κάποιο συγκεκριμένο δίωρο κάποιας ημέρας της εβδομάδας ή όχι. Εκτός από τον πίνακα κέρδους, οι άλλοι δυο όροι παίρνουν τις τιμές 0 και 1. Άρα, όταν ένα μάθημα διδαχθεί το δίωρο  $t$  της ημέρας  $d$ , η τιμή για το συγκεκριμένο  $m,t,f,d$ , θα έχει την τιμή του πίνακα κέρδους, δηλαδή 1 ή 3 ή  $-M$  ( $M$ = ένας πολύ μεγάλος αριθμός) και αυτό θα προστεθεί για το σύνολο των αθροισμάτων. Προφανώς, το μοντέλο μας θα προσπαθεί εφόσον πληρούνται οι περιορισμοί να μεγιστοποιήσει την τιμή αυτής της αντικειμενικής συνάρτησης.

Οι περιορισμοί που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

$$\sum_m \sum_f a_{km} X_{mfd} \leq 1, \quad t \in T, \quad d \in D, \quad k \in K \quad (1)$$

(1) Κάθε διδάσκων πρέπει να έχει οριστεί να διδάξει μόνο ένα συγκεκριμένο μάθημα την κάθε χρονική στιγμή. Δηλαδή σε ένα οποιοδήποτε δίωρο  $t$  την ημέρα  $d$  δε μπορεί σε καμία περίπτωση να διδάσκει ταυτόχρονα δυο μαθήματα.

$$\sum_m \sum_f X_{mfd} \leq A, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (2)$$

(2) Είναι αδύνατο να διδάσκονται ταυτόχρονα περισσότερα μαθήματα από τον αριθμό των διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας.

$$\sum_m \sum_f b_{sm} X_{mfd} \leq 1, \quad s \in S, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (3)$$

(3) Ο τρίτος περιορισμός καθορίζει ότι δεν μπορούν να διδάσκονται παραπάνω από ένα μαθήματα του ίδιου έτους και κατεύθυνσης την ίδια χρονική στιγμή δηλαδή το ίδιο δίωρο της ίδιας ημέρας.

$$\sum_t \sum_d X_{mfd} = 1, \quad f = 1, 2, \quad m \in M \quad (4)$$

(4) Τα μαθήματα πρέπει να διδάσκονται 2 φορές κατά την διάρκεια της εβδομάδας. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται με τον περιορισμό (4)

$$L \leq \sum_m \sum_t \sum_f b_{sm} X_{mfd} \leq U, \quad s \in S, \quad d \in D \quad (5)$$

(5) Με αυτόν τον περιορισμό ορίζουμε ότι ο αριθμός των δίωρων των μαθημάτων του ίδιου έτους και κατεύθυνσης που μπορούν να διδαχθούν κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας δεν μπορεί να είναι μικρότερος από μια ελάχιστη τιμή  $L$  και μεγαλύτερος από μια μέγιστη τιμή  $U$ . Αυτή καθορίζεται από τον περιορισμό 15 με την παράμετρο  $Q$ ,

$$\sum_t \sum_f X_{mfd} + \sum_t \sum_f X_{mfd+1} \leq 1 + q_m, \quad m \in M, \quad d = 1 \dots 4 \quad (6)$$

(6) Ένα από τα βασικά κριτήρια ποιότητας που θέσαμε για το ωρολόγιο πρόγραμμα είναι η σωστή απόσταση ανάμεσα στα δυο δίωρα διδασκαλίας του κάθε μαθήματος.

Αυτή ορίστηκε ότι πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο ημέρες (δηλαδή να μεσολαβεί τουλάχιστον μία ημέρα) και ακριβώς αυτό ικανοποιείται στον περιορισμό (6), όπου ελέγχουμε κατά σειρά τα ζευγάρια Δευτέρα-Τρίτη, Τρίτη-Τετάρτη, Τετάρτη-Πέμπτη και Πέμπτη-Παρασκευή. Η περίπτωση Παρασκευής-Δευτέρας είναι, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, επιτρεπτή, αφού μεσολαβεί ανάμεσά τους επαρκές διάστημα. Ο περιορισμός (6) δεν επιτρέπει επίσης δυο δίωρα να τοποθετηθούν την ίδια ημέρα της εβδομάδας από το μοντέλο, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό μιας και αποτελεί ανεπιθύμητο γεγονός. Τέλος, στον περιορισμό αυτόν τοποθετούμε την βοηθητική μεταβλητή  $q_m$  που χαλαρώνει τον περιορισμό σε περίπτωση προκαθορισμού κάποιου μαθήματος σε συγκεκριμένη θέση. Συγκεκριμένα, όταν κατά την κατάρτιση του προγράμματος βρεθούμε στη θέση να τοποθετήσουμε τα δυο δίωρα κάποιου μαθήματος σε θέσεις που παραβιάζουν τον περιορισμό (6), το  $q_m$  ορίζεται στην τιμή 1. Το αποτέλεσμα είναι προφανώς η χαλάρωση του συγκεκριμένου περιορισμού για το συγκεκριμένο μάθημα που επιτρέπει την συγκεκριμένη τοποθέτηση. Το πρόβλημα αυτό μας απασχόλησε ιδιαίτερα κατά τις δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες και η χρήση αυτής της βοηθητικής μεταβλητής σαν ένα είδος trick ακεραίου προγραμματισμού μας έλυσε πραγματικά τα χέρια.

$$\sum_m \sum_f b_{sm} X_{mt+1jd} \leq \sum_m \sum_f b_{sm} X_{mfjd}, \quad s = 1 \dots 12, d \in D, t = 1 \dots 4 \quad (7)$$

(7) Ένας από τους βασικότερους περιορισμούς που λύνει το πρόβλημα της συνοχής του ωρολογίου προγράμματος είναι ο περιορισμός (7). Ο ρόλος του είναι διπλός, καταρχήν πιέζει τα μαθήματα ώστε να ξεκινούν όσο το δυνατόν νωρίτερα το πρωί (πράγμα που αποτελεί απαίτηση του τμήματος), ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει οποιοδήποτε κενό ανάμεσα στις παραδόσεις την ίδιας ημέρας (πλην βέβαια του διαλείμματος για φαγητό το μεσημέρι). Ουσιαστικά, τον χρησιμοποιούμε για τα πρώτα 4 έτη για τη χειμερινή περίοδο (εξάμηνα 1<sup>ο</sup>-7<sup>ο</sup>) και για τα πρώτα 3 έτη για την θερινή περίοδο (2<sup>ο</sup>-6<sup>ο</sup>) μιας και το 8<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup> εξάμηνο αποτελούνται κυρίως από μαθήματα υποχρεωτικά ή επιλογής κατεύθυνσης και είναι επιθυμητό να μη συνωστίζονται τις πρωινές ώρες επιτρέποντας μια ελευθερία διαχείρισής τους από το μοντέλο.

$$\sum_f \sum_{m \in m_{hard}} X_{mfd} \leq 1, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (8)$$

(8) Μια ρεαλιστική βοήθεια στους φοιτητές είναι το να αποτρέψουμε την διδασκαλία συγκεκριμένων μαθημάτων, συνήθως αυξημένης δυσκολίας, που τυχαίνει να συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό φοιτητών. Με τον περιορισμό (8) καταφέρνουμε να μη συμπίπτουν συγκεκριμένα «δύσκολα» μαθήματα όπως τα έχουμε ορίσει εμείς την κάθε ακαδημαϊκή χρονιά στο υποσύνολο  $m_{hard}$ .

$$\sum_f \sum_{m \in m_{s1}} X_{mfd} \leq 1, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (9)$$

$$\sum_f \sum_{m \in m_{s2}} X_{mfd} \leq 1, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (10)$$

$$\sum_f \sum_{m \in m_{s3}} X_{mfd} \leq 1, \quad t \in T, \quad d \in D \quad (11)$$

(9)-(11) Με την ομάδα αυτή των περιορισμών βάζουμε μια τάξη στα μαθήματα της κάθε κατεύθυνσης όπως αυτή επιλέγεται από τους φοιτητές κατά το 6<sup>ο</sup> εξάμηνο φοίτησής τους. Συγκεκριμένα, ορίζουμε ότι δεν πρέπει να συμπίπτει σε κανένα δώρο οποιασδήποτε ημέρας κάποιο μάθημα της ίδιας κατεύθυνσης, ακόμα και αν αυτά βρίσκονται σε διαφορετικά εξάμηνα φοίτησης (προφανώς μετά το 6<sup>ο</sup> εξάμηνο). Έτσι, ο φοιτητής που βρίσκεται ήδη στα εξάμηνα της κατεύθυνσης μπορεί να οργανώσει καλύτερα το πρόγραμμά του, χωρίς να φοβάται ότι δε θα μπορέσει να παρακολουθήσει κάποιο μάθημα τομέα λόγω ταυτόχρονης διδασκαλίας με κάποιο άλλο μάθημα του ίδιου τομέα.

$$\sum_{k \in k_{dep}} a_{km} X_{m2f3} = 0, \quad m \in M, \quad f = 1,2 \quad (12)$$

(12) Κάθε δεύτερη Τετάρτη του μήνα συγκαλείται η Γενική Συνέλευση του τμήματος. Σε αυτή παίρνουν μέρος όλα τα μέλη ΔΕΠ του τμήματος, πράγμα που σημαίνει ότι ειδικά το δώρο 11:00-13:00 δεν πρέπει να διδάσκεται μάθημα που έχει αναλάβει κάποιο μέλος ΔΕΠ.

$$\sum_k a_{km} X_{m5f5} = 0, \quad m \in M, \quad f = 1,2 \quad (13)$$

$$\sum_{k \in k_{dep}} a_{km} X_{m4f5} = 0, m \in M, f = 1,2 \quad (14)$$

(13)-(14) Προσθέσαμε τους περιορισμούς αυτούς διότι θέλουμε να αποτρέψουμε το μοντέλο μας από το να ορίσει τη διδασκαλία κάποιου μαθήματος σε δίωρα που παραδοσιακά παραμένουν κενά για πολλούς και διάφορους λόγους. Αυτά είναι συνήθως τα τελευταία δίωρα της Παρασκευής (16:00-18:00 & 18:00-20:00), που δε διδάσκεται κανένα μάθημα, είτε γιατί θέλουμε να δώσουμε κάποιον ελεύθερο χρόνο στους φοιτητές να φύγουν από την πόλη για το σαββατοκύριακο, είτε γιατί δεν αποτελούν προτιμήσεις των περισσοτέρων καθηγητών για διδασκαλία. Έτσι, σαν πρώτο βήμα αποτρέπουμε το σύνολο των διδασκόντων από το να διδάξουν το δίωρο 18:00-20:00 και τους καθηγητές μέλη ΔΕΠ από το δίωρο 16:00-18:00. Φυσικά, αυτό είναι κάτι που εύκολα μπορεί και να τροποποιηθεί αλλά και να αφαιρεθεί ανάλογα με τις διαθέσεις που υπάρχουν την κάθε ακαδημαϊκή χρονιά.

$$U - L \leq Q \quad (15)$$

(15) Εδώ ορίζουμε ποια θα είναι η διαφορά μεταξύ του ελάχιστου (L) και μέγιστου (U) αριθμού των μαθημάτων ίδιου έτους και κατεύθυνσης που διδάσκονται σε οποιαδήποτε μέρα. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του ορίου Q, τόσο πιο ισοκατανεμημένο είναι το διδακτικό φορτίο οποιουδήποτε έτους και κατεύθυνσης στις πέντε εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας.

Τέλος, όσον αφορά τα εργαστήρια που πραγματοποιούνται εκτός των προκαθορισμένων δίωρων και όπως παρατηρήσατε δεν περιγράφονται ούτε συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο, είναι δυνατόν να προστεθούν μετά τη δημιουργία του προγράμματος. Έτσι αφού πλέον γνωρίζουμε την κατανομή των μαθημάτων στις ημέρες της εβδομάδας, μπορούμε να επιλέξουμε τα σωστά δίωρα για την πραγματοποίηση των εργαστηρίων. Εξάλλου, για τον προγραμματισμό των εργαστηρίων χρειαζόμαστε και τον ακριβή αριθμό των φοιτητών που επέλεξαν το κάθε εργαστηριακό μάθημα. Δηλαδή, ο τρόπος αντιμετώπισης δεν απέχει και πολύ από το τι συμβαίνει στην πραγματικότητα.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> - Επίλυση του Μαθηματικού Μοντέλου

### 4.1. Η γλώσσα μαθηματικού προγραμματισμού AMPL και το λογισμικό CPLEX της ILOG.

Το λογισμικό της CPLEX αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά πακέτα εμπορικού λογισμικού που χρησιμοποιείται για επίλυση προβλημάτων ακεραίου προγραμματισμού (και όχι μόνο), και αναπτύχθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C. Το όνομα CPLEX προέρχεται από τον συνδυασμό των γραμμάτων “C” και “Simplex” που αντίστοιχα αναφέρονται στη γλώσσα προγραμματισμού όπως αναφέραμε και τη μέθοδο επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού ‘simplex’. Χρησιμοποιείται ευρέως σε πάσης φύσης οργανισμούς, πανεπιστήμια, εμπορικές επιχειρήσεις και εταιρίες λογισμικού όπως η SAP, η Oracle και η Sabre.

Η AMPL είναι μια κατανοητή, δυνατή και ευέλικτη αλγεβρική γλώσσα μοντελοποίησης για γραμμικά, μη γραμμικά και ακέραια προβλήματα προγραμματισμού που συχνά αντιμετωπίζονται σε πάσης φύσεως πραγματικά προβλήματα, όπως τα προβλήματα βελτιστοποίησης. Η εταιρία ILOG είναι ένας εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος της AMPL, η οποία αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Bell, στο κέντρο έρευνας και ανάπτυξης των εργαστηρίων Lucent.

Η AMPL έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Επιτρέπει στους χρήστες να εκφράσουν μοντέλα σε γνωστή και ευέλικτη 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 μια μεγάλη ποικιλία από φυσικές αλγεβρικές εκφράσεις.
- Επιτρέπει τον διαχωρισμό του μαθηματικού μοντέλου από τα δεδομένα.
- Είναι εξαιρετικά ευέλικτη, για παράδειγμα δεν προϋποθέτει μια συγκεκριμένη σειρά δεδομένων ή μοντέλου.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαδικτυακά σε ομαδοποιημένα περιβάλλοντα.



- Δίνει τη δυνατότητα να τροποποιούνται εύκολα τα μοντέλα και να διατηρούνται.
- Ελαχιστοποιεί τα σφάλματα με συνεχείς ελέγχους σφαλμάτων.
- Καλύπτει ακόμα και τους εξελιγμένους τύπους μαθηματικών μοντέλων.
- Μπορεί να παρέχει δυνατές και ευέλικτες επιλογές αποτελεσμάτων.

### 4.3. Μορφοποίηση προβλήματος σε γλώσσα AMPL

Περνάμε λοιπόν στην ουσιαστική μορφοποίηση του προβλήματος στη γλώσσα AMPL. Όπως αναφέραμε, η AMPL είναι μια ιδιαίτερα εύχρηστη γλώσσα έχοντας βέβαια τις ιδιαιτερότητές της όπως και κάθε προγραμματιστική γλώσσα. Ο τρόπος με τον οποίον δουλέψαμε έχει ως εξής.

Ξεκινήσαμε μετατρέποντας τους περιορισμούς που αναλύσαμε στο Κεφάλαιο 3 σε κώδικα AMPL μέχρι το μοντέλο μας να τρέξει χωρίς πρόβλημα. Στην συνέχεια, δημιουργήσαμε το επιθυμητό αρχείο δεδομένων στο οποίο ορίζουμε αναλυτικά όλα τα σύνολα, τις παραμέτρους και τους πίνακες κέρδους (αναλυτικά τα δεδομένα του αρχείου data στο Παράρτημα III) όπως τα έχουμε ήδη περιγράψει με βάση τη σύνταξη της γλώσσας AMPL. Για παράδειγμα, οι μέρες της εβδομάδας είναι πέντε και έτσι ορίζονται, τα δώρα της κάθε ημέρας είναι και αυτά πέντε, ενώ οι αίθουσες διδασκαλίας είναι και αυτές πέντε. Κάθε εντολή για να είναι εκτελέσιμη πρέπει να ακολουθείται από το σύμβολο του ελληνικού ερωτηματικού (;) ενώ όταν μπροστά από κείμενο τοποθετούμε δίεση (#) αυτομάτως το κείμενο αυτό αντιμετωπίζεται ως σχόλιο. Επιπλέον, με το 'subject to constraint' ορίζουμε τους περιορισμούς μας αναγράφοντας, όπως απαιτείται, για ποιες τιμές και σύνολα αυτοί ισχύουν.

Στην αρχή φυσικά, όλα αυτά γίνονται στο χέρι ανοίγοντας σε notepad τα αρχεία που περιλαμβάνουν το μοντέλο και τα δεδομένα και περνώντας τα στον server του εργαστηρίου στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένη η AMPL. Στο κεφάλαιο του interface θα δούμε σε λεπτομέρεια πώς όλα αυτά τα δεδομένα θα μετατρέπονται σε εκτελέσιμα αρχεία της AMPL μέσα από μια ειδικά διαμορφωμένη ιστοσελίδα, ενώ στο Παράρτημα III θα δούμε εκτενώς τις εντολές που πληκτρολογούμε στην AMPL για την σωστή λειτουργία του κώδικά μας.

Παρακάτω βλέπουμε σε λεπτομέρεια τον κώδικα του μοντέλου μας.

---

---

# Final Model - Working

# Sets

---

**set D;** # plithos sinolon

**set M;** # mathimata M sto examino s

**set Mhard;** # mathimata Mhard auskimenis varititas

**set Ms1;** # mathimata M tis protis kateuthinsis (ypoxreotika h epilogis)

**set Ms2;** # mathimata M tis deuterhs kateuthinsis (ypoxreotika h epilogis)

**set Ms3;** # mathimata M tis tritis kateuthinsis (ypoxreotika h epilogis)

**set K;** # sinolo kathigitwn

**set Kdep;** # sinolo kathigiton DEP

**set K407;** # sinolo kathigiton 407

**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)

# Decision Variables

#-----

**var X {M,T,F,D} binary;** # dyadikh metavliti apofasis

**var q {M} binary** # voithitiki dyadikh metavliti gia ta prokathorismena  
mathimata

**var L;** # katwtato orio

**var U;** # anwtato orio

---

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

---

subject to con1  $\{t \in T, d \in D, k \in K\} : \sum \{m \in M, f \in F\} a[k,m] * X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
 subject to con2  $\{t \in T, d \in D\} : \sum \{f \in F, m \in M\} X[m,t,f,d] \leq A$ ;  
 subject to con3  $\{t \in T, d \in D, s \in S\} : \sum \{m \in M, f \in F\} b[s,m] * X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
 subject to con4  $\{m \in M, f \in F\} : \sum \{t \in T, d \in D\} X[m,t,f,d] = 1$ ;  
 subject to con5  $\{d \in D, s \in S\} : \sum \{m \in M, t \in T, f \in F\} b[s,m] * X[m,t,f,d] \geq L$ ;  
 subject to con6  $\{d \in D, s \in S\} : \sum \{m \in M, t \in T, f \in F\} b[s,m] * X[m,t,f,d] \leq U$ ;  
 subject to con7 :  $U - L \leq Q$ ;  
 subject to con8  $\{m \in M, d \in 1..4\} : \sum \{t \in T, f \in F\} X[m,t,f,d] + \sum \{t \in T, f \in F\} X[m,t,f,d+1] \leq 1 + q[m]$ ;  
 subject to con9  $\{s \in 1..12, d \in D, t \in 1..4\} : \sum \{m \in M, f \in F\} b[s,m] * X[m,t+1,f,d] \leq \sum \{m \in M, f \in F\} b[s,m] * X[m,t,f,d]$ ;  
  
 subject to con10  $\{t \in T, d \in D\} : \sum \{f \in F, m \in M_{hard}\} X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
 subject to con11  $\{t \in T, d \in D\} : \sum \{f \in F, m \in M_{s1}\} X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
 subject to con12  $\{t \in T, d \in D\} : \sum \{f \in F, m \in M_{s2}\} X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
 subject to con13  $\{t \in T, d \in D\} : \sum \{f \in F, m \in M_{s3}\} X[m,t,f,d] \leq 1$ ;  
  
 subject to con14  $\{m \in M, f \in F\} : \sum \{k \in K_{dep}\} a[k,m] * X[m,2,f,3] = 0$ ;  
 subject to con15  $\{m \in M, f \in F\} : \sum \{k \in K_{dep}\} a[k,m] * X[m,4,f,5] = 0$ ;  
 subject to con16  $\{m \in M, f \in F\} : \sum \{k \in K\} a[k,m] * X[m,5,f,5] = 0$ ;  
  
 subject to con\$\$1 :  $X["M",t,\phi,d] = 1$ ;  
 subject to con\$\$2 :  $q["M"] = 1$ ;  
 subject to con\$\$3 :  $q["M1"] = 0$ ;  
 .  
 .  
 subject to com\$\$M :  $q["M1"] = 0$ ;

---

Όπως παρατηρούμε, εμφανίζονται κατά σειρά οι 16 περιορισμοί μας συν έναν συγκεκριμένο αριθμό γενικευμένων περιορισμών. Αυτοί οι επιπλέον περιορισμοί είναι η ραχοκοκαλιά της υλοποίησης του μοντέλου μας σε πραγματικές συνθήκες. Ο πρώτος γενικευμένος περιορισμός, στο οποίο ορίζουμε την τιμή της μεταβλητής  $X$  ίση με 1 για κάποιο μάθημα  $m$  για κάποιο συγκεκριμένο δώρο  $t$  μιας ημέρας  $d$  και γράφεται εις διπλούν, μια για  $f=1$  και μια για  $f=2$  (δηλαδή για τα δυο δώρα διδασκαλίας του εκάστοτε μαθήματος), είναι ουσιαστικά η προεπιλογή ενός μαθήματος πριν την δημιουργία του προγράμματος. Όπως αναφέραμε ήδη, υπάρχουν περιπτώσεις που κάποια μαθήματα αναγκαστικά γίνονται συγκεκριμένα δώρα της εβδομάδας και θα πρέπει αυτά να προκαθοριστούν, ώστε το μοντέλο μας να τα υπολογίζει σε συγκεκριμένες θέσεις.

Στη συνέχεια, γνωρίζοντας από την εμπειρία μας ότι υπάρχει το ενδεχόμενο αυτές οι προεπιλογές να παραβιάζουν τον βασικότερο περιορισμό του μοντέλου μας (και αυτός δεν είναι άλλος από τον περιορισμό (6) του κεφαλαίου 3, σχετικά με το επιθυμητό διάστημα ανάμεσα στα δύο δώρα διδασκαλίας), χρησιμοποιούμε μια βοηθητική μεταβλητή  $q_m$  που χαλαρώνει τον περιορισμό και για το προεπιλεγμένο μάθημα παίρνει την τιμή 1 ενώ για όλα τα υπόλοιπα μαθήματα την τιμή 0. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι πρέπει να δώσουμε με τη μορφή ξεχωριστού περιορισμού την τιμή 0 για κάθε ένα μάθημα ξεχωριστά.

Η εισαγωγή των προκαθορισμένων μαθημάτων μειώνει το μέγεθος του προβλήματος, αλλά ταυτόχρονα μειώνει και τις εφικτές λύσεις κάνοντάς το περισσότερο περιοριστικό. Υπάρχει δηλαδή το ενδεχόμενο για συγκεκριμένα δεδομένα να μην υπάρχει εφικτή λύση. Τότε, έχουμε 2 επιλογές, ή χαλαρώνουμε κάποιον από τους περιορισμούς ποιότητας του μοντέλου ή επανεισαγάγουμε τα δεδομένα εισόδου στο interface όσον αφορά τα προεπιλεγμένα και τα αυξημένης δυσκολίας μαθήματα οσόντου βρεθεί κάποια εφικτή λύση.

Τέλος, η διαφορετικότητα των δύο αρχείων μοντέλου και δεδομένων και η ξεχωριστή λειτουργία που επιτελούν μας δίνουν το δικαίωμα να δοκιμάζουμε διαφορετικές περιπτώσεις πολύ εύκολα και γρήγορα. Για παράδειγμα, ξεκινήσαμε να επεξεργαζόμαστε το αρχείο του μοντέλου έχοντας ένα αρχείο δεδομένων σταθερό (με τυχαίες τιμές στους πίνακες κέρδους) και μόλις ολοκληρώσαμε τη μοντελοποίηση ξεκινήσαμε να τρέχουμε διαφορετικά δεδομένα στο αρχείο δεδομένων διατηρώντας

το μοντέλο ίδιο. Στο κεφάλαιο 5 θα δούμε αναλυτικά τα αποτελέσματα που λάβαμε και μια αναλυτικότερη μελέτη αυτών.

## 5.1. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

### 5.1.1. Εισαγωγή

Η μοντελοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος έχει σκοπό να αποδώσει αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από ένα ολοκληρωμένο ωρολόγιο πρόγραμμα. Εδώ, πρέπει να αναφέρουμε ότι μελετώντας το πρόβλημα του ακέραιου προγραμματισμού που μοντελοποιήσαμε είναι εύκολο να παρατηρήσουμε ότι το αποτέλεσμα της αντικειμενικής συνάρτησης δεν έχει καμία σχέση με τη δημιουργία ωρολογίου προγράμματος. Για την ακρίβεια, αυτό που λαμβάνουμε ως τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι μια τιμή κέρδους που εξαρτάται από τις τιμές των πινάκων κέρδους των καθηγητών. Θα επανέλθουμε σε αυτό στη συνέχεια μιας και αποτελεί ένα υποτυπώδες τρόπο αντίληψης του πόσο ικανοποιήθηκαν οι επιλογές των καθηγητών.

Στη συγκεκριμένη λοιπόν περίπτωση, αυτό που μας ενδιαφέρει πρωτίστως δεν είναι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, αλλά οι τιμές που παίρνει η τετραδιάστατη δυαδική μεταβλητή  $X[m,t,f,d]$ . Οι τιμές αυτές μετατρέπονται στην γραφική μορφή του ωρολογίου προγράμματος μέσω του interface στο τελικό στάδιο της διαδικασίας. Ας τα δούμε όμως όλα αυτά αναλυτικά.

### 5.1.2. Περιγραφή Λύσης και Χρόνοι Επίλυσης

Όπως αναφέραμε, το πρώτο αποτέλεσμα που δίνει η AMPL είναι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Για να εξηγήσουμε με σαφήνεια το νόημα της τιμής αυτής θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε τον τρόπο με τον οποίον αυτή η τιμή υπολογίζεται.

Όλα ξεκινούν από το αρχείο δεδομένων της AMPL. Εκεί υπάρχουν οι λεγόμενοι πίνακες κέρδους μέσα στους οποίους οι τιμές είναι κατά κανόνα 1 ή 3 ή  $-M$  ( $M =$  ένας πολύ μεγάλος αριθμός). Με το 3 δηλώνουμε υψηλή επιθυμία του καθηγητή  $k$  να διδάξει το δίωρο  $t$  της ημέρας  $d$ , ενώ με το 1 χαμηλή. Το  $-M$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δηλώσει την καθολική άρνηση ενός καθηγητή να διδάξει κάποιο μάθημα ένα συγκεκριμένο δίωρο. Έτσι σχηματίζονται τριδιάστατοι πίνακες

$p_{ktd}$ , οι οποίοι συνυπολογίζονται στη αντικειμενική συνάρτηση αφού τους πολλαπλασιάζουμε με τη μεταβλητή  $X$  και τον πίνακα  $a_{km}$ . Όταν λοιπόν το μοντέλο μας επιλέγει ένα μάθημα  $m$  να διδαχθεί ένα συγκεκριμένο δώρο  $t$  της ημέρας  $d$ , αυτό πολλαπλασιάζεται με την τιμή του πίνακα κέρδους που αντιστοιχεί σε αυτό το δώρο. Το άθροισμα όλων αυτών μας δίνει την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Εάν λοιπόν θεωρήσουμε όλους τους συντελεστές κέρδους ίσους με 1, δηλαδή κανένα δώρο να μην έχει υψηλή επιθυμία διδασκαλίας από τους διδάσκοντες, τότε αφού προσφέρονται 37 μαθήματα στο χειμερινό εξάμηνο από 2 δώρα το καθένα, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης θα είναι 74. Καθώς θα προσθέτουμε την τιμή προτίμησης 3 στις διάφορες θέσεις των πινάκων, το μοντέλο θα προσπαθεί να επιλέξει τα αντίστοιχα δώρα, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Έτσι, κάθε 2 μονάδες αύξησης της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης υπονοούν την επιλογή από το μοντέλο ενός δώρου που στον πίνακα κέρδους έχει την τιμή 3 για τον συγκεκριμένο διδάσκοντα.

Η επίλυση του μοντέλου στην AMPL διήρκεσε ένα συγκεκριμένο χρόνο. Ο χρόνος αυτός, χωρίς να έχουμε προεπιλέξει μαθήματα, ήταν 2 δευτερόλεπτα, δηλαδή πολύ μικρός. Σε αυτό τον χρόνο λοιπόν, μας έδωσε την προβλεπόμενη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης 74 και ένα συγκεκριμένο ωρολόγιο πρόγραμμα.

Είναι γνωστό ότι επειδή τα προβλήματα ακεραίου προγραμματισμού είναι NP-Complete, η αύξηση της πολυπλοκότητάς τους έχει ως αποτέλεσμα ο χρόνος για την επίλυση ενός προβλήματος να γίνεται πολύ μεγάλος αφού αυξάνεται εκθετικά. Συγκεκριμένα, το μέγεθος του προβλήματός μας έφτανε τις  $38 \times 5 \times 2 \times 5 = 2850$  μεταβλητές. Αυτό αποτέλεσε την αφορμή να δοκιμάσουμε να τρέξουμε το μοντέλο για διάφορες περιπτώσεις δεδομένων, που γνωρίζαμε ότι θα δημιουργούσαν κάποιο είδος αυξημένης πολυπλοκότητας στο μοντέλο αλλά και να δούμε τι θα γίνει εάν μειώσουμε τον αριθμό των μεταβλητών αυτών προεπιλέγοντας μαθήματα. Για παράδειγμα εάν προεπιλέξουμε δυο μαθήματα το σύνολο το μεταβλητών μας αμέσως γίνεται  $36 \times 5 \times 2 \times 5 = 1800$ . Σκοπός μας επίσης ήταν να δούμε μέχρι πού μπορεί να φτάσει το μοντέλο από θέμα χρόνου όταν το πιέζαμε σε πιο δύσκολες καταστάσεις, όπως επίσης να ερευνήσουμε τυχόν ανωμαλίες που μπορεί να δημιουργήσει κάποιο συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων.

Οι δοκιμές μας, χωρίστηκαν σε δύο σκέλη. Το πρώτο είχε να κάνει με αυτό που ήδη περιγράψαμε, δηλαδή την εκτενή έρευνα στους χρόνους επίλυσης του

μοντέλου από την AMPL καθώς θα αλλάζουμε τους πίνακες κέρδους. Το δεύτερο σκέλος είχε να κάνει με το θέμα των προεπιλεγμένων μαθημάτων. Τα προεπιλεγμένα μαθήματα όπως έχουμε ήδη αναλύσει είναι μία πραγματικότητα που πρέπει να λάβουμε υπόψη. Έτσι ορίζοντας κάποια μαθήματα από την αρχή, μειώνουμε τελικά το σύνολο των μαθημάτων που θα επεξεργαστεί η AMPL. Αυτό εν τέλει θα παίζει τον ρόλο του στην αλλαγή των χρόνων επίλυσης του μοντέλου όπως θα δούμε παρακάτω.

Τέλος, μία περίπτωση που δεν θα εξεταστεί αναλυτικά αλλά την οποία λάβαμε υπόψη είναι ο αριθμός των μαθημάτων που ορίζουμε στα υποσύνολα  $m_{hard}$ ,  $m_{s1}$ ,  $m_{s2}$ ,  $m_{s3}$ . Αυτά τα σύνολα περιλαμβάνουν μαθήματα που στους περιορισμούς απαιτούμε να μην συμπίπτουν. Αυτό προσδίδει μια δυσκολία επιπλέον στο μοντέλο κατά την λειτουργία του, με αποτέλεσμα ο αριθμός των μαθημάτων που περιλαμβάνονται να παίζει ένα ρόλο στον τελικό χρόνο επίλυσης. Στην πραγματικότητα, το μόνο από αυτά τα σύνολα που μπορεί να αλλάξει είναι το σύνολο  $m_{hard}$  που περιλαμβάνει μαθήματα αυξημένης δυσκολίας. Αυτό καθορίζεται από τον χρήστη του συστήματος και μια μικρή αλλαγή του δεν παίζει δραματικό ρόλο στην αλλαγή του χρόνου. Ειδικά στις περιπτώσεις πολλών προεπιλεγμένων μαθημάτων, όπως θα δούμε παρακάτω, ο χρόνος είναι αμελητέος.

### 5.1.3. Υπολογιστική Εμπειρία

Το πρώτο λοιπόν σκέλος δοκιμών αναλώθηκε στην συνεχή αλλαγή των τιμών στους πίνακες κέρδους και την επαναλαμβανόμενη δοκιμή στην AMPL. Ο τρόπος με τον οποίο αυτό οργανώθηκε ήταν ο εξής. Κάθε νέο αρχείο δεδομένων περιείχε κάθε μέρα πέντε επιπλέον τιμές '3', δηλαδή ξεκινούσαμε από καμία τιμή '3', μετά πηγαίναμε σε 25 τιμές '3' σε σύνολο στο επόμενο αρχείο data, στη συνέχεια 50 τιμές '3' κ.λ.π (τα αρχεία περιλαμβάνονται όλα στο συνοδευτικό CDROM). Μετρήσαμε 14 τέτοιες περιπτώσεις αυξάνοντας κάθε φορά κατά 25 τις τιμές των '3' φτάνοντας στις 325 τιμές πράγμα που αποτελεί μια περίπτωση αρκετά ρεαλιστική.

Το δεύτερο σκέλος των δοκιμών βασίστηκε στην ανάγκη του προκαθορισμού των μαθημάτων. Έτσι διατηρώντας τα 14 αρχεία data του πρώτου σκέλους δοκιμών ξεκινήσαμε να μελετάμε τους χρόνους επίλυσης του μοντέλου προσθέτοντας ένα ένα συγκεκριμένα μαθήματα, διαφορετικών εξαμήνων, σε τυχαίες θέσεις μέσα στην



εβδομάδα. Αυτό έγινε μέχρι τον αριθμό των 10 προκαθορισμένων μαθημάτων. Δεν χρειάστηκε να συνεχίσουμε περισσότερο γιατί παρατηρήσαμε μια εξαιρετική σύγκλιση των χρόνων σε τιμές μικρότερες του ενός δευτερολέπτου, ενώ η μέγιστη έπεσε στα 10 δευτερόλεπτα.

Αυτό που παρατηρήσαμε είναι μια παράδοξη συμπεριφορά όσον αφορά τους χρόνους επίλυσης του μοντέλου. Έτσι υπήρχαν περιπτώσεις που καθώς μικραίναμε το μέγεθος του προβλήματος προεπιλέγοντας έναν αριθμό μαθημάτων ο χρόνος επίλυσης μεγάλωνε. Ακόμα και μετά το δεύτερο σκέλος των δοκιμών μας δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση ανάμεσα στους χρόνους εκτός της γενικότερης μείωσης μετά από 5-6 προκαθορισμούς μαθημάτων.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι το μέγεθος του προβλήματος δεν είναι από μόνο του ενδεικτικό του χρόνου που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος. Πολύ σημαντικό ρόλο στις υπολογιστικές απαιτήσεις παίζουν και οι ακριβείς τιμές των παραμέτρων και στη συγκεκριμένη περίπτωση των συντελεστών κέρδους και του αριθμού των προκαθορισμένων μαθημάτων. Το ευχάριστο είναι ότι παρόλη την περίεργη αυτή συμπεριφορά το μοντέλο συμπεριφέρεται άψογα δίνοντας γρήγορα την βέλτιστη λύση σε κάθε περίπτωση.

## 5.2. Συμπεράσματα

Αναλύσαμε λοιπόν ποια είναι τα αποτελέσματα που δίνει η AMPL σε ένα πρόβλημα όπως το δικό μας. Αναλυτικά στοιχεία μορφής της εξόδου είναι διαθέσιμα στο Παράρτημα III, όπου φαίνεται ακριβώς η πρωτογενής μορφή τους για κάθε χρήση. Επίσης, όλα τα αρχεία εξόδου περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD-ROM αυτής της διπλωματικής εργασίας μαζί με τα υπόλοιπα απαραίτητα αρχεία της AMPL.

Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι, παρόλη τη δυσκολία που συναντάμε γενικά καθώς αντιμετωπίζουμε ένα πολύπλοκο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, καταφέραμε να ολοκληρώσουμε ένα μοντέλο γρήγορο και ευέλικτο. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα δώρα διδασκαλίας για ένα ικανό αριθμό μαθημάτων προεπιλέγονται, οι επιδόσεις είναι πολύ καλύτερες από αυτές που θα περιμέναμε. Με τη βοήθεια του γραφικού interface που θα αναπτυχθεί και θα παρουσιαστεί στο

επόμενο κεφάλαιο θα δούμε το πώς η έξοδος της AMPL θα γίνει ωρολόγιο πρόγραμμα αλλά και τον τρόπο με τον οποίον όλα τα βασικά χαρακτηριστικά και δεδομένα του προβλήματός μας (μαθήματα, καθηγητές, προτιμήσεις καθηγητών, προεπιλογές) θα μπαίνουν κάθε φορά στα αρχεία μοντέλου και δεδομένων που χρειάζεται η AMPL για να τρέξει. Έτσι, η διαδικασία θα απλοποιηθεί αρκετά με αποτέλεσμα ακόμα και κάποιος μη εξοικειωμένος να μπορεί να δημιουργεί τα βασικά αρχεία μοντέλου και δεδομένων προς εκτέλεση.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> - Δημιουργία γραφικού Interface

### 6.1. Εισαγωγή

Καμία από τις μεθόδους που περιγράφηκαν κατά την ιστορική αναδρομή του προβλήματος του ωρολογίου προγράμματος δεν θα είχε πρακτική εφαρμογή αν δεν υπήρχε ένα συνοδευτικό λογισμικό το οποίο θα απεικόνιζε γραφικά τα δεδομένα και τα αποτελέσματα τους. Εξάλλου στόχος της αυτοματοποιημένης δημιουργίας ωρολογίου προγράμματος είναι μεταξύ άλλων να μπορεί να εκτελεστεί από άτομα μη εξειδικευμένα όπως η γραμματεία του τμήματος (χωρίς αυτό βέβαια να είναι δεσμευτικό). Αυτό βέβαια συνεπάγεται κάποιες προϋποθέσεις. Καταρχάς, το λογισμικό αυτό οφείλει να είναι εύκολο σε χρήση, όσο γίνεται περισσότερο αναλυτικό, τροποποιήσιμο, αναστρέψιμο και να μπορεί να αντιλαμβάνεται ή να μην επιτρέπει σφάλματα κατά την εισαγωγή των εκάστοτε δεδομένων. Εάν κάτι από αυτά δεν συμβαίνει, τότε δεν μπορούμε να πάρουμε από το interface μας το μέγιστο που επιθυμούμε.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία το γραφικό interface χρησιμοποιήθηκε σε δυο βασικούς τομείς. Ο ένας είναι αυτός που ήδη αναφέρθηκε, δηλαδή για την εύκολη εισαγωγή δεδομένων και την ικανότητα που μας παρέχει να αλλάζουμε τις συνθήκες και τα δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή. Έτσι μπορούμε καταρχήν να ψάξουμε για τις ιδανικότερες συνθήκες κάθε περίπτωσης, να κάνουμε μικροαλλαγές γρήγορα και να πάρουμε με απλά και ξεκάθαρα βήματα το τελικό μας πρόγραμμα.

Ο δεύτερος τομέας ήταν ο καθαρά ο δοκιμαστικός τομέας (testing). Όπως αναφέραμε ήδη στο Κεφάλαιο 5, η πρωτογενής μορφή των αποτελεσμάτων της AMPL είναι πίνακες γεμάτοι 0 και 1. Το 1 αντιστοιχεί στο δώρο, τη μέρα και τη φορά που το κάθε μάθημα λαμβάνει χώρα, ενώ το 0 αντιστοιχεί στην μη διδασκαλία του μαθήματος το δώρο  $t$  της ημέρας  $d$ . Ο χρόνος που χρειαζόμασταν στο να αποκωδικοποιήσουμε τους πίνακες αυτούς σε πραγματικό ωρολόγιο πρόγραμμα ήταν ιδιαίτερα μεγάλος. Αυτό δημιουργούσε μεγάλο πρόβλημα στην περίπτωση που θέλαμε να ελέγξουμε τις αλλαγές που κάνουμε κάθε στιγμή στο μοντέλο και τα δεδομένα. Κάθε φορά λοιπόν που αλλάζαμε κάτι, έπρεπε να μεταφράζουμε τους πίνακες σε ωρολόγιο πρόγραμμα, με αποτέλεσμα σπατάλη ανθρωποωρών εργασίας πράγμα που δε μπορούσαμε σε καμία περίπτωση να επιτρέψουμε. Εάν αναλογιστούμε και την επιθυμία μας να μετρήσουμε την ποιότητα του μοντέλου μας με βάση τους

χρόνους που η AMPL έδινε τα αποτελέσματα τότε θα καταλάβουμε ότι ένας γρήγορος τρόπος μετάφρασης των πρωτογενών δεδομένων ήταν επιτακτικός.

Ξεκινήσαμε λοιπόν τη δημιουργία του interface με την απαραίτητη βάση δεδομένων και συνεχίσαμε με τη δημιουργία σε γλώσσα προγραμματισμού php. Όλα αυτά θα αναλυθούν σε λεπτομέρεια στη συνέχεια του κεφαλαίου, όπως επίσης και οι απαραίτητες οδηγίες χρήσης. Τέλος πρέπει να τονίσουμε ότι το εργαλείο που χρησιμοποιεί ο καθένας για να φτιάξει αυτό το interface δεν παίζει κανένα ρόλο αφού η λογική πίσω από αυτό και οι σχέσεις μεταξύ των δεδομένων μας είναι συγκεκριμένες. Έτσι, παρόλο που τώρα χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα php, θα μπορούσε κάποιος άλλος με τα ίδια δεδομένα και ακόμα και τις ίδιες βάσεις δεδομένων να κατασκευάσει ένα εναλλακτικό και γιατί όχι αναλυτικότερο γραφικό interface.

## 6.2. Βάση Δεδομένων

Η αρχή του γραφικού interface δεν είναι άλλη από την βάση δεδομένων. Εκεί θα περιλαμβάνονται όλα τα πρωτογενή δεδομένα όπως τα ονόματα όλων των διδασκόντων και η κατηγοριοποίησή τους αναφορικά με την ιδιότητά τους (ΔΕΠ ή Διδάσκων Π.Δ.407), η λίστα των μαθημάτων που προσφέρει το τμήμα με στοιχεία ταυτότητας του καθενός όπως ο κωδικός του μαθήματος, το εξάμηνο, η διαθεσιμότητα κ.ά. Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήσαμε την MySQL. Ο λόγος που την προτιμήσαμε είναι καθαρά χρηστικός, μιας και αποτελεί ιδιαίτερα διαδεδομένη βάση δεδομένων και είναι ιδανική για web εφαρμογές όπως η δική μας. Συγκεκριμένα, όλα τα αρχεία φιλοξενούνται σε ένα apache server που κάνει την εφαρμογή μας προσβάσιμη από οπουδήποτε μέσω του διαδικτύου.

id	pid	pname	dep	deleted	p_dit1	p_dit2	p_dit3	p_dit4	p_dit5	p_d2t1	p_d2t2
1	1	Ανδρίτσος Νικόλαος	18 b...	1	0	0	1	0	0	0	0
2	2	Αράβας Νικόλαος	15 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
3	3	Βαλουγεώργης Δημήτρης	21 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
4	4	Βλάχος Νικόλαος	15 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
5	5	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	22 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
6	6	Καραμένος Σπύρος	16 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
7	7	Κοζανίδης Γιώργος	17 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
8	8	Λυμπερόπουλος Γιώργος	21 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
9	9	Μποντόζογλου Βασίλης	20 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
10	10	Παπαδημητρίου Κώστας	20 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
11	11	Πελεκάσης Νίκος	15 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
12	12	Πετρόπουλος Γιώργος	19 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
13	13	Σταματέλλος Τάσος	17 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
14	14	Σταμάτης Αναστάσιος	19 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
15	15	Στασποντζής Ερρίκος	19 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
16	16	Τσιγκάρας Παναγιώτης	20 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
17	17	Χαϊδεμενόπουλος Γρηγόρης	24 b...	1	0	0	0	0	0	0	0
18	18	Αδάμ Γεώργιος	13 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
19	19	Αμανατίδου Ελένη	16 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	Αποστολίκας Γιώργος	19 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	Βαξεβανίδης Νικόλαος	20 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
22	22	Βλαχονιδάκης Μιχαήλ	19 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
23	23	Γραμμένος Θεοφάνης	18 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
24	24	Θωμαΐδης Θωμάς	14 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
25	25	Κατσαμάς Αντώνιος	17 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
26	26	Κορλός Απόστολος	16 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
27	27	Κοσμάνης Θεόδωρος	17 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	Λασπίδου Χ.	11 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
29	29	Μπαλαφούτης Κων/νος	19 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
30	30	Μπρεγιάννης Γεώργιος	20 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
31	31	Πανταζάρας Κων/νος	18 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
32	32	Παντελής Δημήτριος	18 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
33	33	Παπαδούλης Απόστολος	20 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
34	34	Σαμαράς Ν.	10 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
35	35	Τσεφαλά Ελένη	13 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
36	36	Χαριτίδης Κωνσταντίνος	22 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
37	37	Χασιώτης Νικόλαος	17 b...	0	0	0	0	0	0	0	0
*	(NULL)	(NULL) (NULL)	0 Kb...	(NULL)	0	0	0	0	0	0	0

Σχήμα 6.1.

Ο πρώτος πίνακας της βάσης δεδομένων (Σχήμα 6.1.) αφορά τους διδάσκοντες. Αναγράφονται αναλυτικά όλοι οι διδάσκοντες του τμήματος, ένας σε κάθε γραμμή. Υπάρχει μια βασική στήλη (id) που αντιστοιχεί στην εγγραφή του κάθε διδάσκοντα στη βάση. Κάθε νέα εγγραφή λαμβάνει τον δικό της αύξοντα αριθμό, ο οποίος ορίζεται αυτόματα από τον MySQL server και είναι μοναδικός. Δηλαδή εάν στο μέλλον διαγραφεί μια εγγραφή τότε το συγκεκριμένος αύξοντας αριθμός id (π.χ. 13) δεν ξαναεμφανίζεται. Η δεύτερη στήλη (pid) αφορά τον κωδικό του καθηγητή και στην περίπτωση μας είναι απλά ένας αύξοντας αριθμός λόγω απουσίας κωδικοποίησης των διδασκόντων από το τμήμα. Στην τρίτη στήλη αναγράφεται το ονοματεπώνυμο (pname) του κάθε διδάσκοντα και στις επόμενες δυο στήλες που είναι οι στήλες dep και deleted καταγράφουμε με τη μορφή δυαδικών μεταβλητών το ένα είναι ή δεν είναι ο κάθε διδάσκων μέλος ΔΕΠ (1 εάν είναι και 0 εάν δεν είναι). Προφανώς, αν κάποιος δεν είναι μέλος ΔΕΠ θα είναι διδάσκων Π.Δ.407. Στη στήλη deleted σημειώνεται εάν κάποιος διδάσκων έχει διαγραφεί από το σύστημα αφού

προφανώς θα έχει σταματήσει να διδάσκει. Στη συνέχεια υπάρχουν άλλες είκοσι πέντε στήλες δυαδικών μεταβλητών όπου καθορίζεται η προτίμηση του συγκεκριμένου διδάσκοντα να διδάξει κάποιο συγκεκριμένο δίωρο της εβδομάδας. Η μορφή των στηλών αυτών είναι p\_dXtZ όπου X είναι η ημέρα της εβδομάδας και Z το δίωρο της κάθε ημέρας και παίρνουν τιμές από ένα έως πέντε. Έτσι, η μονάδα δηλώνει υψηλή προτίμηση να διδάξει το συγκεκριμένο δίωρο Z της ημέρας X ενώ το μηδέν χαμηλή. Σε αντιστοιχία με τον πίνακα κέρδους του μαθηματικού μοντέλου, το 0 και 1 αντιστοιχεί στις τιμές 1 και 3, όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 5. Στην περίπτωση που κάποιος καθηγητής αδυνατεί κάποιο συγκεκριμένο δίωρο να διδάξει για δικούς του λόγους τότε στην αντίστοιχη θέση του πίνακα τοποθετούμε μια πολύ μεγάλη αρνητική τιμή -M.

id	cid	title	mandatory	pid	semester	year	isvalid	deleted	p dlt1	p dlt2	p dlt3	p dlt4
1	MM1	b. ΣΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	11 b...	0	35	1	1	1	0	0	0	1
2	MM100	b. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ I	24 b...	0	23	1	1	1	0	0	0	0
3	MM101	b. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	18 b...	0	30	1	1	1	0	0	0	0
4	MM102	b. ΜΗΧΑΘΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	19 b...	0	31	1	1	1	0	0	0	0
5	MM103	b. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ...	35 b...	0	26	1	1	1	0	0	0	0
6	MM104	b. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ I	24 b...	0	32	1	1	1	0	0	0	0
7	MM105	b. ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	21 b...	0	16	1	1	1	0	0	0	0
8	MM2	b. ΣΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ II	14 b...	0	35	2	1	1	0	0	0	0
9	MM200	b. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ II	25 b...	0	23	2	1	1	0	0	0	0
10	MM201	b. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ	19 b...	0	30	2	1	1	0	0	0	0
11	MM202	b. ΜΗΧΑΘΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ	26 b...	0	31	2	1	1	0	0	0	0
12	MM203	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ	18 b...	0	6	2	1	1	0	0	0	0
13	MM204	b. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ I	15 b...	0	14	2	1	1	0	0	0	0
14	MM205	b. ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ...	38 b...	0	27	2	1	1	0	0	0	0
15	MM300	b. ΣΥΝΘΕΣΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣ...	29 b...	0	23	3	2	1	0	0	0	0
16	MM301	b. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	18 b...	0	3	3	2	1	0	0	0	0
17	MM302	b. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	17 b...	0	25	3	2	1	0	0	0	0
18	MM303	b. ΔΥΝΑΜΙΚΗ	8 b...	0	10	3	2	1	0	0	0	0
19	MM304	b. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ II	16 b...	0	4	3	2	1	0	0	0	0
20	MM305	b. ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	25 b...	0	5	3	2	1	0	0	0	0
21	MM400	b. ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ...	42 b...	0	11	4	2	1	0	0	0	0
22	MM401	b. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	27 b...	0	5	4	2	1	0	0	0	0
23	MM402	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ I	21 b...	0	19	4	2	1	0	0	0	0
24	MM403	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ I	19 b...	0	4	4	2	1	0	0	0	0
25	MM404	b. ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	19 b...	0	17	4	2	1	0	0	0	0
26	MM405	b. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΟΠΤΙΚΗ	27 b...	0	23	4	2	1	0	0	0	0
27	MM500	b. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ...	44 b...	0	8	5	3	1	0	0	0	0
28	MM501	b. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	21 b...	0	3	5	3	1	0	0	0	0
29	MM502	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ II	22 b...	0	2	5	3	1	0	0	0	0
30	MM504	b. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ I	18 b...	0	31	5	3	1	0	0	0	0
31	MM505	b. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗ...	44 b...	0	27	5	3	1	0	0	0	0
32	MM600	b. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	20 b...	0	7	6	3	1	0	0	0	0
33	MM601	b. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	25 b...	0	28	6	3	1	0	0	0	0
34	MM602	b. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	19 b...	0	1	6	3	1	0	0	0	0
35	MM603	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ II	19 b...	0	15	6	3	1	0	0	0	0
36	MM610	b. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ...	42 b...	1	15	6	3	1	0	0	0	0
37	MM620	b. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝ...	36 b...	2	6	6	3	1	0	0	0	0
38	MM621	b. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ...	31 b...	2	25	6	3	1	0	0	0	0
39	MM622	b. ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	12 b...	2	2	6	3	1	0	0	0	0
40	MM629	b. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ II	19 b...	2	31	6	3	1	0	0	0	0
41	MM630	b. ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ_ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΕ...	46 b...	3	24	6	3	1	0	0	0	0
42	MM639	b. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ II	25 b...	3	32	6	3	1	0	0	0	0
43	MM700	b. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡ...	33 b...	0	7	7	4	1	0	0	0	0
44	MM701	b. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΡΦΩΣΕΩΣ	24 b...	0	21	7	4	1	0	0	0	0
45	MM702	b. ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	18 b...	0	9	7	4	1	0	0	0	0
46	MM703	b. ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ	15 b...	0	14	7	4	1	0	0	0	0
47	MM710	b. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤ...	45 b...	1	11	7	4	1	0	0	0	0
48	MM711	b. ΑΕΥΗΠΙΣΤΗ_ΣΥΝΙΠΙΣΤΗ ΑΕ...	35 b...	1	15	7	4	1	0	0	0	0
49	MM720	b. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ...	32 b...	2	10	7	4	1	0	0	0	0
50	MM728	b. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑ...	43 b...	2	17	7	4	1	0	0	0	0
*	(NULL)	(NULL)	Kb...	(NULL)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	1	0	0	0	0

Σχήμα 6.2.

Ο δεύτερος πίνακας της βάσης δεδομένων (Σχήμα 6.2.) αφορά τα προσφερόμενα από το τμήμα μαθήματα και έχει παρόμοια δομή με τον πίνακα των καθηγητών. Ξεκινάει με τη στήλη της εγγραφής (id) που έχει ίδιες ιδιότητες με πριν, δηλαδή μοναδικότητα και αύξοντα αριθμό. Στη συνέχεια ακολουθεί ο κωδικός του μαθήματος (cid) που στην περίπτωσή μας είναι ο κωδικός που έχει δώσει το τμήμα στα μαθήματα και μπορεί να βρεθεί είτε στην ιστοσελίδα είτε στο πρόγραμμα σπουδών του τμήματος. Αυτός αποτελείται από το σύμβολο MM και ένα τριψήφιο αριθμό που υποδηλώνει το εξάμηνο, την κατεύθυνση και έναν αύξοντα αριθμό, για παράδειγμα το μάθημα MM105 – Χημεία για Μηχανικούς βρίσκεται στο πρώτο εξάμηνο (1) είναι υποχρεωτικό για όλους (0) και είναι το εγγεγραμμένο 5<sup>ο</sup> μάθημα του εξαμήνου (5). Από την αρίθμηση αυτή εξαιρούνται τα μαθήματα των Αγγλικών που απλώς παίρνουν τις κωδικές ονομασίες MM1 και MM2. Στην τρίτη στήλη αναγράφεται το πλήρες όνομα του μαθήματος (title) όπως αυτό θα απεικονίζεται στο interface εξόδου, ενώ στις επόμενες στήλες αναγράφονται λεπτομέρειες που αφορούν το κάθε μάθημα. Συγκεκριμένα, η στήλη mandatory αναφέρεται στην κατηγορία του μαθήματος. Τα υποχρεωτικά για όλους μαθήματα έχουν την τιμή 0, τα μαθήματα του πρώτου τομέα (Τομέας Υλικών) είτε είναι υποχρεωτικά είτε επιλογής έχουν την τιμή 1 και το ίδιο ισχύει και για τις άλλες δυο κατευθύνσεις, δηλαδή παίρνουν τις τιμές 2 και 3 αντίστοιχα. Συνεχίζουμε με τη στήλη 'pid' που συσχετίζει το κάθε μάθημα με έναν συγκεκριμένο διδάσκοντα. Ο αριθμός που βρίσκεται στη στήλη αυτή είναι ο ίδιος αριθμός δηλαδή που βρίσκεται στον πίνακα των καθηγητών στη δεύτερη στήλη. Για παράδειγμα το μάθημα MM1 – Αγγλικά I έχει 'pid' την τιμή 35 που αν την ελέγξουμε στο πίνακα των καθηγητών αντιστοιχεί στην κ. Τσεφαλά Ελένη.

	id	cid	title	mandatory	pid	semester	year	isvalid	deleted
<input type="checkbox"/>	1	MM1	Α. ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	1	35	1	1	1	0

Σχήμα 6.3.

Ακολουθούν οι τοποθετήσεις των μαθημάτων στο πρόγραμμα σπουδών αφού οι επόμενες δυο στήλες καθορίζουν το εξάμηνο (semester) και το έτος (year) λαμβάνοντας τις ανάλογες τιμές. Στο πρόγραμμα σπουδών μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει ένα ζευγάρι μαθημάτων (MM728-MM729) που διδάσκονται εναλλάξ. Την εναλλαγή αυτή καθορίζει η δυαδική μεταβλητή isvalid όπου με 1 το μάθημα διδάσκεται ενώ με 0 όχι. Η χρησιμότητα της μεταβλητής αυτής είναι πολύ μεγάλη, μιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον όταν νέα

μαθήματα θα έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα. Εάν λοιπόν αυτά τα μαθήματα δίνονται εναλλάξ, με τον ίδιο τρόπο θα περαστούν στο σύστημά μας χωρίς προβλήματα. Στη συνέχεια υπάρχουν όπως και πριν είκοσι πέντε στήλες που αποτελούν τους προκαθορισμούς των μαθημάτων. Η μορφή των στηλών αυτών είναι ίδια με πριν, δηλαδή, p\_dXtZ όπου X είναι η ημέρα της εβδομάδας και Z το δίωρο της κάθε ημέρας και παίρνουν τιμές από ένα έως πέντε. Έτσι η μονάδα δηλώνει την προεπιλογή του μαθήματος της ίδιας γραμμής να διδαχθεί το συγκεκριμένο δίωρο Z της ημέρας X ενώ το μηδέν τη μη προεπιλογή.

### 6.3. Δημιουργία και Παρουσίαση του γραφικού Interface

Ξεκινώντας πρέπει να πούμε ότι η γλώσσα στην οποία θα βασιστεί το γραφικό interface είναι η γλώσσα PHP. Η PHP, της οποίας τα αρχικά αντιπροσωπεύουν το "PHP: Hypertext Preprocessor" είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη, ανοιχτού κώδικα, γενικού σκοπού scripting γλώσσα προγραμματισμού, η οποία είναι ειδικά κατάλληλη για ανάπτυξη εφαρμογών για το Web και μπορεί να ενσωματωθεί στην HTML. Ταυτόχρονα, δίνει σε πραγματικό χρόνο στον επισκέπτη το περιεχόμενο της εσωτερικής της λειτουργίας. Η ικανότητά της αυτή την κάνει ιδανική για εφαρμογές όπως η δική μας. Ο σκοπός βέβαια αυτής της διπλωματικής δεν είναι αυτός καθαυτός ο κώδικας php (μιας και δεν αποτελεί αντικείμενο διδακτέο και εξετάσιμο) αλλά το αποτέλεσμα, για αυτό και δεν θα το αναλύσουμε περαιτέρω. Εξάλλου, μια ανεπτυγμένη εφαρμογή php θα μπορούσε σε κάποιο τμήμα να αποτελέσει αυτοτελή διπλωματική εργασία.


Έτσι, θα χρησιμοποιήσουμε μια σελίδα web γραμμένη σε γλώσσα php όπου μέσα στον κώδικα θα τρέχουν διάφορες συναρτήσεις (functions). Οι συναρτήσεις αυτές ουσιαστικά θα φτιάχνουν τα αρχεία της AMPL model και data (Παράρτημα II), ενώ σε δεύτερο βαθμό θα μετατρέπουν το αρχείο output της AMPL σε εύκολα αναγνώσιμο ωρολόγιο πρόγραμμα. Φυσικά, σαν προκαταρκτικό interface έχει τις ατέλειες του όπως ελάχιστη αναγνώριση σφαλμάτων κατά την εισαγωγή των δεδομένων, έλλειψη απευθείας σύνδεσης με την AMPL λόγω τεχνικών αδυναμιών του εργαστηρίου που στεγάζει την AMPL και έλλειψη παραμετροποίησης στο 100%, με αποτέλεσμα για κάποιες λεπτομερείς και εξειδικευμένες αλλαγές να μη γλυτώνουμε την απευθείας επέμβαση στα αρχεία μοντέλου και δεδομένων. Επίσης, η



εκτέλεση της AMPL θα πρέπει να γίνει χειροκίνητα στον server του εργαστηρίου και λαμβάνοντας το αρχείο εξόδου να το μεταφέρουμε στον server του interface.

Αυτό που κάνουμε προγραμματιστικά είναι να έχουμε μια αρχική φόρμα κειμένου με γραμμές στα αρχεία μοντέλου και δεδομένων που δεν αλλάζουν (όπως για παράδειγμα οι 5 μέρες της εβδομάδας, η αντικειμενική συνάρτηση, οι βασικοί περιορισμοί κá) και μέσω του interface να γεμίζουμε τις υπόλοιπες γραμμές. Ας περάσουμε όμως στην παρουσίαση του Interface.

Στο σχήμα 6.4 βλέπουμε την σελίδα υποδοχής. Στην αριστερή πλευρά αναγράφονται οι διάφορες επιλογές του interface όπως οι Διδάσκοντες, τα Μαθήματα, οι Προτιμήσεις των Διδασκόντων, η Δημιουργία του προγράμματος και η Εμφάνιση του Ωρολογίου Προγράμματος. Επιλέγοντας τους «Διδάσκοντες» περνάμε στο πρώτο παράθυρο δεδομένων.


 <b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ</b> <small>ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ</small>			
<u>Διδάσκοντες</u>	<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Ιδιότητα</b>	
<u>Μαθήματα</u>	Ανδρίτσος Νικόλαος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
<u>Προτιμήσεις Διδασκόντων</u>	Αράβας Νικόλαος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
<u>Δημιουργία Προγράμματος</u>	Βαλουγεώργης Δημήτρης	ΔΕΠ	Επεξεργασία
<u>Εμφάνιση Ωρολογίου Προγράμματος</u>	Βλάχος Νικόλαος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Καραμάνος Σπύρος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Κοζανιδής Γιώργος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Λυμπερόπουλος Γιώργος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Μποντόζογλου Βασίλης	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Παπαδημητρίου Κώστας	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Πελεκάσης Νίκος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Πετρόπουλος Γιώργος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Σταματέλλας Τάσος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Σταμάτης Αναστάσιος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Στασποντζής Ερρίκος	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Τσιακάρας Παναγιώτης	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Χαϊδεμενόπουλος Γρηγόρης	ΔΕΠ	Επεξεργασία
	Αδάμ Γεώργιος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Αμανατίδου Ελένη	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Αποστολίκας Γιώργος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Βαξεβανίδης Νικόλαος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Βλαχογιάννης Μιχαήλ	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Γραμμένος Θεοφάνης	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Θωμαΐδης Θωμάς	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Κατσαμάς Αντώνιος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Κορλός Απόστολος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
	Κοσμάνης Θεόδωρος	Π.Δ.407	Επεξεργασία
Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς			

Σχήμα 6.4

Η σελίδα αυτή λαμβάνει πληροφορίες από τον πίνακα των διδασκόντων της βάσης δεδομένων και μπορούμε να διακρίνουμε το ονοματεπώνυμο του διδάσκοντος, την ιδιότητά του και ένα κουμπί ‘Επεξεργασία’. Εάν το επιλέξουμε μπορούμε ανά πάσα στιγμή να αλλάξουμε το ονοματεπώνυμο και την ιδιότητα του κάθε διδάσκοντος ή να διαγράψουμε κάποιον από τη βάση μας (π.χ. εάν κάποιος διδάσκων αποχώρησε από τη σχολή). Το παράθυρο της ‘Επεξεργασίας’ φαίνεται καθαρά στο σχήμα 6.5. Ίδια μορφή έχει και το παράθυρο που θα ανοίξει εάν πατήσουμε το κουμπί ‘Προσθήκη’ που βρίσκεται στο κάτω μέρος του παραθύρου.

Όνομα	Ανδρίτσος Νικόλαος
Ιδιότητα	ΔΕΠ
<input type="button" value="Ακύρωση"/> <input type="button" value="Αποθήκευση"/> <input type="button" value="Διαγραφή"/>	

Σχήμα 6.5

 <b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ</b> <small>ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ</small>						
Διδάσκοντες	Κωδικός	Τίτλος	Διδάσκων	Εξάμηνο διδασκείας	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM1	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	Τσεφαλό Ελένη	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Μαθηματα</u>	MM100	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ I	Γραμμένος Θεοφάνης	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Προπτυχιακός</u>	MM101	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	Μπρεγιάννης Γεώργιος	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Διδασκόντων</u>	MM102	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	Παντζάρας Κων/νος	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Διπλωματία</u>	MM103	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	Κορλάς Απόστολος	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Προγράμματος</u>	MM104	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ I	Παντελής Δημήτριος	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM105	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	Τσιακάρης Παναγιώτης	1	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Εισαγωγή</u>	MM2	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ II	Τσεφαλό Ελένη	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Επιπέδου</u>	MM200	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ II	Γραμμένος Θεοφάνης	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
<u>Προγράμματος</u>	MM201	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ	Μπρεγιάννης Γεώργιος	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM202	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ	Παντζάρας Κων/νος	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM203	ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ	Καραμάνος Σπύρος	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM204	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ I	Σταμάτης Αναστάσιος	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM205	ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	Κασμάνης Θεόδωρος	2	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM300	ΣΥΝΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	Γραμμένος Θεοφάνης	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM301	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Βαλουγεώργης Δημήτρης	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM302	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	Κατσμάς Αντώνιος	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM303	ΔΥΝΑΜΙΚΗ	Παπαδημητρίου Κώστας	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM304	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ II	Βλάχος Νικόλαος	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM305	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	3	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM400	ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥΣ	Πελεκάσης Νίκος	4	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM401	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	4	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM402	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ I	Αμσωνίδου Ελένη	4	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM403	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ I	Βλάχος Νικόλαος	4	ΝΑΙ	Επεξεργασία
	MM404	ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	Χαιδεμόνοπουλος Γρηγόρης	4	ΝΑΙ	Επεξεργασία

Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς

Σχήμα 6.6.

Στη δεύτερη σελίδα των μαθημάτων βλέπουμε ένα μεγάλο πίνακα που περιλαμβάνει τον κωδικό, τον τίτλο, τον διδάσκοντα και το εξάμηνο του κάθε μαθήματος. Επίσης, υπάρχει μια επιλογή για το αν διδάσκεται ή όχι κάποιο μάθημα τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και το φυσικά το κουμπί της ‘Επεξεργασίας’. Το σχήμα 6.6 είναι ιδιαίτερα κατατοπιστικό. Οι επιλογές της επεξεργασίας στη σελίδα των μαθημάτων είναι περισσότερες από ότι στη σελίδα των διδασκόντων. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.7, μπορούμε να αλλάξουμε τον κωδικό και το όνομα του μαθήματος και να αλλάξουμε επιλέγοντας από ένα drop down menu διαφορετικό διδάσκοντα, εξάμηνο, τομέα για κάθε μάθημα, αλλά και το αν προσφέρεται ή όχι από το τμήμα επί του παρόντος. Κάθε αλλαγή εδώ αλλάζει ουσιαστικά τις τιμές στον πίνακα μαθημάτων της βάσης δεδομένων.

Κωδικός	MM100
Τίτλος	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ I
Διδάσκων	Γραμμένος Θεοφάνης
Εξάμηνο	1
Τομέας	Κορμός
Διδάσκεται	ΝΑΙ
<input type="button" value="Ακύρωση"/> <input type="button" value="Αποθήκευση"/> <input type="button" value="Διαγραφή"/>	

Σχήμα 6.7

Στο κάτω μέρος της σελίδας υπάρχει ομοίως το κουμπί ‘Προσθήκη’ όπου η παραπάνω φόρμα απλά είναι άδεια και περιμένει να δεχθεί μια νέα καταχώρηση μαθήματος.

Συνεχίζοντας, η τρίτη επιλογή του interface είναι οι Προτιμήσεις των διδασκόντων. Αυτό που βλέπουμε και στο σχήμα 6.8 είναι ένα drop down menu όπου μπορούμε να επιλέξουμε τον καθηγητή που θέλουμε. Πατώντας το κουμπί επιλογή ανοίγει το νέο παράθυρο που περιλαμβάνει έναν εβδομαδιαίο πίνακα με ελεύθερα κουτάκια όπου κάθε κουτάκι αντιστοιχεί σε ένα δίωρο της κάθε ημέρας. Επιλέγοντας λοιπόν κάποια από τα κουτιά αυτά σημαίνει ότι ο διδάσκων έχει υψηλή επιθυμία να διδάξει εκείνο το δίωρο, με αποτέλεσμα στην βάση δεδομένων να εγγράφεται σε εκείνο το δίωρο η τιμή 3 (δηλαδή στο κατάλληλο σημείο του πίνακα κέρδους P). Τα μη επιλεγμένα κουτάκια διατηρούν τις τιμές 1. Όταν λοιπόν πατήσουμε αποθήκευση, οι προτιμήσεις σώζονται στη βάση και πλέον το όνομα του διδάσκοντα φαίνεται σε

κίτρινο πλαίσιο για να ξεχωρίζει από τους άλλους που δεν έχουν δηλώσει ακόμα προτίμηση. Το κουμπί 'Καθαρισμός μετατρέπει όλα τα γεμάτα κουτάκια σε άδεια σαν ένα reset button.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

[Διδάσκοντες](#)

[Μαθήματα](#)

[Προσλήψεις Διδασκόντων](#)

[Δημιουργία Προνομήματος](#)

[Εμφάνιση Ωρολήνιου Προνομήματος](#)

Ανδρίτσος Νικόλαος

Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς

Σχήμα 6.8.

Ανδρίτσος Νικόλαος

Προτιμήσεις για το διδάσκοντα: **Ανδρίτσος Νικόλαος**

	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή
9:00-11:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11:00-13:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14:00-16:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16:00-18:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18:00-20:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Σχήμα 6.9.

Αφού λοιπόν έχουμε καθορίσει τα βασικά μεγέθη, δηλαδή τους διδάσκοντες, τα μαθήματα και τις προτιμήσεις των διδασκόντων περνάμε στο τελευταίο στάδιο της εισαγωγής δεδομένων. Επιλέγουμε λοιπόν το ‘Δημιουργία Προγράμματος’ και η πρώτη ερώτηση που μας γίνεται είναι να επιλέξουμε ποια περίοδο επιθυμούμε να επιλέξουμε, τη χειμερινή ή τη θερινή (σχήμα 6.10)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΓΕΝΕΤΙΚΗΣ

Διδάσκοντες

Μαθήματα

Προτιμήσεις  
Διδασκόντων

Δημιουργία  
Προγράμματος

Εμφάνιση  
Ωρολόγιου  
Προγράμματος

Επιλέξτε Περίοδο:

Χειμερινή ▾ Συνέχεια >

Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς

Σχήμα 6.10.

Στη συνέχεια, καλούμαστε να επιλέξουμε τα προκαθορισμένα μαθήματα. Έτσι, διαλέγουμε από το drop down menu το μάθημα που επιθυμούμε να προεπιλέξουμε και πατάμε ‘Επιλογή’ ώστε να μας ανοίξει το ανάλογο παράθυρο προεπιλογής (σχήμα 6.11).

Προκαθορίστε μαθήματα:

MM1 ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ Επιλογή Συνέχεια >

Προκαθορισμός ωρών για το μάθημα: **MM1 ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ**  
 Σημείωση: Επιλέξτε ΜΟΝΟ 2 κουτάκια.

	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή
9:00-11:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11:00-13:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14:00-16:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16:00-18:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18:00-20:00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Επανάφορά Καθαρισμός Αποθήκευση

Σχήμα 6.11.

Εδώ όπως φαίνεται και στη σημείωση πρέπει να επιλέξουμε μόνο δυο κουτάκια, αφού τα δίωρα που διδάσκεται το κάθε μάθημα είναι δύο. Μετά πατάμε αποθήκευση και συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο και στα υπόλοιπα μαθήματα προς προκαθορισμό. Τα προκαθορισμένα μαθήματα διαφέρουν στην λίστα από τα υπόλοιπα λόγω του κίτρινου φόντου τους. Δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι αυτό που κάνει το interface στην προεπιλογή των μαθημάτων είναι 2 πράγματα. Καταρχάς, δίνει την τιμή 1 στη μεταβλητή  $X$  που αντιστοιχεί σε αυτά τα δίωρα και κατά δεύτερον δίνει την τιμή 1 στη βοηθητική μεταβλητή  $q_m$  και όλα αυτά προστίθενται στο αρχείο μοντέλου ως επιπλέον περιορισμοί.

Πατώντας το πλήκτρο ‘Συνέχεια’ περνάμε στη δήλωση των μαθημάτων αυξημένης δυσκολίας (σχήμα 6.12). Εκεί, κρατώντας το πλήκτρο Ctrl πατημένο για να επιτύχουμε πολλαπλή επιλογή, διαλέγουμε τα θεωρητικά ‘δύσκολα’ μαθήματα που δεν θέλουμε να συμπέσουν οι ώρες διδασκαλίας τους. Ό,τι επιλέξουμε εδώ πηγαίνει στο αρχείο δεδομένων ως στοιχεία του συνόλου Mhard. Πατάμε λοιπόν πάλι το πλήκτρο ‘Συνέχεια’ και φτάνουμε στο τελευταίο βήμα πριν την ολοκλήρωση των αρχείων μας. Εδώ επιλέγουμε τον αριθμό των αιθουσών διδασκαλίας  $A$  που είναι προεπιλεγμένος στην τιμή 5 και τον αριθμό της παραμέτρου  $Q$  που είναι η διαφορά μεταξύ του κατώτατου και του ανώτατου αριθμού δίωρων των μαθημάτων

οποιοδήποτε συγκεκριμένου έτους και κατεύθυνσης που διδάσκονται σε οποιαδήποτε ημέρα. Το Q είναι προεπιλεγμένο στην τιμή 4 (σχήμα 6.13).

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διδάσκοντες  
Μαθήματα  
Προπονήσεις  
Διδασκόντων  
Δημιουργία  
Προγράμματος  
Εμφάνιση  
Ωρολόγιου  
Προγράμματος

Επιλέξτε μαθήματα αυξημένης δυσκολίας:  
*Σημείωση: Για πολλαπλή επιλογή κρατήστε πατημένο το πλήκτρο Ctrl και επιλέξτε.*

MM1 ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ  
MM100 ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ I  
MM101 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ  
MM102 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ  
MM103 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ  
MM104 ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ I  
MM105 ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ  
MM300 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ  
MM301 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
MM302 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ  
MM303 ΔΥΝΑΜΙΚΗ  
MM304 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ II  
MM305 ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ  
MM500 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ  
MM501 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ  
MM502 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ II  
MM504 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ I  
MM505 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ  
MM503 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ I  
MM700 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ  
MM701 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ  
MM702 ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ  
MM703 ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ  
MM710 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  
MM711 ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ  
MM720 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ  
MM728 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ\*  
MM730 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
MM731 ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ & ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ  
MM739 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
MM900 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ  
MM910 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ  
MM917 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
MM918 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ  
MM925 ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
MM927 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ  
MM929 ΧΟΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς

Σχήμα 6.12

Διαθέσιμος αριθμός αιθουσών

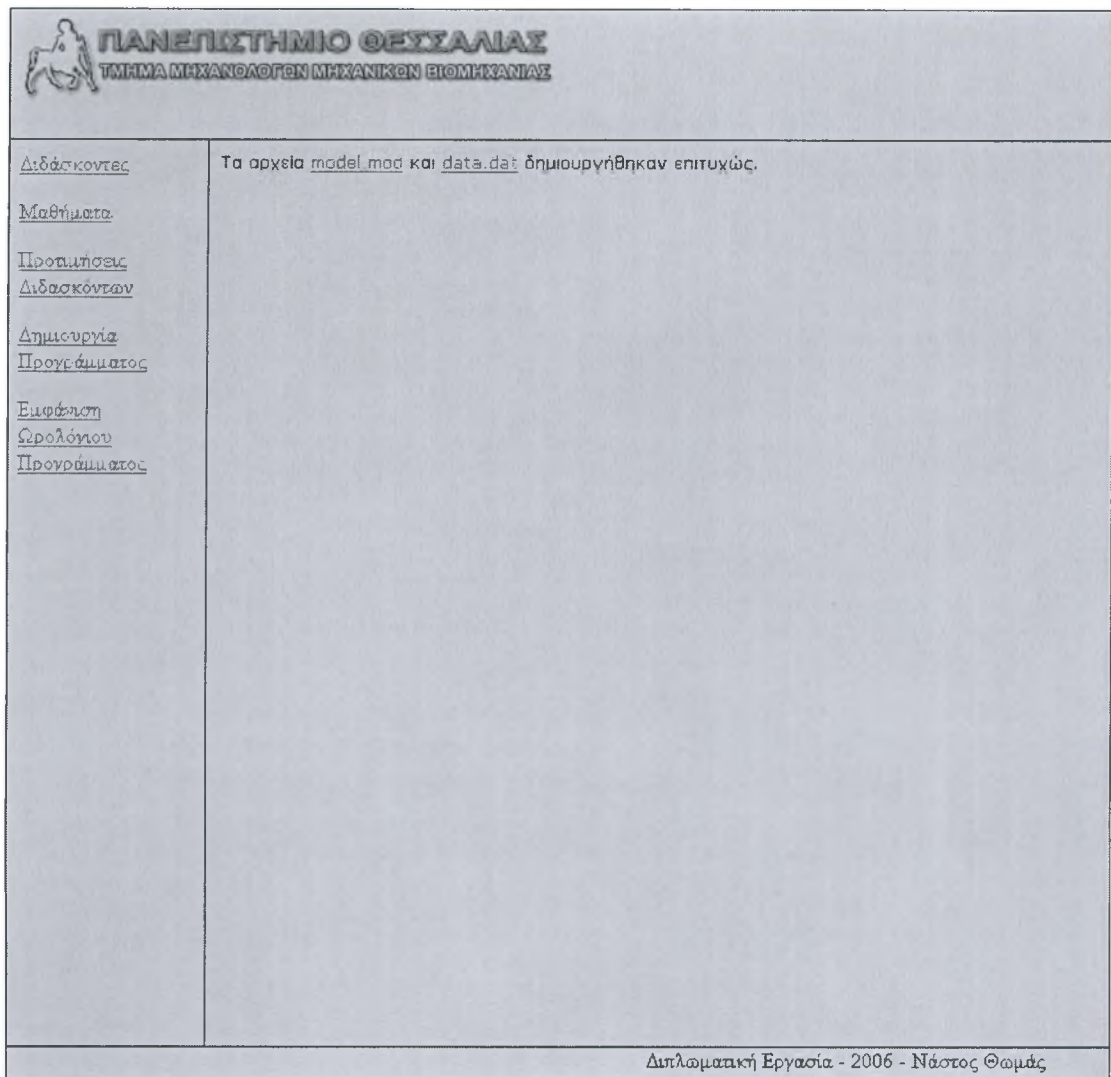
A:

Διαφορά ελάχιστου και μέγιστου αριθμού μαθημάτων που διδάσκονται την ημέρα

Q:

Σχήμα 6.13

Η τελευταία σελίδα που θα δούμε είναι αυτή που μας ενημερώνει ότι τα αρχεία μοντέλου και δεδομένων έχουν δημιουργηθεί επιτυχώς. (σχήμα 6.14)

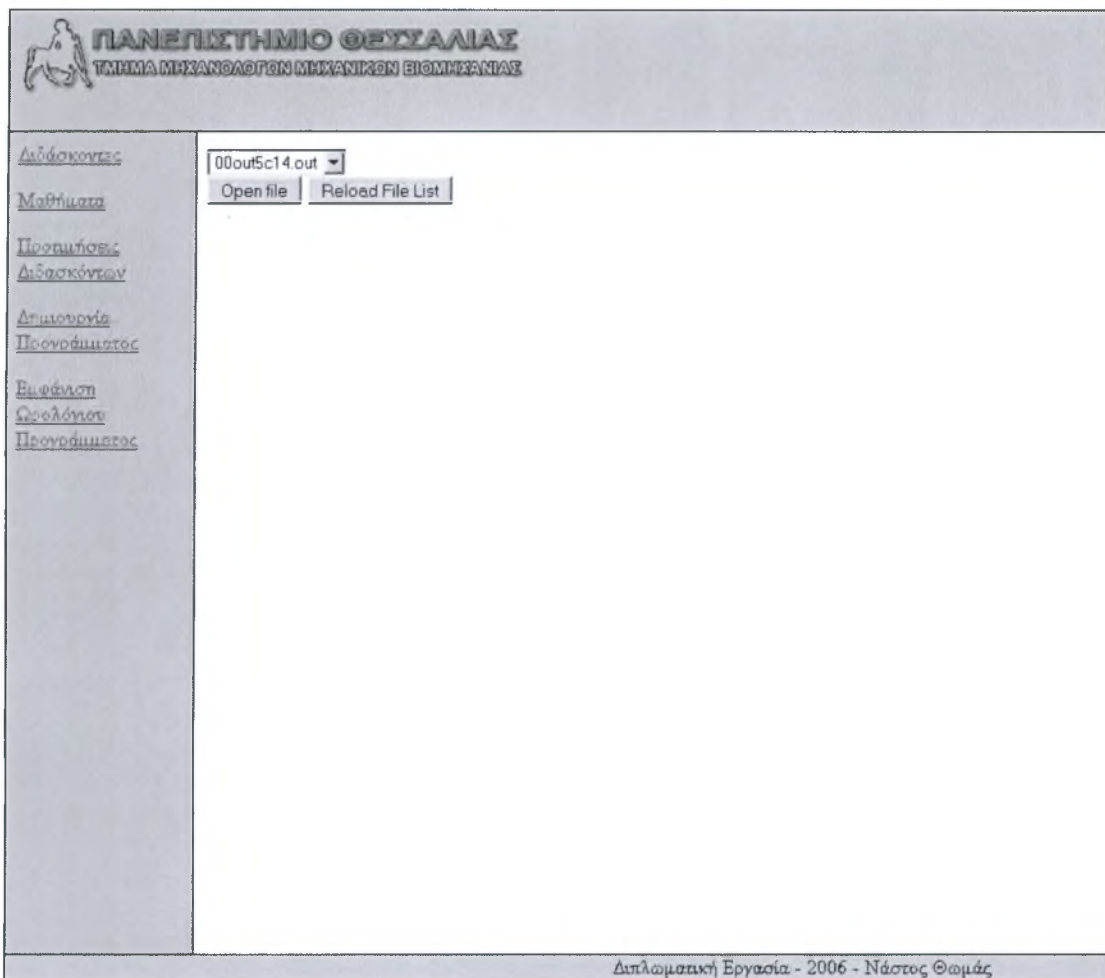


Σχήμα 6.14

Δυστυχώς ο server του εργαστηρίου δεν υποστηρίζει MySQL εργασίες, οπότε αναγκαζόμαστε να αντιγράψουμε τα αρχεία μοντέλου και δεδομένων που δημιουργήθηκαν στον apache server της προσωπικής μας ιστοσελίδας χειροκίνητα στον server του εργαστηρίου. Εκτελούμε λοιπόν τις εντολές της AMPL όπως αυτές φαίνονται στο Παράρτημα III και επιστρέφουμε στον server μας το αρχείου εξόδου για την τελική φάση της δημιουργία του ωρολογίου προγράμματος.

Η τελευταία επιλογή λοιπόν στο interface μας είναι η 'Εμφάνιση Ωρολόγιου Προγράμματος' (σχήμα 6.15)





Σχήμα 6.15.

Το χαρακτηριστικό άσπρο φόντο οφείλεται στο ότι αυτό το κομμάτι του interface δημιουργήθηκε πρώτο, αφού ήταν το εργαλείο των δοκιμών μας από την αρχή ενασχόλησης της εργασίας μας. Στο drop down menu βλέπουμε όλα τα αρχεία \*.out που βρίσκονται στον συγκεκριμένο φάκελο του server μας και πατώντας 'Open' λαμβάνουμε το επιθυμητό ωρολόγιο πρόγραμμα.

Ουσιαστικά, το interface εξόδου αντιστοιχίζει τους πίνακες εξόδου της AMPL με τον πίνακα μαθημάτων της βάσης δεδομένων και όπου υπάρχει η τιμή 1 το αντιστοιχεί με το σωστό μάθημα και το τυπώνει με τον τίτλο του στον πίνακα δώρων-ημερών που κατασκευάσαμε όπως φαίνεται στο σχήμα 6.16. Αναλυτικά το ωρολόγιο πρόγραμμα του παραδείγματός μας βρίσκεται στο Παράρτημα III

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι αν για κάποιον λόγο εισάγουμε στοιχεία που δεν μας δώσουν εφικτή λύση, τότε θα πρέπει να εισάγουμε τα δεδομένα μας από την αρχή κάνοντας αλλαγές είτε στα προκαθορισμένα μαθήματα είτε στην επιλογή των μαθημάτων αυξημένης δυσκολίας.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΟΜΟΝΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΩΝ**

Αιτήματα  
 Μαθήματα  
 Προμήθειες  
 Διδακτορία  
 Προγράμματα  
 Έμφαση  
 Οφέλη  
 Προγράμματα

out2.out  
 Open file | Reload File List

File Results: out2.out

**1ο ΕΤΟΣ**

	Deutera	Tribi	Tetarti	Pempth	Paraskevh
9:00 - 11:00	(MM104) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι	(MM103) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM1) ΣΕΝΗ ΓΛΩΣΣΙΑ	(MM100) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι	(MM102) ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
11:00 - 13:00	(MM100) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι		(MM101) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	(MM103) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM102) ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
14:00 - 16:00	(MM1) ΣΕΝΗ ΓΛΩΣΣΙΑ		(MM105) ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ		(MM105) ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
16:00 - 18:00	(MM101) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ				(MM104) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι
18:00 - 20:00					

**2ο ΕΤΟΣ**

	Deutera	Tribi	Tetarti	Pempth	Paraskevh
9:00 - 11:00	(MM303) ΔΥΝΑΜΙΚΗ	(MM304) ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	(MM302) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	(MM304) ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	(MM300) ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΣΙΩΣΕΙΣ
11:00 - 13:00		(MM305) ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	(MM300) ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΣΙΩΣΕΙΣ	(MM301) ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	(MM305) ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
14:00 - 16:00		(MM301) ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			(MM303) ΔΥΝΑΜΙΚΗ
16:00 - 18:00					(MM302) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ
18:00 - 20:00					

**3ο ΕΤΟΣ**

Διπλωματική Εργασία - 2006 - Νάστος Θωμάς

Σχήμα 6.16

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> - Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία ξεκίνησε ως μια προσπάθεια επέκτασης του πρωταρχικού μαθηματικού μοντέλου ακεραίου προγραμματισμού που ανέπτυξε ο συνάδελφος Βασίλης Κουτρομπίνας ένα χρόνο πριν, για την αυτοματοποιημένη δημιουργία ωρολογίου προγράμματος (automated timetabling). Στην εργασία εκείνη έγινε μια πρώτη προσπάθεια μοντελοποίησης και περιγραφής του προβλήματος και σχεδιάστηκε σε AMPL ένα πρωταρχικό μοντέλο που μας έδινε κάποια εφικτή λύση με βάση συγκεκριμένους περιορισμούς. Αφού λοιπόν μελετήσαμε το υπάρχον μοντέλο ξεκινήσαμε να ερευνούμε το πρόβλημα ώστε να διαπιστώσουμε αδυναμίες, παραλείψεις αλλά και περαιτέρω βελτιώσεις. Έτσι προσθέσαμε νέους περιορισμούς, διαγράψαμε παλιούς αλλά και περιττούς περιορισμούς, δημιουργήσαμε νέα δεδομένα, και ανανεώσαμε βασικά μεγέθη.

Στη συνέχεια, κατασκευάσαμε ένα αρχικό interface εξόδου που μας επέτρεψε να κάνουμε μετρήσεις για την ποιότητα του μοντέλου, όσον αφορά τους χρόνους κυρίως που η AMPL μας δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα (αλλάζοντας τις αρχικές συνθήκες). Έτσι, αφού πλέον είμαστε σίγουροι για την ποιότητα του μαθηματικού μας μοντέλου κατασκευάσαμε μία επιφάνεια ελέγχου (control panel) που χρησιμοποιείται ως interface εισαγωγής στοιχείων για την εκτέλεση της AMPL. Όλα αυτά τα στάδια εξηγήθηκαν αναλυτικά και όλα τα δεδομένα βρίσκονται στα Παραρτήματα για περαιτέρω μελέτη. Επίσης, όλα τα αρχεία των δοκιμών μας βρίσκονται στο συνοδευτικό CDROM για κάθε χρήση.

Σίγουρα ακόμα και όταν ένα μαθηματικό μοντέλο δουλεύει σωστά και δίνει επιθυμητά και αρεστά αποτελέσματα έχουμε πάντα κάποιες κρυφές σκέψεις για περαιτέρω τροποποιήσεις και βελτιώσεις. Στη δική μας περίπτωση, οι σκέψεις μας για τον τρόπο που θα μπορούσε το μαθηματικό μοντέλο αυτό να βελτιωθεί εστιάζονται στην αδυναμία συγκέντρωσης των απαραίτητων στοιχείων που επιθυμούσαμε και όχι σε κάτι μείζον ή δραστικό.

Συγκεκριμένα, οι σκέψεις μας για βελτίωση αναφέρονται σε ένα σύνολο προσωπικών στοιχείων των φοιτητών, με βασικότερο όλων το τι μαθήματα χρωστούν και τελικά δηλώνουν το κάθε εξάμηνο. Έχοντας αυτό το στοιχείο θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε ένα πίνακα που θα παρουσίαζε τον αριθμό φοιτητών που έχουν

δηλώσει το κάθε μάθημα. Έχοντας λοιπόν αυτό το στοιχείο, θα μπορούσαμε να ελαχιστοποιήσουμε τις περιπτώσεις που μαθήματα με πολλούς φοιτητές συμπίπτουν, πράγμα που πετύχαμε βέβαια ήδη δηλώνοντας στο μοντέλο μας συγκεκριμένα μαθήματα «αυξημένης» δυσκολίας, κυρίως όμως με εμπειρικά κριτήρια. Με το ίδιο σκεπτικό, και γνωρίζοντας λεπτομερώς το ποιος φοιτητής δήλωσε τι, μπορούμε με εξαντλητική αναζήτηση να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα του γεγονότος 2 μαθήματα με κοινούς φοιτητές να συμπίπτουν.

Όσον αφορά την καλύτερη λειτουργία του μοντέλου, ίσως μία διαφορετική υλοποίηση του προβλήματος ακεραίου προγραμματισμού, με καινούρια αντικειμενική συνάρτηση και διαφορετικό συνδυασμό συνόλων και υποσυνόλων, έχοντας αντί για πίνακα κέρδους κάποιον πίνακα κόστους ή έναν άλλο συνδυασμό αυτών, να έδινε αποτελέσματα σε διαφορετικούς χρόνους, αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να το γνωρίζουμε αυτό εκ των προτέρων. Πραγματικά αυτή τη στιγμή θεωρούμε ότι το μοντέλο μπορεί να ανταπεξέλθει σε κάθε δυνατή περίπτωση πέραν ζητημάτων που άπτονται αλλαγών στη δομή ή την διδασκαλία μαθημάτων, όπως είναι η αύξηση των ωρών διδασκαλίας κάποιου μαθήματος ή η τοποθέτηση επιπλέον δώρων. Ακόμα όμως και αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με πολύ μικρές αλλαγές στο μοντέλο.

Πιο σημαντικές βελτιώσεις θα μπορούσαν να γίνουν μόνο στο interface. Δηλαδή να αποκτήσει μεγαλύτερη ευελιξία, δυνατότητα παραμετροποίησης περισσότερων μεταβλητών, συνόλων και παραμέτρων από αυτές που μπορούμε τώρα να ελέγξουμε. Επίσης να αναπτυχθεί δυνατότητα ελέγχου σφαλμάτων κατά την εισαγωγή στοιχείων και αναλυτικές οδηγίες χρήσεις καθώς και απευθείας σύνδεση με τον server της AMPL για να εκτελεί την AMPL από μόνο του χωρίς να χρειαστεί χειροκίνητες επεμβάσεις. Ίσως και η δημιουργία ενός διαφορετικού περιβάλλοντος και τρόπου απεικόνισης αλλά μπαίνοντας σε τέτοια θέματα με μεγαλύτερη λεπτομέρεια μάλλον ξεφεύγουμε από το θέμα της συγκεκριμένης διπλωματικής και ίσως του τομέα του Μηχανολόγου Μηχανικού. Σίγουρα πάντως οι δυνατότητες είναι πολλές και είναι εκεί διαθέσιμες για όποιον το επιθυμεί να τις ερευνήσει.

Ο στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας λοιπόν επετεύχθη και με το παραπάνω. Όχι μόνο καταφέραμε να μετατρέψουμε τις απαιτήσεις και τις ιδιαιτερότητες του τμήματος σε περιορισμούς αλλά και προσθέσαμε περιορισμούς που αυξάνουν την ποιότητα του παραγόμενου προγράμματος. Εκτός αυτών, περάσαμε και στο επόμενο στάδιο και δημιουργήσαμε μια μορφή λογισμικού που

κάνει την όλη διαδικασία δημιουργίας του ωρολογίου προγράμματος γρηγορότερη και πιο ευέλικτη, χωρίς πάντως να αυτοματοποιεί πλήρως την κατάσταση, αφού υπάρχουν ακόμα σημεία που πρέπει να γίνουν χειροκίνητα και με βασική γνώση γλώσσαςAMPL.

## Βιβλιογραφία

- Κουτρομπίνας Βασίλειος (2005) “Βελτιστοποίηση του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας μαθημάτων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας”, *Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Διπλωματική Εργασία*
- Abdennadher, Slim, Marte, Michael (1998) “University Course Timetabling using Constraint Handling Rules”, In *Actes de Journees Francophones de Programmation en Logique et Programmation par Contrantes*
- Ai-Yakoob, Salem M. and Sherali, Hanif D. (2006) “A Mixed-Integer Programming Approach to a Class Timetabling Problem. A Case Study with Gender Policies and Traffic Considerations”, *European Journal of Operational Research*, In Press
- Akkoyunlu, E. A. (1973) “A Linear Algorithm for Computing the Optimum University Timetable”, *The Computer Journal* 16(4), 347–350
- Appleby, J. S., Blake, D. V. and Newman E. A. (1961) “Techniques for Producing School Timetables on a Computer and their Application to other Scheduling Problems”, *The Computer Journal* 3, 237 – 245
- Avella P. and Vasilev I. (2005) “A Computational Study of a Cutting plane Algorithm for University Course Timetabling”, *Journal of Scheduling* 8, 497-514
- Baker, Kenneth R., Magazine, Michael J., Polak, George G. (2002) “Optimal block design models for course timetabling”, *Operations Research Letters* 30, 1-8
- Benli Omer S., Botsali A. Reha (2004) “An Optimization-Based Decision Support System for a University Timetabling Problem. An Integer Constraint and Binary Integer Programming Approach”, *Department of Information Systems, California State University, College of Business Administration*
- Bezeau, Lawrence M. (1993) “Timetabling an Academic Department with Linear Programming”, *New Brunswick Centre for Educational Administration*
- Billionnet, Alain (1999) “Integer Programming to Schedule a Hierarchical Workforce with Variable Demands”, *European Journal of Operational Research* 114, 105-114
- Blakesley, James F., Murray, Keith S. Wolf Frederick H. and Murray Dagmar (1998) “Academic Scheduling”, *PATAT'97, LNCS 1408, pp. 223-236*

- Burke, Edmund, Jackson, Kirk, Kingston, Jeffrey H. and Weare, Ruper (1997) "Automated University Timetabling – The State of the Art", *The Computer Journal*, Vol40, No.9.
- Burke, Edmund Kieran and Petrovic, Sanja (2002) "Recent Research Directions in Automated Timetabling", *European Journal of Operational Research* 140, 266-280
- Burke Edmund, Bukov Yuri, Newall James, Petrovic Sanja (2003) "A Time-Predefined Approach to Course Timetabling", *Yugoslav Journal Of Operations Research* 13, No.2, 139-151
- Burke, Edmund K., Petrovic, Sanja, Qu, Rong (2006) "Case-Based Heuristic Selection for Timetabling Problems", *Journal of Scheduling* 9, 99-113
- Burke, Edmund K. and McCollum, Barry, Meisels, Amnon, Petrovic, Sanja, Qu, Rong (2006) "A Graph Based Hyper Heuristic for Educational Timetabling Problems", *European Journal of Operational Research In Press*
- Cangalovic, Mirjana, Schreuder, Jan A.M. (1991) "Exact Colouring Algorithm for Weighted Graphs Applied to Timetabling Problems with Lectures of Different Lengths", *European Journal of Operational Research*, 248-258
- Carter Michael W. (2001) "A Comprehensive Course Timetabling and Student Scheduling System at the University of Waterloo", *PATAT 2000, LNCS2079*, pp.64-82
- Chahal N. and de Werra D.(1989) "An interactive system for constructing timetables on a PC", *European Journal of Operational Research* 40, 32-37
- Chiarandini, Marco, Socha, Krzysztof, Birattari Mauro, Doria, Olivia Rossi (2003) "International Timetabling Competition - A Hybrid Approach", *Technical Report AIDA-2003-04, FG Intellektik, FB Informatik, TU Darmstadt, Germany*
- de Werra D. (1985) "An Introduction to Timetabling", *European Journal Of Operational Research* 19, 151 – 162
- de Werra, D (1997) "The Combinatorics of Timetabling", *European Journal of Operational Research* 96, 504-513
- Daskalaki S., Birbas T., Housos E. (2004) "An Integer Programming Formulation for a Case Study in University Timetabling", *European Journal of Operational Research* 153, 117-135

- Daskalaki S., Birbas T., (2005) “Efficient Solutions for a University Timetabling Problem through Integer Programming”, *European Journal of Operational Research* 160, 106-120
- Dimopoulou M. , Miliotis P. (2001) “Implementation of a University Course and Examination Timetabling System”, *European Journal of Operational Research* 130, 202-213
- Dimopoulou M., Miliotis P. (2004) “An Automated University Course Timetabling System Developed in a Distributed Environment. A case study”, *European Journal of Operational Research* 153, 136-147
- Deris, Safai, Omatu, Sigeru and Ohta, Hiroshi (2000) “Timetable Planning Using the Constraint-Based Reasoning”, *Computers & Operations Research* 27, 819-840
- Duong, Do Xuan and Dien, Pham Huy (2006) “Solving the Lectures Scheduling Problem by the Combination of Exchange Procedure and Tabu Search Techniques”, *HSPC Hanoi 2006*, 39
- Foulds, L.R. Johnson D.G. (2000) “SlotManager a Microcomputer-Based Decision Support System for University Timetabling”, *Decision Support Systems* 27, 367-381
- Fourer, Robert, Gay, David M.and Kernighan Brian W. (1990) “Ampl A Mathematical Programming Language”, *Management Science* 36, 519-554
- Fourer Robert, Gay, David M.and Kernighan Brian W. (1993) “Ampl A Mathematical Programming Language”, *Scientific Press, Boyd & Fraser Publishing Company*
- Goltz, Hans-Joachim, Kuchler, Georg and Matzke, Dirk (1998) “Constraint-Based Timetabling for Universities”, *INAP '98, 11th International Conference on Applications of Prolog*, pages 75–80
- Goltz, Hans-Joachim and Matzke, Dirk (1999) “Combined Interactive and Automatic Timetabling”, *PACLP '99, London*, pp. 529-535
- Hertz Alain, Robert Vincent (1998) “Constructing a Course Schedule by Solving a Series of Assignment Type Problems”, *European Journal of Operational Research* 108, 585-603
- Huesman Adrie (2004) “How to Implement Dynamics Optimization in AMPL”, *Daft University of Technology*
- Kiaer Lynn and Yellen Jay (1992) “Weighted Graphs and University Course Timetabling”, *Computers Ops Res*, Vol19, No.1, pp.59-67



- Kingston, Jeffrey H. (1999) "A User's Guide to the STTL Timetabling Language Version 1.0", *Basser Department of Computer Science, The University of Sydney*
- Kingston, Jeffrey H. and Lynn, Benjamin Yin-Sun (2001) "A Software Architecture for Timetable Construction", *PATAT 2000, LNCS 2079*, pp. 342-350
- Kostuck, Philipp and Socha, Krzysztof (2004) "Hardness Prediction for the University Course Timetabling Problem", *EvoCOP 2004*, 135-144
- Kwok, Lam-For, Kong, Siu-Cheung and Kam, Ying-Yu (1997) "Timetabling in Hong Kong Secondary Schools", *Computers Educ.* 28, No.3, pp.173-183
- Lawrie N. L. (1969) "An Integer Linear Programming Model of a School Timetabling Problem", *Computer Journal* Vol.12, No4, 307-316
- Loo E.H., Goh T.N. and Ong H.L. (1986) "A Heuristic Approach to Scheduling University Timetables", *Comput. Educ.* Vol10, No.3, pp.379-388
- Lulli, Guglielmo and Sen, Suvrajeet (2006) "A Heuristic Procedure for Stochastic Integer Programs with Complete Recourse", *European Journal of Operational Research* 171, 879-890
- MirHassani S. A. (2006) "A Computational Approach to Enhancing Course Timetabling with Integer Programming", *Applied Mathematics and Computation* 175, 814-822
- Muller, Tomas and Rudova, Hana (2005) "Minimal Perturbation Problem in Course Timetabling", *Lecture notes in computer science*, Volume 2005, number 3616, pp. 126 – 146
- Paechter, Ben, Rankin R. C. and Cumming, Andrew (1998) "Improving a Lecture Timetabling System for University-Wide Use", *PATAT'97, LNCS 1408*, pp.156-165
- Pechter, Ben, Rankin, R. C. and Cumming, Andrew (1998) "Improving a Lecture Timetabling System for University-Wide Use", *PATAT'97, LNCS 1408*, pp.156-165
- Petrovic, Sanja and Burke, Edmund (2004) "University Timetabling", *Ch. 45 in the Handbook of Scheduling. Algorithms, Models, and Performance Analysis (eds. J. Leung), published by CRC Press*
- Piechowiak, Sylvain, Ma, Jingxua and Mandiau, Rene (2005) "An Open Interactive Timetabling Tool", *PATAT 2004, LNCS 3616*, 34-50

- Porter Samuel “An Introductory Tutorial for AMPL with Examples from Winston”,  
*Operations Research.Applications and Algorithms,3<sup>rd</sup> Edition*
- Reis, Luis Paulo and Oliveira, E. (2001) “A Language for Specifying Complete  
Timetabling Problems”, *PATAT 2000, LNCS 2079*, pp.322-341
- Rubio, Ruben Gonzalez and Munoz, Domingo Palao (2005) “A Timetable Production  
System Architecture for Courses and Exams”, *PATAT 2004, LNCS 3616*, 567-  
571
- Rudova, Hana, Murray, Keith, Burke, Edmund, Causmaecker, Patrick De (2002)  
“University Course Timetabling with Soft Constraints”, *Lecture notes in  
computer science*, PATAT 2002
- Sandhu, Kuldeep Singh (2001) “Automating Class Schedule Generation in the  
Context of a University Timetabling Information System”, *School of  
Management, Griffith University*
- Schaerf A. (1999) “A Survey of Automated Timetabling”, *Artificial Intelligence  
Review* 13, 87-127
- Schmidt, G. and Strohlein, T. (1979) “Timetable construction-an annotated  
bibliography”, *The Computer Journal* 23, 307-316
- Selim S. M. (1982) “An Algorithm for Constructing a University Faculty Timetable”,  
*Comput. Educ.*, Vol6, pp.323-332
- Selim S. M. (1983) “An Algorithm for Producing Course and Lecturer Timetables”,  
*Comput. Educ.*, Vol.7, No.2, pp.101-108
- Selim, S.M. (1992) “Computer algorithm for constructing the departmental  
timetable”, *Computers Educ.* Vol 18, No.4, pp.293-299
- Socha, Krzysztof, Sampels, Michael and Manfrin, Max (2003) “Ant Algorithms for  
the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-  
Art”, *Proceedings of 3rd European Workshop on Evolutionary Computation in  
Combinatorial Optimization (EvoCOP'2003)*, Essex, UK
- Socha, Krzysztof (2003) “MAX-MIN Ant System for International Timetabling  
Competition”, *Technical Report TR/IRIDIA/2003-30*
- Tan, Swee-Chuan (2003) “An Object Oriented Timetabling Framework with  
Applications”, *School of Information Technology, Monash University*
- Tripathy, Arabinda (1992) “Computerised decision aid for timetabling - a case  
analysis”, *Discrete Applied Mathematics* 35, 313-323

White, George M. and Wong Simon K.S. (1988) “Interactive Timetabling in Universities”, *Comput. Educ.* Vol.12, No.4, pp.521-529

Wren A. “Scheduling, Timetabling and Rostering - A Special Relationship?”, *Lecture Notes In Computer Science* Vol. 1153, 46-75

### Ιστοσελίδες

<http://www.techteam.gr/wiki/PHP> - Manual php

<http://www.mie.uth.gr/> - Official Site of Mechanical & Industrial Engineering Department of University of Thesaly

<http://www.lib.uth.gr/> - Library Of University Of Thesaly

<http://www.asap.cs.nott.ac.uk/watt/> - The Euro Working Group on Automated Timetabling

<http://www.idsia.ch/Files/ttcomp2002/> - International Timetabling Competition

## Παράρτημα Ι – Πρόγραμμα Σπουδών

Στο Παράρτημα Ι παρουσιάζεται η λίστα με τα προσφερόμενα μαθήματα του τμήματος σε αντιστοιχία με τον εκάστοτε διδάσκοντα.

**Πίνακας 1.** Μαθήματα του ενδεικτικού Προγράμματος Σπουδών ανά εξάμηνο φοίτησης για το ακαδημαϊκό έτος 2006-2007

	<b>Μαθήματα 1ου Εξαμήνου (Χειμερινό)</b>	<b>Διδάσκων</b>
MM1	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	Τσεφαλά Ελένη
MM100	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι	Γραμμένος Θεοφάνης
MM101	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	Μπρεγιάννης Γεώργιος
MM102	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	Πανταζάρας Κων/νος
MM103	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	Κορλός Απόστολος
MM104	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι	Παντελής Δημήτριος
MM105	ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	Τσιακάρας Παναγιώτης
	<b>Μαθήματα 2ου Εξαμήνου (Εαρινό)</b>	
MM2	ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ ΙΙ	Τσεφαλά Ελένη
MM200	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΙΙ	Γραμμένος Θεοφάνης
MM201	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ	Μπρεγιάννης Γεώργιος
MM202	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ	Πανταζάρας Κων/νος
MM203	ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ	Καραμάνος Σπύρος
MM204	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ι	Σταμάτης Αναστάσιος
MM205	ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	Κοσμάνης Θεόδωρος
	<b>Μαθήματα 3ου Εξαμήνου (Χειμερινό)</b>	
MM300	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	Γραμμένος Θεοφάνης
MM301	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	Βαλουγεώργης Δημήτρης
MM302	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	Κατσαμάς Αντώνιος
MM303	ΔΥΝΑΜΙΚΗ	Παπαδημητρίου Κώστας
MM304	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	Βλάχος Νικόλαος
MM305	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης
	<b>Μαθήματα 4ου Εξαμήνου (Εαρινό)</b>	
MM400	ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥΣ	Πελεκάσης Νίκος

MM401	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	Ζηλιασκόπουλος Θανάσης
MM402	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Ι	Αμανατίδου Ελένη
MM403	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ Ι	Βλάχος Νικόλαος
MM404	ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	Χαϊδεμενόπουλος Γρ.
MM405	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΟΠΤΙΚΗ	Γραμμένος Θεοφάνης
	<b>Μαθήματα 5ου Εξαμήνου (Χειμερινό)</b>	
MM500	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	Λυμπερόπουλος Γιώργος
MM501	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	Βαλουγεώργης Δημήτρης
MM502	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ	Αράβας Νικόλαος
MM503	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι	Μποντόζογλου Βασίλης
MM504	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι	Πανταζάρας Κων/νος
MM505	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗΧ. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	Κοσμάνης Θεόδωρος
	<b>Μαθήματα 6ου Εξαμήνου (Εαρινό)</b>	
MM600	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	Κοζανίδης Γιώργος
MM601	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	Λασπίδου Χ.
MM602	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	Ανδρίτσος Νικόλαος
MM603	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΙΙ	Σταπουντζής Ερρίκος
MM610	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	Σταπουντζής Ερρίκος
MM620	Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	Καραμάνος Σπύρος
MM621	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	Κατσαμάς Αντώνιος
MM622	ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	Αράβας Νικόλαος
MM629	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ	Πανταζάρας Κων/νος
MM630	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΕΧΝ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Θωμαΐδης Θωμάς
MM639	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΙΙ	Παντελής Δημήτριος
	<b>Μαθήματα 7ου Εξαμήνου (Χειμερινό)</b>	
MM700	ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	Κοζανίδης Γιώργος
MM701	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	Βαξεβανίδης Νικόλαος
MM702	ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	Μποντόζογλου Βασίλης
MM703	ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ	Σταμάτης Αναστάσιος
MM710	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	Πελεκάσης Νίκος
MM711	ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	Σταπουντζής Ερρίκος

MM720	ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ	Παπαδημητρίου Κώστας
MM728	ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ*	Χαϊδεμενόπουλος Γρ.
MM729	ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ*	Χαϊδεμενόπουλος Γρ.
MM730	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	Παντελής Δημήτριος
MM731	ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ & ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤ.	Κοζανίδης Γιώργος
MM739	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	Αδάμ Γεώργιος
	<b>Μαθήματα 8ου Εξαμήνου (Εαρινό)</b>	
MM800	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	Λυμπερόπουλος Γιώργος
MM801	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΛΙΚΟΥ	Πετρόπουλος Γιώργος
MM802	ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	Σταματέλλος Τάσος
MM803	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	Αποστολίκας Γιώργος
MM818	ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Τσιακάρας Παναγιώτης
MM819	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ	Βλαχογιάννης Μιχαήλ
MM825	ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ	Σαμαράς Ν.
MM826	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΜΗΧ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Παπαδημητρίου Κώστας
MM827	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	Χασιώτης Νικόλαος
MM828	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΨΗΦ. ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ	Κορλός Απόστολος
MM829	ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΑ	Πετρόπουλος Γιώργος
MM830	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	Παπαδούλης Απόστολος
MM839	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	Παπαδούλης Απόστολος
	<b>Μαθήματα 9ου Εξαμήνου (Χειμερινό)</b>	
MM900	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΠΡΥΠΙΑΝΣΗΣ	Ανδρίτσος Νικόλαος
MM910	ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	Σταματέλλος Τάσος
MM917	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	Σταμάτης Αναστάσιος
MM918	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	Ανδρίτσος Νικόλαος
MM925	ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	Χαριτίδης Κωνσταντίνος
MM927	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	Καραμάνος Σπύρος
MM929	ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ	Μπαλαφούτης Κων/νος

Για περισσότερες πληροφορίες επισκεφθείτε την ιστοσελίδα του τμήματος στο [http://www.mie.uth.gr/n\\_page.asp?ID=6](http://www.mie.uth.gr/n_page.asp?ID=6), όπου υπάρχουν πληροφορίες για όλα τα προσφερόμενα μαθήματα αλλά και ο οδηγός προπτυχιακών σπουδών σε μορφή pdf.

## Παράρτημα II – Δεδομένα & Εντολές AMPL

Στο Παράρτημα II θα δούμε αναλυτικά όλα τα δεδομένα του μαθηματικού μας προβλήματος και τις απαραίτητες εντολές που πρέπει να δώσουμε στην AMPL ώστε να τρέξουμε επιτυχώς το μοντέλο μας.

**Πίνακας 2.** Πίνακας και κωδικοποίηση των διδασκόντων του TMMB

<b>Όνοματεπώνυμο</b>	
<b>Διδάσκοντα</b>	<b>k</b>
Ανδρίτσος Νικόλαος	1
Αράβας Νικόλαος	2
Βαλουγεώργης Δημήτρης	3
Βλάχος Νικόλαος	4
Ζηλιασκόπουλος Θανάσης	5
Καραμάνος Σπύρος	6
Κοζανίδης Γιώργος	7
Λυμπερόπουλος Γιώργος	8
Μποντόζογλου Βασίλης	9
Παπαδημητρίου Κώστας	10
Πελεκάσης Νίκος	11
Πετρόπουλος Γιώργος	12
Σταματέλλος Τάσος	13
Σταμάτης Αναστάσιος	14
Σταπουντζής Ερρίκος	15
Τσιακάρης Παναγιώτης	16
Χαϊδεμενόπουλος Γρηγόρης	17
Αδάμ Γεώργιος	18
Αμανατίδου Ελένη	19
Αποστολίκας Γιώργος	20
Βαξεβανίδης Νικόλαος	21
Βλαχογιάννης Μιχαήλ	22
Γραμμένος Θεοφάνης	23

Θωμαΐδης Θωμάς	24
Κατσαμάς Αντώνιος	25
Κορλός Απόστολος	26
Κοσμάνης Θεόδωρος	27
Λασπίδου Χ.	28
Μπαλαφούτης Κων/νος	29
Μπρεγιάννης Γεώργιος	30
Πανταζάρας Κων/νος	31
Παντελής Δημήτριος	32
Παπαδούλης Απόστολος	33
Σαμαράς Ν.	34
Τσεφαλά Ελένη	35
Χαριτίδης Κωνσταντίνος	36
Χασιώτης Νικόλαος	37
Κερμανίδης Αλέξης	38

**Πίνακας 3.** Πίνακας και κωδικοποίηση των μαθημάτων

<b>Μάθημα</b>	<b>m</b>
<b>Μαθήματα 1ου Εξαμήνου</b>	
ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	MM1
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι	MM100
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	MM101
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	MM102
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	MM103
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι	MM104
ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	MM105
<b>Μαθήματα 2ου Εξαμήνου</b>	
ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ ΙΙ	MM2
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΙΙ	MM200
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ	MM201



ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ Η/Υ	MM202
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΣΤΑΤΙΚΗ	MM203
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ι	MM204
ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	MM205
<b>Μαθήματα 3ου Εξαμήνου</b>	
ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	MM300
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	MM301
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	MM302
ΔΥΝΑΜΙΚΗ	MM303
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	MM304
ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	MM305
<b>Μαθήματα 4ου Εξαμήνου</b>	
ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥΣ	MM400
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	MM401
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Ι	MM402
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ Ι	MM403
ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	MM404
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΟΠΤΙΚΗ	MM405
<b>Μαθήματα 5ου Εξαμήνου</b>	
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	MM500
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	MM501
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΙΙ	MM502
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ι	MM503
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι	MM504
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	MM505
<b>Μαθήματα 6ου Εξαμήνου</b>	
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	MM600
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ	MM601
ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	MM602
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΙΙ	MM603
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	MM610

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	MM620
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	MM621
ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	MM622
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ	MM629
ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	MM630
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΙΙ	MM639
<b>Μαθήματα 7ου Εξαμήνου</b>	
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	MM700
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	MM701
ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	MM702
ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ	MM703
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	MM710
ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	MM711
ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ	MM720
ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ*	MM728
ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ*	MM729
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	MM730
ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ & ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	MM731
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	MM739
<b>Μαθήματα 8ου Εξαμήνου</b>	
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	MM800
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΛΙΚΟΥ	MM801
ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	MM802
ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	MM803
ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	MM818
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ	MM819
ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ	MM825
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	MM826
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	MM827
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ	MM828
ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΑ	MM829

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	MM830
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	MM839
<b>Μαθήματα 9ου Εξαμήνου</b>	
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ	MM900
ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	MM910
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	MM917
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	MM918
ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	MM925
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	MM927
ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ	MM929

**Πίνακας 4.** Αναλυτική αντιστοίχιση S-Κατεύθυνσης.

S	Έτος	Κατεύθυνση Εξειδίκευσης
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3
10	4	1
11	4	2
12	4	3
13	5	1
14	5	2
15	5	3

**Πίνακας 5.** Αρχείο model.mod που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα

# Teliko Modelo

# Sets

set D; # sinolo merwn

set M; # mathimata M sto examino s

```

set Mhard; # mathimata Mhard auskimenis varititas
set Ms1;
set Ms2;
set Ms3;
set K; # sinolo kathigitwn
set Kdep; # sinolo kathigiton DEP
set K407; # sinolo kathigiton 407
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)
# Decision Variables
#-----
var X {M,T,F,D} binary;      # dyadikh metavliti apofasis
var q {M} binary;
var L;                      # katwtato orio
var U;                      # anwtato orio

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

subject to con1 {t in T,d in D,k in K}: sum {m in M,f in F} a[k,m] * X[m,t,f,d] <= 1;
subject to con2 {t in T,d in D}: sum {f in F,m in M} X[m,t,f,d] <= A;
subject to con3 {t in T,d in D,s in S}: sum {m in M,f in F} b[s,m] * X[m,t,f,d] <=1;
subject to con4 {m in M,f in F}: sum {t in T,d in D} X[m,t,f,d] = 1;
subject to con7 {d in D,s in S}: sum {m in M,t in T,f in F} b[s,m] * X[m,t,f,d] >= L;

```

subject to con8 {d in D,s in S}: sum {m in M,t in T,f in F} b[s,m] \* X[m,t,f,d] <= U;  
subject to con9 : U-L <= Q;

subject to con14 {m in M,f in F}: sum {k in Kdep} a[k,m] \* X [m,2,f,3]=0;  
subject to con16 {m in M,f in F}: sum {k in Kdep} a[k,m] \* X [m,4,f,5]=0;  
subject to con15 {m in M,f in F}: sum {k in K} a[k,m] \* X [m,5,f,5]=0;

subject to con10 {m in M,d in 1..4}: sum {t in T,f in F} X[m,t,f,d] +  
sum {t in T,f in F} X[m,t,f,d+1] <=1+q[m];  
subject to con12 {s in 1..12,d in D,t in 1..4}: sum {m in M, f in F} b[s,m] \* X[m,t+1,f,d]  
<= sum {m in M,f in F} b[s,m] \* X[m,t,f,d];  
subject to con17 {t in T, d in D}: sum {f in F,m in Mhard} X[m,t,f,d] <=1;

subject to con18 {t in T, d in D}: sum {f in F,m in Ms1} X[m,t,f,d] <=1;  
subject to con19 {t in T, d in D}: sum {f in F,m in Ms2} X[m,t,f,d] <=1;  
subject to con20 {t in T, d in D}: sum {f in F,m in Ms3} X[m,t,f,d] <=1;

#-----

# PHP WRITE START

# proka8orismos ma8hmatwn:

# subject to conphpXX : X["<cid>",<2oro>,1,<date>]=1;

# subject to conphpXX : X["<cid>",<2oro>,2,<date>]=1;

# subject to conphpXX : q["<cid>"]=1;

# Else:

# subject to conphpXX : q["<cid>"]=0;

#-----

subject to conphp0 : X["MM1",3,1,1]=1;

subject to conphp1 : X["MM1",1,2,3]=1;

subject to conphp2 : q["MM1"]=1;

subject to conphp3 : q["MM100"]=0;

subject to conphp4 : q["MM101"]=0;

subject to conphp5 : X["MM102",1,1,5]=1;  
subject to conphp6 : X["MM102",2,2,5]=1;  
subject to conphp7 : q["MM102"]=1;  
subject to conphp8 : q["MM103"]=0;  
subject to conphp9 : q["MM104"]=0;  
subject to conphp10 : X["MM105",3,1,3]=1;  
subject to conphp11 : X["MM105",3,2,5]=1;  
subject to conphp12 : q["MM105"]=1;  
subject to conphp13 : q["MM300"]=0;  
subject to conphp14 : q["MM301"]=0;  
subject to conphp15 : q["MM302"]=0;  
subject to conphp16 : q["MM303"]=0;  
subject to conphp17 : q["MM304"]=0;  
subject to conphp18 : q["MM305"]=0;  
subject to conphp19 : q["MM500"]=0;  
subject to conphp20 : q["MM501"]=0;  
subject to conphp21 : q["MM502"]=0;  
subject to conphp22 : q["MM504"]=0;  
subject to conphp23 : q["MM505"]=0;  
subject to conphp24 : q["MM503"]=0;  
subject to conphp25 : q["MM700"]=0;  
subject to conphp26 : q["MM701"]=0;  
subject to conphp27 : q["MM702"]=0;  
subject to conphp28 : q["MM703"]=0;  
subject to conphp29 : q["MM710"]=0;  
subject to conphp30 : q["MM711"]=0;  
subject to conphp31 : q["MM720"]=0;  
subject to conphp32 : q["MM728"]=0;  
subject to conphp33 : q["MM730"]=0;  
subject to conphp34 : q["MM731"]=0;  
subject to conphp35 : q["MM739"]=0;  
subject to conphp36 : q["MM900"]=0;

```

subject to conphp37 : q["MM910"]=0;
subject to conphp38 : q["MM917"]=0;
subject to conphp39 : q["MM918"]=0;
subject to conphp40 : q["MM925"]=0;
subject to conphp41 : q["MM927"]=0;
subject to conphp42 : q["MM929"]=0;

```

**Πίνακας 6.** Αρχείο data.dat που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα

```

# Data Teliko

# Sets

set D:= 1 2 3 4 5;

set F:= 1 2;

set S:= 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15;

set T:= 1 2 3 4 5;

set M:= MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 MM105
MM300 MM301 MM302 MM303 MM304 MM305 MM500 MM501
MM502 MM504 MM505 MM503 MM700 MM701 MM702 MM703
MM710 MM711 MM720 MM728 MM730 MM731 MM739 MM900
MM910 MM917 MM918 MM925 MM927 MM929;

set Mhard:= MM301 MM303 MM501 MM502 MM503;

set Ms1:= MM710 MM711 MM910 MM917 MM918;

set Ms2:= MM720 MM728 MM925 MM927 MM929;

set Ms3:= MM730 MM731 MM739;

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;

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

set K407:= 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37;

param a: MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 ... MM925 MM927 :=
MM929
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	00;	

MM929

param b: MM1 MM100 MM101 MM102 MM103 MM104 ... MM927 :=

1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	00;	

param P:=

['*,1,*]:	1	2	3	45 :=	
1	3	3	3	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	3	3	1	3	1
5	1	1	3	1	1
6	3	3	1	3	1
7	1	1	1	1	1
8	3	3	1	1	1
9	3	3	1	1	1
10	3	3	3	1	1
11	3	1	3	1	1
12	1	1	1	1	1
13	3	3	3	1	1
14	3	3	3	1	1
15	1	1	3	3	1
16	1	3	3	1	1
17	1	3	3	3	1
18	1	1	1	3	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1

23	3	3	3	3	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	3	3	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	3	1
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1

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

22	1	1	1	1	1
23	3	3	3	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	3	3	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	3	1
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1

[* ,3,*]:	1	2	3	45 :=	
1	3	3	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	3	3	1	1
4	3	3	1	3	1
5	1	1	3	1	1
6	3	3	1	3	1
7	1	3	3	3	1
8	3	1	3	1	1
9	3	3	1	1	1
10	3	1	1	3	1
11	3	1	3	1	1
12	1	1	1	1	1
13	3	3	3	1	1
14	3	1	1	1	1
15	1	1	3	3	1
16	1	3	3	1	1
17	1	3	3	3	1
18	1	1	1	3	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1

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

[* , 4 , *]:	1	2	3	4 5 :=	
1	1	1	1	1	1
2	3	3	1	1	1
3	1	3	3	1	1
4	3	3	1	1	1
5	3	1	1	1	1
6	1	1	3	1	1
7	1	3	3	3	1
8	3	3	1	1	1
9	3	3	1	1	1
10	1	3	1	1	1
11	1	3	1	1	1
12	1	1	3	1	1
13	3	3	3	1	1
14	1	3	1	1	1
15	1	1	3	3	1
16	3	1	1	3	1
17	1	3	3	3	1
18	1	1	1	3	1
19	1	1	1	1	1

20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	3	3	3	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	3	3	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	3	1
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1

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

19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	3	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	3	3	3	1	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	3	3
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1

param A:= 5;  
param Q:= 4;

Στην AMPL οι απαραίτητες εντολές για να τρέξουμε το μοντέλο μας είναι Πίνακας 7.

**Πίνακας 7.** Εντολές AMPL

<b>Εντολές AMPL</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>
model filename.mod;	Διαβάζει το αρχείο του μοντέλου
data filename.dat>;	Διαβάζει το αρχείο των δεδομένων
option cplex_options 'timing=1';	Ενεργοποιεί την χρονομέτρηση των εργασιών
solve;	Λύνει το πρόβλημα
display X>filename.out;	Τυπώνει την μεταβλητή X

Γράφοντας σε περιβάλλον UNIX τις εντολές της AMPL θα πάρουμε αυτό που βλέπουμε στη συνέχεια. Δηλαδή στην αρχή καλούμε την AMPL και στην συνέχεια γράφουμε τις εντολές μία μία:

```
[thomasnastos@ProdCluster1 ~]$ ampl
ILOG AMPL 9.100, licensed to "university-volos".
AMPL Version 20021038 (Linux 2.4.18-14)
ampl: model model.mod;
ampl: data data.dat;
ampl: option cplex_options 'timing=1';
ampl: solve;
ILOG CPLEX 9.100, licensed to "university-volos", options: e m b q
CPLEX 9.1.0: timing=1

Times (seconds):
Input = 0.013998
Solve = 0.438933
Output = 0.009
CPLEX 9.1.0: optimal integer solution; objective 182
797 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display X>out2.out;
ampl: quit
```

## Παράρτημα ΙΙΙ – Αποτελέσματα και Ωρολόγιο Πρόγραμμα

Στο τελευταίο παράρτημα θα δούμε ένα τυπικό αρχείο εξόδου της AMPL και το ολοκληρωμένο ωρολόγιο πρόγραμμα που αυτό μας δίνει.

X	[* ,1	,1,*]					
:	1	2	3	4	5	:=	
MM1	0	0	0	0	0		
MM100	0	0	0	1	0		
MM101	0	0	0	0	0		
MM102	0	0	0	0	1		
MM103	0	1	0	0	0		
MM104	0	0	0	0	0		
MM105	0	0	0	0	0		
MM300	0	0	0	0	0		
MM301	0	0	0	0	0		
MM302	0	0	0	0	0		
MM303	0	0	0	0	0		
MM304	0	1	0	0	0		
MM305	0	0	0	0	0		
MM500	0	0	0	0	0		
MM501	0	0	0	0	0		
MM502	0	1	0	0	0		
MM503	0	0	1	0	0		
MM504	0	0	0	0	0		
MM505	0	0	0	0	0		
MM700	0	0	0	0	0		
MM701	0	0	0	0	1		
MM702	0	1	0	0	0		
MM703	0	0	1	0	0		
MM710	0	0	0	0	0		
MM711	0	0	0	0	0		
MM720	0	0	0	0	0		
MM728	0	0	0	0	0		
MM730	0	0	0	0	0		
MM731	0	0	0	0	0		
MM739	0	0	0	0	0		
MM900	0	0	0	0	0		
MM910	0	1	0	0	0		
MM917	0	0	0	0	0		
MM918	1	0	0	0	0		
MM925	0	0	0	0	1		
MM927	0	0	0	0	0		
MM929	0	0	0	0	0		
[* ,1,	2,*]						
:	1	2	3	4	5	:=	
MM1	0	0	1	0	0		

MM100	0	0	0	0	0	
MM101	0	0	0	0	0	
MM102	0	0	0	0	0	
MM103	0	0	0	0	0	
MM104	1	0	0	0	0	
MM105	0	0	0	0	0	
MM300	0	0	0	0	1	
MM301	0	0	0	0	0	
MM302	0	0	1	0	0	
MM303	1	0	0	0	0	
MM304	0	0	0	1	0	
MM305	0	0	0	0	0	
MM500	1	0	0	0	0	
MM501	0	0	0	0	0	
MM502	0	0	0	1	0	
MM503	0	0	0	0	0	
MM504	0	0	0	0	0	
MM505	0	0	0	0	1	
MM700	0	0	0	0	0	
MM701	0	0	0	0	0	
MM702	0	0	0	1	0	
MM703	1	0	0	0	0	
MM710	0	0	0	0	0	
MM711	0	0	0	0	0	
MM720	0	0	0	0	0	
MM728	0	0	0	0	0	
MM730	0	0	0	0	0	
MM731	0	0	0	0	0	
MM739	0	0	0	0	0	
MM900	0	0	0	0	0	
MM910	0	0	0	0	0	
MM917	0	0	0	0	0	
MM918	0	0	1	0	0	
MM925	0	0	0	0	0	
MM927	0	0	0	0	0	
MM929	0	0	0	0	0	
[* ,2,	1,*]					
:	1	2	3	4	5	:=
MM1	0	0	0	0	0	
MM100	0	0	0	0	0	
MM101	0	0	1	0	0	
MM102	0	0	0	0	0	
MM103	0	0	0	0	0	
MM104	0	0	0	0	0	



MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	1	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	1
MM500	0	0	0	1	0
MM501	0	1	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	1	0	0
MM700	0	0	0	1	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	1
MM728	0	0	0	0	0
MM730	1	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	1	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0
[*,2,	2,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	1	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	1
MM103	0	0	0	1	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	1	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	1	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	1	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0

MM502	0	0	0	0	0
MM503	1	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	1	0	0	0
MM701	0	0	1	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	1
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	1	0	0	0	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	0	0	0	0	1
MM910	0	0	0	0	0
MM917	1	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0
[*,3,	1,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	1	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	1	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	1	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	1
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	1	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	1	0	0

MM711	0	0	0	1	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	0	0	0	1	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	1	0	0	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	1	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0
[*,3,	2,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	0	0	1
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	1	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	1	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	1	0	0	0
MM720	1	0	0	0	0
MM728	0	0	0	0	0
MM730	0	0	1	0	0
MM731	0	0	0	1	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	1
MM917	0	0	0	0	0

MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	1	0	0	0
[*,4,	1,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	1
MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	1
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	0	0	0	0	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	1	0	0	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	1	0	0
MM929	0	0	0	0	1
[*,4,	2,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	1	0	0	0	0

MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	0	0	0	0	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	0	0	1	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	1	0	0	0
MM927	1	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0
[*,5,	1,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0

MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0
MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	0	0	0	0	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0
[*,5,	2,*]				
:	1	2	3	4	5:=
MM1	0	0	0	0	0
MM100	0	0	0	0	0
MM101	0	0	0	0	0
MM102	0	0	0	0	0
MM103	0	0	0	0	0
MM104	0	0	0	0	0
MM105	0	0	0	0	0
MM300	0	0	0	0	0
MM301	0	0	0	0	0
MM302	0	0	0	0	0
MM303	0	0	0	0	0
MM304	0	0	0	0	0
MM305	0	0	0	0	0
MM500	0	0	0	0	0
MM501	0	0	0	0	0
MM502	0	0	0	0	0
MM503	0	0	0	0	0
MM504	0	0	0	0	0
MM505	0	0	0	0	0
MM700	0	0	0	0	0
MM701	0	0	0	0	0

MM702	0	0	0	0	0
MM703	0	0	0	0	0
MM710	0	0	0	0	0
MM711	0	0	0	0	0
MM720	0	0	0	0	0
MM728	0	0	0	0	0
MM730	0	0	0	0	0
MM731	0	0	0	0	0
MM739	0	0	0	0	0
MM900	0	0	0	0	0
MM910	0	0	0	0	0
MM917	0	0	0	0	0
MM918	0	0	0	0	0
MM925	0	0	0	0	0
MM927	0	0	0	0	0
MM929	0	0	0	0	0

## ΩΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

### 1ο ΕΤΟΣ

	Deutera	Triti	Tetarti	Pempth	Paraskeuh
9:00 - 11:00	(MM104) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι	(MM103) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM1) ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ	(MM100) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι	(MM102) ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
11:00 - 13:00	(MM100) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ Ι		(MM101) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ	(MM103) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM102) ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
14:00 - 16:00	(MM1) ΞΕΝΗ ΓΛΩΣΣΑ		(MM105) ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ		(MM105) ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
16:00 - 18:00	(MM101) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ Η/Υ				(MM104) ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ Ι
18:00 - 20:00					

### 2ο ΕΤΟΣ

	Deutera	Triti	Tetarti	Pempth	Paraskeuh
9:00 - 11:00	(MM303) ΔΥΝΑΜΙΚΗ	(MM304) ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	(MM302) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	(MM304) ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ	(MM300) ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ
11:00 - 13:00		(MM305) ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	(MM300) ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	(MM301) ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	(MM305) ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
14:00 - 16:00		(MM301) ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			(MM303) ΔΥΝΑΜΙΚΗ
16:00 - 18:00					(MM302) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ
18:00 - 20:00					

### 3ο ETOS

	Deutera	Triti	Tetarti	Pempth	Paraskeuh
9:00 - 11:00	(MM500) ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	(MM502) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ II	(MM503) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ I	(MM502) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ II	(MM505) ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ
11:00 - 13:00	(MM503) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ I	(MM501) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕ Σ ΜΕΘΟΔΟΙ	(MM505) ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	(MM500) ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	
14:00 - 16:00	(MM504) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ I		(MM504) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ I	(MM501) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	
16:00 - 18:00					
18:00 - 20:00					

### 4ο ETOS

	Deutera	Triti	Tetarti	Pempth	Paraskeuh
9:00 - 11:00	(MM703) ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑ ΝΕΣ	(MM702) ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM703) ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑ ΝΕΣ	(MM702) ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	(MM701) ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ
11:00 - 13:00	(MM730) ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  (MM728) ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ*	(MM700) ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	(MM701) ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	(MM700) ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ	(MM720) ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ  (MM710) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
14:00 - 16:00	(MM720) ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΩΝ	(MM731) ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣ ΜΟΣ & ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣ Η  (MM711) ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	(MM710) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ  (MM730) ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	(MM711) ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΗ & ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ  (MM728) ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ*  (MM731) ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ Σ & ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	

16:00 - 18:00		(MM739) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ		(MM739) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	
18:00 - 20:00					

### 5ο ΕΤΟΣ

	Deutera	Triti	Tetarti	Pempth	Paraskeuh
9:00 - 11:00	(MM918) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	(MM910) ΘΕΡΜΑΝΣΗ □ ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	(MM918) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ		(MM925) ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗ ΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
11:00 - 13:00	(MM917) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ			(MM917) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	(MM900) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ
14:00 - 16:00	(MM900) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ	(MM929) ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ □ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ			(MM910) ΘΕΡΜΑΝΣΗ □ ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ
16:00 - 18:00	(MM927) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	(MM925) ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΜΗ ΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	(MM927) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ		(MM929) ΧΩΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ □ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ
18:00 - 20:00					



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000089114