

## Εφαρμογή δημιουργίας ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας

Η εφαρμογή απαιτεί να έχει εγκατασταθεί η Java

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html> (JRE)

και τα runtime components of Visual C++ Libraries

<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=5555> (αρχείο vcredist\_x86.exe)

### Ορισμός Δεδομένων

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον ορισμό του προβλήματος περιέχονται σε ένα αρχείο Excel.

Το φύλλο 1 περιέχει τα δεδομένα του προβλήματος. Προσοχή, δεν αλλάζουμε τη δομή του φύλλου, δηλαδή δεν διαγράφουμε και δεν προσθέτουμε στήλες.

Το αποτέλεσμα (πρόγραμμα διδασκαλίας) αποθηκεύονται στο φύλλο 2 (πρόγραμμα τμημάτων) και στο φύλλο 3 (πρόγραμμα καθηγητών).

Το αρχείο Excel περιέχει μακροεντολές και επομένως όταν το ανοίγουμε θα πρέπει να έχει ρυθμισθεί το επίπεδο ασφαλείας μακροεντολής σε «Χαμηλό».

Αναλυτικότερα τα δεδομένα που πρέπει να ορισθούν στα αντίστοιχα κελιά είναι:

#### 1. Γενικά στοιχεία

##### **Name**

Δίνεται ένα όνομα που περιγράφει το πρόβλημα.

##### **Days**

Το πλήθος των ημερών που γίνονται μαθήματα.

##### **Hours/Day**

Το πλήθος των ωρών που γίνονται μαθήματα σε μια ημέρα.

##### **Teachers**

Το πλήθος των διαθέσιμων καθηγητών (δεν απαιτείται να δοθεί, υπολογίζεται από το Excel με βάση τα δεδομένα που έχουν δοθεί).

##### **Classes**

Το πλήθος των τμημάτων (δεν απαιτείται να δοθεί, υπολογίζεται από το Excel).

## 2. Μαθήματα

### Courses

Ορίζονται τα μαθήματα που πρέπει να γίνουν και οι διδασκαλίες που απαιτεί κάθε μάθημα. Ένα μάθημα μπορεί να συνδυάζει 1ωρες (στήλη **1-Hour**), 2ωρες (στήλη **2-Hour**) ή 3ωρες (στήλη **3-Hour**) διδασκαλίες.

Τα μαθήματα ορίζονται ως εξής:

Δίνονται πρώτα οι κωδικοί των τμημάτων (χωρισμένοι με κόμματα αν τα τμήματα είναι περισσότερα από 1) ακολουθεί ερωτηματικό (;) και στη συνέχεια οι κωδικοί των καθηγητών (χωρισμένοι με κόμματα αν είναι περισσότεροι από 1).

π.χ.

a1;t1 Μάθημα για το τμήμα a1, με τον καθηγητή t1.

a1,a2;t1 Μάθημα για τα τμήματα a1 και a2 (**συνένωση** τμημάτων), με τον καθηγητή t1

a1;t1,t2 Μάθημα για το τμήμα a1, με τους καθηγητές t1 και t2 (**διάσπαση** τμήματος). Πρακτικά ο t1 μπορεί να διδάσκει κάποιο μάθημα σε ένα μέρος του τμήματος a1 και ο t2 κάποιο διαφορετικό μάθημα στο υπόλοιπο μέρος του τμήματος a1.

a1,a2;t1,t2 Μάθημα για τα τμήματα a1 και a2, με τους καθηγητές t1 και t2 (**αναδιοργάνωση** τμημάτων, **συνδιδασκαλία**). Πρακτικά ο t1 μπορεί να διδάσκει κάποιο μάθημα σε ένα μέρος του τμήματος a1 και ένα μέρος του τμήματος a2 και ο t2 κάποιο διαφορετικό μάθημα στα υπόλοιπα των τμημάτων a1 και a2.

Το πλήθος των τμημάτων ή των καθηγητών μπορεί να είναι οποιοδήποτε. Π.χ a1,a2;t1,t2,t3 ή a1,a2,a3;t1,t2

### Description

Μια περιγραφή, τίτλος του μαθήματος.

### 1-Hour

Το πλήθος των 1ωρων διδασκαλιών που απαιτεί το μάθημα.

π.χ.

a1,a2;t1 3 (1-hour) Τα τμήματα a1, a2, με τον καθηγητή t1 έχουν 3 1ωρα στο αντίστοιχο μάθημα.

Στη θέση αυτή μπορεί να ορισθεί, αν είναι επιθυμητό τότε θα γίνει αυτή η διδασκαλία. Μετά τον αριθμό που ορίζει πλήθος των 1ωρων διδασκαλιών ακολουθεί ερωτηματικό (;) η ημέρα, παύλα (-) και η ώρα.

π.χ.

1;Tr-4 Η 1ωρη διδασκαλία θα γίνει την Τρίτη την τέταρτη ώρα.

2;Tr-4 Μια από τις 1ωρες διδασκαλίες θα γίνει την Τρίτη την τέταρτη ώρα.

2;Tr-4;Πε-1 Η πρώτη 1ωρη διδασκαλία θα γίνει την Τρίτη την τέταρτη ώρα και η άλλη την Πέμπτη την πρώτη ώρα.

### 2-Hour

Το πλήθος των 2ωρων διδασκαλιών που απαιτεί το μάθημα.

π.χ.

$a_1, a_2; t_1, t_2$  (2-hour) Τα τμήματα  $a_1, a_2$ , με τους καθηγητές  $t_1, t_2$  έχουν 2 2ωρα τις ίδιες ημέρες και ώρες

Και εδώ μπορεί να ορισθεί πότε θα γίνει αυτή η διδασκαλία.

π.χ.

$1; T_3-4$  Η δίωρη διδασκαλία θα γίνει την Τρίτη την τέταρτη και πέμπτη ώρα.

### 3-Hour

Το πλήθος των 3ωρων διδασκαλιών που απαιτεί το μάθημα.

π.χ.

$a_1, a_2; t_1$  (1-hour) 1 (3-hour) Το τμήμα  $a_1$ , με τον καθηγητή  $t_1$  έχουν 1 1ωρο και 1 3ωρο στο αντίστοιχο μάθημα.

Ένα «μάθημα» μπορεί να ορισθεί και χωρίς τμήματα.

π.χ.

$t_1$  2 (1-hour) Ο καθηγητής  $t_1$  έχει 2 1ωρα για κάποια εργασία (χωρίς τμήματα).

### max/day

Ορίζεται πόσες από τις διδασκαλίες που έχουν ορισθεί μπορεί να γίνουν την ίδια ημέρα. Όταν δεν δοθεί τιμή υπονοείται η μονάδα. Σε μαθήματα που γίνεται διάσπαση ή αναδιοργάνωση τμημάτων η τιμή μπορεί να είναι μεγαλύτερη της μονάδας.

### Περιορισμοί R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9

Στις στήλες αυτές μπορούν να ορισθούν διάφοροι περιορισμοί του προγράμματος διδασκαλίας που δημιουργείται.

Οι τιμές που δίνονται κάτω από τις στήλες R1, R2, ... (Γραμμή 2) αντιστοιχούν στο άνω όριο που δεν πρέπει ποτέ να ξεπερασθεί. Δηλαδή οι περιορισμοί είναι του τύπου μικρότερο ή ίσο ( $\leq$ ).

### R1, R2, R3

Εδώ ορίζονται περιορισμοί που αναφέρονται σε **κάθε ημέρα και ώρα** διδασκαλίας.

Τα R1, R2 και R3 μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχούν σε διάφορους πόρους (resources σε περιορισμένη ποσότητα) που απαιτούνται για να γίνουν τα μαθήματα και χρησιμοποιούνται από τα τμήματα και τους καθηγητές.

π.χ.

Το R1 μπορεί να είναι μια ειδικά εξοπλισμένη αίθουσα (ας πούμε εργαστήριο πληροφορικής) και υπάρχει μια μόνο τέτοια αίθουσα. Αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν περισσότεροι από ένας καθηγητές που κάνουν μάθημα σε αυτή την αίθουσα, τότε θα πρέπει να σημειωθούν όλα τα μαθήματα αυτά στη στήλη R1 με τιμή 1 (αφού κάθε μάθημα δεσμεύει μια αίθουσα) και να δοθεί  $\max R1 \rightarrow 1$ . Έτσι στο πρόγραμμα σε κάθε ώρα για όλες τις ημέρες, θα υπάρχει μόνο 1 μάθημα το πολύ που θα χρησιμοποιεί την αίθουσα.

Επίσης το R2 μπορεί να είναι οι συνολικές διαθέσιμες αίθουσες, αν αυτές είναι λιγότερες από τον αριθμό των τμημάτων που τις χρησιμοποιούν, οπότε στη στήλη R2 για κάθε μάθημα δίνεται το πλήθος των αιθουσών που αυτό απαιτεί (συνήθως 1). Στο πρόγραμμα που

δημιουργείται σε καμιά ώρα για όλες τις ημέρες, δεν ξεπερνιέται το  $\max R2$  που έχει δοθεί από όλα τα μαθήματα που γίνονται.

### **R4, R5, R6**

Εδώ ορίζονται περιορισμοί όπως και παραπάνω, αλλά οι περιορισμοί αυτοί αναφέρονται στο πρόγραμμα **μιας ημέρας**.

π.χ.

Ας υποθέσουμε ότι από τα μαθήματα  $m1, m2, m3, m4$  ενός τμήματος θέλουμε να γίνουν το πολύ 3 από αυτά την ίδια ημέρα. Δίνεται τιμή  $\max R4 \rightarrow 3$  και σημειώνονται με μονάδα (1) τα μαθήματα  $m1, m2, m3, m4$ .

Οι περιορισμοί αυτοί δημιουργούνται **ανά τμήμα**, επομένως αν έχουμε την ίδια μέγιστη τιμή για περιορισμούς που αναφέρονται σε διαφορετικά τμήματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια στήλη, αφού καθώς οι περιορισμοί δημιουργούνται ανά τμήμα θα συμμετέχουν στους περιορισμούς μόνο μαθήματα που αφορούν το ίδιο τμήμα.

### **R7, R8, R9**

Εδώ ορίζονται περιορισμοί που αναφέρονται στο πρόγραμμα **δύο συνεχόμενων ημερών για το ίδιο μάθημα**.

π.χ.

Ας υποθέσουμε ότι ένα μάθημα έχει 2 1ωρες διδασκαλίες και δεν θέλουμε αυτές να γίνονται σε 2 συνεχόμενες ημέρες. Δίνεται τιμή  $\max R4 \rightarrow 1$  και σημειώνεται με μονάδα (1) το μάθημα.

Όπως και πριν αν έχουμε την ίδια μέγιστη τιμή για περιορισμούς που αναφέρονται σε διαφορετικά μαθήματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια στήλη.

Όλοι οι περιορισμοί  $R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9$ , όπως έχει αναφερθεί είναι εξ ορισμού του τύπου μικρότερο ή ίσο ( $\leq$ ). Μπορούν ωστόσο να δημιουργηθούν περιορισμοί άλλου τύπου αν δοθεί π.χ.  $\max R1 \rightarrow =2$  ή  $\geq 3$ .

Επίσης σε όλους τους περιορισμούς συμμετέχουν οι διδασκαλίες των μαθημάτων με συντελεστή την τιμή που έχει δοθεί στη στήλη του κάθε περιορισμού. Αν θέλουμε να ληφθεί υπόψη η διάρκεια των διδασκαλιών (1ωρες, 2ωρες, 3ωρες) στην δημιουργία του περιορισμού δίνουμε π.χ.  $\max R1 \rightarrow =2H$  ή  $\geq 3H$  ή  $2H$ . Τώρα στους περιορισμούς συμμετέχουν οι διδασκαλίες με συντελεστές τη διάρκειά τους (1, 2 ή 3) επί την τιμή που έχει δοθεί στη στήλη του κάθε περιορισμού.

π.χ.

Ας υποθέσουμε ότι ένα μάθημα έχει δύο (2) 1ωρες και μία (1) 2ωρη διδασκαλία και δεν θέλουμε μια 2ωρη διδασκαλία να ακολουθείται από μια 1ωρη την επόμενη ή την προηγούμενη ημέρα, ενώ δεν μας ενοχλεί οι 1ωρες διδασκαλίες να γίνονται σε συνεχόμενες ημέρες.

Δίνεται τιμή  $\max R7 \rightarrow 2H$  (δηλαδή  $\leq 2$  ώρες) και σημειώνεται με μονάδα (1) το μάθημα.

### 3. Τμήματα

#### **Classes**

Οι κωδικοί των τμημάτων. Χρησιμοποιούνται στον ορισμό των μαθημάτων, στήλη A. Προτείνεται η χρήση μικρών λατινικών γραμμάτων στους κωδικούς, για να είναι ευδιάκριτοι. Ο κωδικός κάθε τμήματος πρέπει να είναι μοναδικός.

Όταν ένα τμήμα αναδιοργανώνονται σε υποτμήματα ώστε γίνουν διαφορετικά μαθήματα σε κάθε υποτμήμα, αυτό ορίζεται ως εξής: π.χ. k1,k2,k3,k4;c1 δηλαδή από το τμήμα c1 προκύπτουν τα υποτμήματα k1,k2,k3,k4. Τα μαθήματα τώρα ορίζονται για το τμήμα c1 ή για τα υποτμήματα k1,k2,k3,k4 ή κάποιο συνδυασμό υποτμημάτων του ίδιου ή διαφορετικού τμήματος.

#### **Name**

Ένα όνομα για το τμήμα (προαιρετικά).

#### **Total Hours**

Το σύνολο των ωρών του τμήματος. Δεν απαιτείται να δοθεί, αλλά το υπολογίζει το "κουμπί" Calc Total Hours και βοηθά στον έλεγχο των δεδομένων που έχουν εισαχθεί.

#### **hours/day min**

Ο μικρότερος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας του τμήματος σε κάθε ημέρα. Υπολογίζεται με το "κουμπί" Calc Total Hours, αλλά μπορεί να δοθεί μια διαφορετική τιμή.

#### **hours/day max**

Ο μεγαλύτερος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας σε κάθε ημέρα. Υπολογίζεται με το "κουμπί" Calc min-max, αλλά μπορεί να δοθεί μια διαφορετική τιμή.

#### **First**

Η πρώτη ώρα που μπορεί το τμήμα να ξεκινήσει μάθημα.

#### **Last**

Η τελευταία ώρα που μπορεί να σταματήσει το μάθημα του τμήματος. Αν το τμήμα δεν είναι διαθέσιμο μια ημέρα, τα κελιά first και last αφήνονται κενά.

#### **Preferences**

Οι προτιμήσεις του τμήματος για ώρες διδασκαλίας σε μια ημέρα, αν το τμήμα δεν έχει πλήρες πρόγραμμα για όλες τις ώρες που είναι διαθέσιμο. Για πρώτες ώρες διδασκαλίας δίνεται E (Early), ενώ για τελευταίες δίνεται L (Late). Αν δεν υπάρχει προτίμηση το κελί αφήνεται κενό.

## 4. Διδάσκοντες

### Teachers

Οι κωδικοί των καθηγητών. Χρησιμοποιούνται στον ορισμό των μαθημάτων, στήλη Α.

### Name

Ένα όνομα για τον καθηγητή (προαιρετικά).

### Total Hours

Το σύνολο των ωρών του καθηγητή. Δεν απαιτείται να δοθεί, αλλά το υπολογίζει το "πλήκτρο" Calc Total Hours και βοηθά στον έλεγχο των δεδομένων που έχουν εισαχθεί.

### hours/day min

Ο μικρότερος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας του καθηγητή σε κάθε ημέρα. Υπολογίζεται με το "κουμπί" Calc min-max, αλλά μπορεί να αλλάξει.

### hours/day max

Ο μεγαλύτερος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας σε κάθε ημέρα. Υπολογίζεται με το "κουμπί" Calc min-max, αλλά μπορεί να αλλάξει.

### First

Όπως πριν για τα τμήματα, δηλαδή η πρώτη ώρα που μπορεί ο καθηγητής να ξεκινήσει μάθημα.

### Last

Όπως πριν για τα τμήματα, δηλαδή η τελευταία ώρα που μπορεί να έχει μάθημα ο καθηγητής. Αν ο καθηγητής δεν είναι διαθέσιμος μια ημέρα, τα κελιά first και last αφήνονται κενά.

### Preferences

Οι προτιμήσεις του καθηγητή για ώρες διδασκαλίας ανά ημέρα. Για πρώτες ώρες διδασκαλίας δίνεται E (Early), για τελευταίες δίνεται L (Late), αν δεν υπάρχει προτίμηση το κελί αφήνεται κενό.

### Day Cost Type

Καθορίζεται ο επιθυμητός τρόπος διαχείρισης των «κενών» ωρών στο ημερήσιο πρόγραμμα διδασκαλίας κάθε καθηγητή. Οι τιμές που μπορούν να δοθούν είναι:

- 0 Το ημερήσιο πρόγραμμα μπορεί να περιέχει οσαδήποτε «κενά», διάρκειας μιας ή περισσοτέρων ωρών
- 1 Το ημερήσιο πρόγραμμα μπορεί να περιέχει «κενά» διάρκειας μιας ώρας, που εισάγουν πέναλτι στη συνάρτηση κόστους
- 2 Το ημερήσιο πρόγραμμα μπορεί να περιέχει «κενά» διάρκειας μιας ώρας, που όμως **δεν** εισάγουν πέναλτι στη συνάρτηση κόστους
- 3 Το ημερήσιο πρόγραμμα μπορεί να περιέχει «κενά» διάρκειας μιας ώρας, που **δεν** εισάγουν πέναλτι στη συνάρτηση κόστους, εκτός αν είναι λιγότερα στο

εβδομαδιαίο πρόγραμμα από την τιμή που ορίζεται στη στήλη max Week Breaks

### **max Day Breaks**

Ο μεγαλύτερος επιτρεπτός αριθμός «κενών» διάρκειας μιας ώρας στο ημερήσιο πρόγραμμα διδασκαλίας. Δεν εφαρμόζεται αν έχει δοθεί Day Cost Type = 0.

Αν δοθεί τιμή 0, τότε δεν επιτρέπεται η εμφάνιση «κενών» στο ημερήσιο πρόγραμμα.

### **max Week Breaks**

Ο μεγαλύτερος επιτρεπτός αριθμός «κενών» διάρκειας μιας ώρας στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα διδασκαλίας. Δεν εφαρμόζεται αν έχει δοθεί Day Cost Type = 0.

Αν έχει δοθεί Day Cost Type = 3, ορίζει τον **ελάχιστο επιθυμητό** αριθμό «κενών» στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα, δηλαδή αν συνολικός αριθμός κενών είναι μικρότερος από την τιμή που ορίζεται, εισάγεται πέναλτι στη συνάρτηση κόστους.

### **max Day Hours**

Ο μεγαλύτερος επιτρεπτός αριθμός ωρών διδασκαλίας ανά ημέρα.

### **Επιλογή Calc Total Hours**

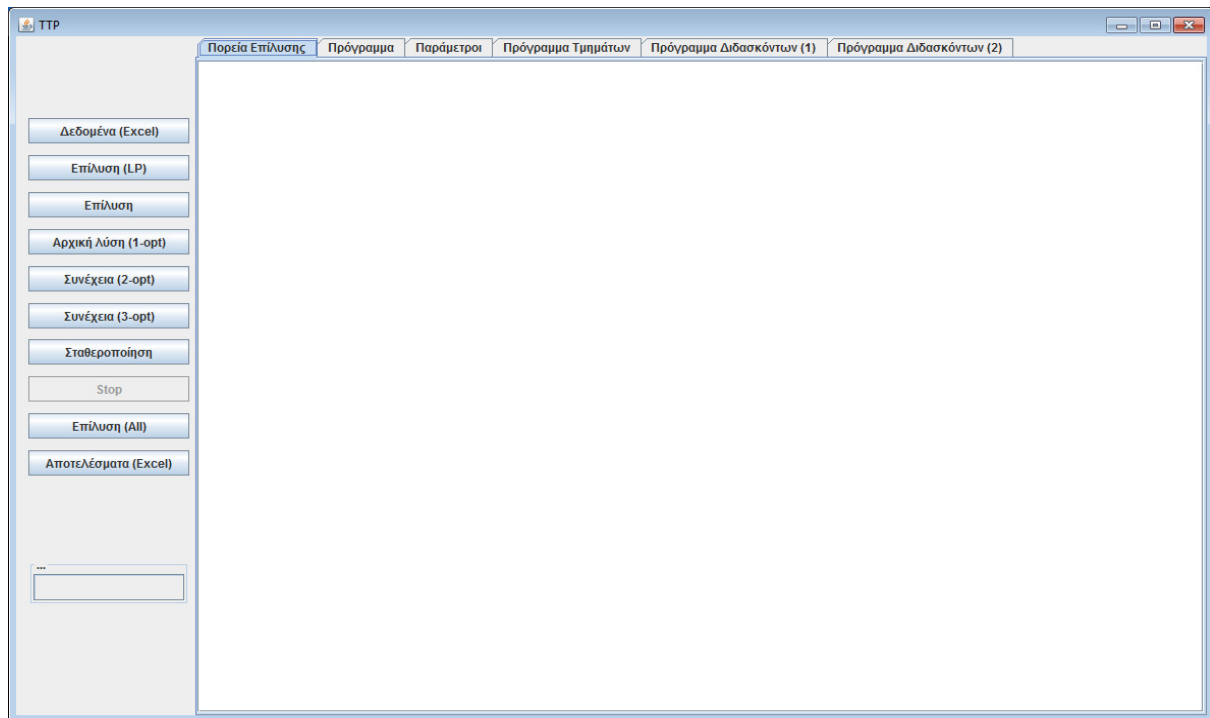
Υπολογίζει τις στήλες Total Hours (σύνολο ωρών) για τα τμήματα και τους διδάσκοντες, σύμφωνα με τα μαθήματα και τις διδασκαλίες που έχουν δοθεί (στήλη Courses). Υπολογίζει επίσης το σύνολο των τμημάτων και των διδασκόντων (κελιά Teachers, Classes στα γενικά στοιχεία).

### **Επιλογή Calc min - max**

Υπολογίζει τις στήλες min - max (μικρότερος – μεγαλύτερος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας) για τα τμήματα και τους διδάσκοντες, Classes, σύμφωνα με τα μαθήματα και τις διδασκαλίες που έχουν δοθεί (στήλη Courses). Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές και μπορεί να δοθούν διαφορετικές.

Στις στήλες του Excel που ορίζονται τα μαθήματα, τα τμήματα ή οι διδάσκοντες δεν πρέπει να υπάρχουν κενές γραμμές. Οτιδήποτε είναι κάτω από μια κενή γραμμή αγνοείται.

## Διαδικασία Επίλυσης



### Επιλογή Δεδομένα (Excel)

Επιλέγεται το αρχείο Excel που περιέχει τα δεδομένα του προβλήματος. Αφού φορτωθεί το αρχείο, στη καρτέλα «Πορεία Επίλυσης» εμφανίζονται οι διδασκαλίες ανά τμήμα και ανά διδάσκοντα, ώστε να ελεγχθεί ότι τα δεδομένα έχουν μεταφερθεί σωστά στην εφαρμογή επίλυσης.

### Επιλογή Επίλυση (LP)

Επιλύεται η γραμμική εκδοχή (Linear Programming) του προβλήματος. Με την επιλογή αυτή μπορεί να διαπιστωθεί αν υπάρχουν διδασκαλίες που δεν μπορούν να ανατεθούν (αδύνατο πρόβλημα) και επομένως πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες αλλαγές στα δεδομένα του προβλήματος. Επίσης προσδιορίζεται μια κατώτερη τιμή της συνάρτησης κόστους της λύσης που μπορεί να επιτευχθεί.

### Επιλογή Επίλυση

Ξεκινά η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος με στόχο την δημιουργία του ωρολογίου προγράμματος διδασκαλίας. Το πρόγραμμα που δημιουργείται περιλαμβάνει όλες τις διδασκαλίες που πρέπει να γίνουν (εφόσον είναι εφικτό), στις διαθέσιμες ημέρες και ώρες των καθηγητών και των τμημάτων.

Στο πρόγραμμα των τμημάτων δεν επιτρέπεται να υπάρχουν κενά.

Γίνεται προσπάθεια να ικανοποιούνται στο μέγιστο βαθμό οι απαιτήσεις για συνολικές ώρες διδασκαλίας των καθηγητών και των τμημάτων ανά ημέρα, μέσα στα επιθυμητά όρια που έχουν τεθεί.

Επίσης αποφεύγονται τα κενά στο πρόγραμμα διδασκαλίας των καθηγητών και οι διδασκαλίες των καθηγητών και των τμημάτων γίνονται στις επιθυμητές ώρες.

Η διαδικασία επίλυσης περιλαμβάνει 2 βασικά βήματα. Στο πρώτο βήμα δημιουργείται μια αρχική λύση επιλύοντας ένα αριθμό υποπροβλημάτων μέσα στην ίδια ημέρα και για όλες τις



ημέρες. Στο δεύτερο βήμα επιλύονται υποπροβλήματα που περιλαμβάνουν 2 ημέρες. Η διαδικασία επίλυσης τερματίζεται όταν η λύση που έχει βρεθεί δεν μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω, για κάθε συνδυασμό 2 ημερών.

Η λύση που έχει βρεθεί αποθηκεύεται μέσα στο αρχείο Excel που έχει τα δεδομένα. Συγκεκριμένα, στο φύλλο 2 αποθηκεύεται το πρόγραμμα των τμημάτων και στο φύλλο 3 το πρόγραμμα των καθηγητών. Επίσης στο φύλλο 4 αποθηκεύεται μια κωδικοποιημένη αναπαράσταση της λύσης. Επιπλέον δημιουργείται ένα νέο αρχείο με όνομα <αρχείο\_Excel>.sol που περιέχει τη λύση. Έτσι αν στη συνέχεια επιλεγεί να φορτωθεί αρχείο δεδομένων Excel (η 1<sup>η</sup> επιλογή), που περιέχει λύση αυτή η λύση είναι τώρα η αρχική λύση για τη διαδικασία επίλυσης.

### Επιλογή **Αρχική λύση (1-opt)**

Δημιουργεί μια νέα λύση εκτελώντας το πρώτο βήμα της διαδικασίας επίλυσης.

### Επιλογή **Συνέχεια (2-opt)**

Η τρέχουσα λύση βελτιστοποιείται εκτελώντας το δεύτερο βήμα της διαδικασίας επίλυσης, δηλαδή επιλύονται υποπροβλήματα που περιλαμβάνουν 2 ημέρες.

Η προηγούμενη επιλογή «Επίλυση», αντιστοιχεί στην επιλογή «Αρχική λύση (1-opt)» ακολουθούμενη από την επιλογή «Συνέχεια (2-opt)».

### Επιλογή **Συνέχεια (3-opt)**

Η τρέχουσα λύση βελτιστοποιείται επιλύοντας υποπροβλήματα που περιλαμβάνουν 3 ημέρες. Η διαδικασία επίλυσης εκτελείται 1 φορά για κάθε συνδυασμό 3 ημερών.

### Επιλογή **Επαν-Επίλυση**

Εδώ μπορεί να αντιμετωπισθεί το θέμα όταν σε ένα πρόγραμμα διδασκαλίας που έχει δημιουργηθεί, προκύψει η ανάγκη για κάποιες αλλαγές στα δεδομένα του προβλήματος, ενώ είναι αναγκαίο κάποια τμήματα του υπάρχοντος προγράμματος να παραμείνουν σταθερά. Π.χ κάποιος καθηγητής δεν είναι πλέον διαθέσιμος, δημιουργία νέου τμήματος κ.α.

Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί είναι η εξής:

Ανοίγουμε το Excel αρχείο (αφού κάνουμε πρώτα ένα αντίγραφο ασφαλείας) που περιέχει τα δεδομένα και τη λύση και κάνουμε τις αναγκαίες αλλαγές στα δεδομένα. Μπορούμε να διαγράψουμε, να αλλάξουμε ή προσθέσουμε διδάσκοντες, τμήματα ή μαθήματα και διδασκαλίες. Προσοχή, ειδικά για τα μαθήματα δεν διαγράφουμε τα κελιά που τα ορίζουν και δεν αλλάζουμε τη σειρά τους (αυτό θα έκανε τη λύση που υπάρχει μη έγκυρη). Αν για παράδειγμα ένας καθηγητής δεν είναι πλέον διαθέσιμος, μπορούμε να τον διαγράψουμε από τη στήλη των καθηγητών, αλλά στα μαθήματα που συμμετείχε πρέπει να διαγραφούν μόνο τα περιεχόμενα των κελιών που ορίζουν τις διδασκαλίες (1ωρα, 2ωρα, 3ωρα) του μαθήματος, ώστε το μάθημα αυτό να αγνοηθεί, αφού δεν θα έχει διδασκαλίες.

Στο φύλλο 4, κελί C1 ορίζονται τα τμήματα του προγράμματος που θα παραμείνουν σταθερά, με την βοήθεια των κωδικών των καθηγητών των τμημάτων και των ημερών.

π.χ αν δοθεί t1;t2;a1,Δε

τότε το πρόγραμμα των καθηγητών t1 και t2, του τμήματος a1 και το πρόγραμμα της Δευτέρας για όλους, δεν θα αλλάξει. Μπορούν να δοθούν πολλοί κωδικοί μαζί, π.χ. t3..t7 που

αντιστοιχούν σε όλους τους καθηγητές από τον t3 έως και τον t7 όπως αυτοί έχουν ορισθεί στη στήλη των διδασκόντων.

Στη συνέχεια με την επιλογή «Δεδομένα (Excel)» διαβάζεται το νέο πρόβλημα και η προηγούμενη λύση του, με την επιλογή «Επαν-Επίλυση» διαβάζονται τα τμήματα του προγράμματος που θα παραμείνουν σταθερά και με την επιλογή «Συνέχεια (2-opt)» ξεκινά η διαδικασία επίλυσης.

Η επιλογή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης, αν θέλουμε να συνεχισθεί η επίλυση κρατώντας σταθερό ένα τμήμα του υπάρχοντος προγράμματος, χωρίς δηλαδή να υπάρχουν αλλαγές στα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται το μέγεθος του προβλήματος (ο χώρος αναζήτησης λύσης) και είναι πιθανό να προσδιορισθεί καλύτερη λύση.

### **Επιλογή Stop**

Διακόπτει τη διαδικασία επίλυσης και αποθηκεύει τα αποτελέσματα.

Η διαδικασία επίλυσης μπορεί να συνεχισθεί με τις επιλογές «Συνέχεια (2-opt)» ή «Συνέχεια (3-opt)».

### **Επιλογή Επίλυση (All)**

Γίνεται επίλυση του πλήρους προβλήματος. Δεν προτείνεται, αφού είναι πολύ χρονοβόρο και σπάνια βρίσκει μια καλή λύση σε αποδεκτό χρόνο, εκτός αν έχει περιορισθεί το μέγεθος του προβλήματος με την επιλογή «Επαν-Επίλυση». Εδώ η διαδικασία επίλυσης δεν μπορεί να διακοπεί με την επιλογή «Stop», αλλά θα πρέπει να εξαντληθεί ο χρόνος που της έχει διατεθεί ή ο επιλυτής ολοκληρώσει την αναζήτηση λύσης.

### **Επιλογή Αποτελέσματα (Excel)**

Ανοίγει το αρχείο Excel που περιέχει τα δεδομένα και τη λύση που έχει προσδιορισθεί.

### **Καρτέλα Πορεία Επίλυσης**

Παρουσιάζονται διάφορες πληροφορίες για την πορεία επίλυσης του προβλήματος.

### **Καρτέλα Πρόγραμμα**

Παρουσιάζεται μια σχηματική αναπαράσταση της τρέχουσας λύσης, καθώς και πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της λύσης.

## Καρτέλα Παράμετροι

The screenshot shows the 'Parameters' (Παράμετροι) tab in the TTP software. It is organized into several sections:

- 1-opt:** Contains checkboxes for 'initial\_solution\_1' through 'initial\_solution\_5'. It also has checkboxes for 'solveHourDay\_3', 'solveDay\_4', 'solveHourDay\_4', 'solveDay\_5', 'solveHourDay\_5', and 'solveDayTeachers'. A 'solveDay\_opt' section has a checkbox and a 'Χρόνος (sec)' field set to 90.
- 1-opt Επανάληψεις:** A numeric field set to 1.
- 2-opt:** Contains checkboxes for 'solveTwoDaysHours\_2\_2', 'solveTwoDaysHours\_3\_2', 'solveTwoDaysHours\_3\_3', 'solveTwoDaysHours\_4\_3', 'solveTwoDaysHours\_4\_4', 'solveTwoDaysHours\_5\_4', and 'solve'. It also has checkboxes for 'solveRandomDaysHours', 'solveRandomTeachersDaysHours', and 'solveRandomTeachersDaysAllHours'. A 'solveTwoDays\_opt' section has a checkbox and a 'Χρόνος (sec)' field set to 120. Below, there are 'Υποπροβλήματα...' and 'Χρόνος (sec)' fields set to 50 and 15 respectively.
- 3-opt:** Contains checkboxes for 'solveThreeDaysHours\_3\_3\_2', 'solveThreeDaysHours\_3\_3\_3', 'solveThreeDaysHours\_4\_3\_2', 'solveThreeDaysHours\_4\_3\_3', 'solveThreeDaysHours\_4\_4\_2', and 'solve'. It also has 'Υποπροβλήματα...' and 'Χρόνος (sec)' fields set to 50 and 20 respectively.
- Solver:** Has radio buttons for 'CBC' (selected) and 'GLPK'. A dropdown for 'maxTeachersInSubProblems' is set to 35.
- Συνάρτηση κόστους:** A list of penalty coefficients with numeric input fields: 'penaltyTPrefCoef' (50), 'penaltyTeacherMinHoursPerDay' (10), 'penaltyTeacherMaxHoursPerDay' (300), 'penaltyTeacherBreaks' (100), 'penaltyTeacherNoBreaks' (200), 'penaltyTotalCourses' (5000), 'penaltyClassPrefCoef' (100), 'penaltyClassMinHoursPerDay' (300), 'penaltyClassMaxHoursPerDay' (500), and 'Μέγιστος αριθμός ωρών ανά Ημέρα (Τμήμα)' (4).
- Πλήρης Επίλυση:** A 'Χρόνος (sec)' field set to 7200, with 'Set' and 'Save' buttons.

Εδώ καθορίζονται διάφοροι παράμετροι της διαδικασίας επίλυσης, περιορισμοί στη δημιουργία του προγράμματος και πέναλτι σε μη επιθυμητά χαρακτηριστικά του προγράμματος.

### 1-opt

Παράμετροι που αφορούν το πρώτο βήμα της διαδικασίας επίλυσης όπου δημιουργείται μια αρχική λύση επιλύοντας ένα αριθμό υποπροβλημάτων μέσα στην ίδια ημέρα και για όλες τις ημέρες.

Οι εξορισμού τιμές συνήθως λειτουργούν ικανοποιητικά.

### 2-opt

Παράμετροι που αφορούν το δεύτερο βήμα της διαδικασίας επίλυσης όπου επιλύονται υποπροβλήματα που περιλαμβάνουν 2 ημέρες. Ορίζεται το μέγεθος των υποπροβλημάτων που θα επιλύονται, ορίζοντας πόσες ώρες θα ληφθούν υπόψη από τη πρώτη ημέρα (π.χ. 4) και πόσες ώρες από τη δεύτερη ημέρα (π.χ. 3).

Ορίζεται επίσης το πλήθος των υποπροβλημάτων που επιλύονται για κάθε συνδυασμό 2 ημερών καθώς και ο μέγιστος χρόνος επίλυσης για κάθε υποπρόβλημα.

Πρακτικά οι τιμές που πρέπει να ορισθούν εδώ, εξαρτώνται από το μέγεθος του συνολικού προβλήματος. Δηλαδή αν η διαδικασία επίλυσης καθυστερεί, σημαίνει ότι έχουν ορισθεί μεγάλα υποπροβλήματα, ενώ αν η επίλυση γίνεται γρήγορα τα υποπροβλήματα είναι μικρά.

Η επίλυση μεγαλύτερων υποπροβλημάτων οδηγεί συνήθως σε καλύτερα αποτελέσματα.

Μια τακτική επίλυσης είναι να ορισθούν αρχικά μικρά σχετικά υποπροβλήματα και αν η επίλυση δεν είναι ικανοποιητική, να ορισθούν μεγαλύτερα υποπροβλήματα και μετά να γίνει «Συνέχεια (2-opt)» ή «Συνέχεια (3-opt)».

*solveRandomDaysHours*, *solveRandomTeachersDaysHours*,  
*solveRandomTeachersDaysAllHours*

Είναι τρεις επιπλέον διαφορετικοί τρόποι ορισμού των προς επίλυση υποπροβλημάτων. Μπορούν να απενεργοποιηθούν, αν από τη πορεία επίλυσης διαπιστωθεί ότι δεν συμμετέχουν

αποτελεσματικά στην επίλυση του προβλήματος. Οι τιμές δίπλα σε κάθε σε κάθε τεχνική χρησιμεύουν στο να ρυθμίζουν το μέγεθος των υποπροβλημάτων. Δηλαδή, αν από τη πορεία επίλυσης διαπιστωθεί ότι καθυστερεί η επίλυση (μεγάλα υποπροβλήματα), μπορεί να δοθεί μια τιμή 90 ή 80, ώστε να μειωθεί το μέγεθος των υποπροβλημάτων. Το αντίθετο μπορεί να γίνει αν η επίλυση γίνεται πολύ γρήγορα. Οι τιμές αυτές μπορεί να αλλάξουν και κατά τη διάρκεια της επίλυσης, δηλαδή δίνονται οι νέες τιμές και επιλέγεται «Set».

*solveTwoDays-opt*

Ορίζεται ότι θα ληφθούν υπόψη από τη πρώτη ημέρα όλες οι ώρες και όλες οι ώρες από τη δεύτερη ημέρα, δημιουργώντας έτσι 1 υποπρόβλημα για συνδυασμό 2 ημερών, καθώς και ο χρόνος που θα διατεθεί για την επίλυση (χρήσιμο σε μικρού μεγέθους προβλήματα).

### **3-opt**

Ορίζεται το μέγεθος των υποπροβλημάτων που θα επιλύονται με την επιλογή «Συνέχεια (3-opt)», ορίζοντας πόσες ώρες θα ληφθούν υπόψη από τη πρώτη ημέρα (π.χ. 4), πόσες ώρες από τη δεύτερη ημέρα (π.χ. 3) και πόσες ώρες από τη τρίτη ημέρα (π.χ. 3).

### **Solver**

Ορίζεται ποιος επιλυτής θα χρησιμοποιηθεί για την επίλυση των υποπροβλημάτων.

Ο επιλυτής CBC είναι η καλύτερη επιλογή.

*maxTeachersInSubProblems*

Ορίζει το μέγιστο αριθμό των καθηγητών που συμμετέχουν στην επίλυση των υποπροβλημάτων (αφορά προβλήματα μεγάλου μεγέθους).

### **Συνάρτηση κόστους**

*penaltyTPrefCoef*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν υπάρχει διδασκαλία σε ώρα εκτός των προτιμήσεων (Early, Late) για κάθε διδάσκοντα.

*penaltyTeacherMinHoursPerDay*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν οι συνολικές ώρες διδασκαλίας σε μια ημέρα είναι λιγότερες από την επιθυμητή τιμή που έχει ορισθεί για κάθε διδάσκοντα.

*penaltyTeacherMaxHoursPerDay*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν οι συνολικές ώρες διδασκαλίας σε μια ημέρα είναι περισσότερες από την επιθυμητή τιμή που έχει ορισθεί για κάθε διδάσκοντα.

*penaltyTeacherBreaks*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν στο πρόγραμμα διδασκαλίας ενός διδάσκοντα υπάρχει διακοπή και επομένως κενό. Αφορά τους διδάσκοντες που έχει ορισθεί  $DayCostType = 1$ .

*penaltyTeacherNoBreaks*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα διδασκαλίας ενός διδάσκοντα οι συνολικές διακοπές είναι λιγότερες από την τιμή που έχει ορισθεί στο  $maxWeekBreaks$ . Αφορά τους διδάσκοντες που έχει ορισθεί  $DayCostType = 3$ .

*penaltyTotalCourses*

Ορίζει το πέναλτι (μια τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από τα άλλα πέναλτι) που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν το πρόγραμμα δεν περιέχει μια διδασκαλία που έχει ορισθεί (μη πλήρες πρόγραμμα).

*penaltyClassPrefCoef*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν υπάρχει διδασκαλία σε ώρα εκτός των προτιμήσεων (Early, Late) για κάθε τμήμα.

*penaltyClassMinHoursPerDay*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν οι συνολικές ώρες διδασκαλίας σε μια ημέρα είναι λιγότερες από την επιθυμητή τιμή που έχει οριστεί για κάθε τμήμα.

*penaltyClassMaxHoursPerDay*

Ορίζει το πέναλτι που εισάγεται στη συνάρτηση κόστους, όταν οι συνολικές ώρες διδασκαλίας σε μια ημέρα είναι περισσότερες από την επιθυμητή τιμή που έχει οριστεί για κάθε τμήμα.

*Μέγιστος αριθμός ωρών ανά ημέρα(Τμήμα)*

Ορίζει το μέγιστο επιτρεπτό αριθμό των διδασκαλιών στο πρόγραμμα μιας ημέρας για κάθε τμήμα. Ο περιορισμός αυτός εφαρμόζει αυτή την τιμή αν στα δεδομένα σε κάποιο τμήμα έχει δοθεί τιμή, ως μέγιστος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας, μικρότερη ή ίση της τιμής που ορίζεται εδώ. Διαφορετικά εφαρμόζεται η τιμή που έχει δοθεί ως μέγιστος επιθυμητός αριθμός ωρών διδασκαλίας.

Οι τιμές των πέναλτι καθορίζουν κατά κανόνα την σχετική σημασία των αντίστοιχων χαρακτηριστικών στη λύση που θα προσδιοριστεί. Δηλαδή αυξάνοντας την τιμή κάποιου πέναλτι αποφεύγεται η εμφάνιση του αντίστοιχου χαρακτηριστικού στη τελική λύση, σε σχέση με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά.

Η τιμή της συνάρτησης κόστους είναι το άθροισμα όλων των πέναλτι που προκύπτουν από τα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά μιας λύσης. Η ιδανική λύση (αν υπάρχει τέτοια) έχει τιμή της συνάρτησης κόστους μηδέν.

## **Πλήρης Επίλυση**

Καθορίζεται ο χρόνος επίλυσης για την πλήρη επίλυση του προβλήματος.

## **Επιλογή Set**

Οι τιμές των παραμέτρων που έχουν αλλαχθεί θα έχουν προσωρινή ισχύ.

## **Επιλογή Save**

Οι τιμές των παραμέτρων αποθηκεύονται στο αρχείο param.cfg ώστε να ισχύουν μόνιμα.

## **Καρτέλα Πρόγραμμα Τμημάτων**

Παρουσιάζεται το πρόγραμμα των τμημάτων της τρέχουσας λύσης.

## **Καρτέλα Πρόγραμμα Διδασκόντων (1)**

Παρουσιάζεται το πρόγραμμα των διδασκόντων της τρέχουσας λύσης, ανά ημέρα και διδάσκοντα.

## **Καρτέλα Πρόγραμμα Διδασκόντων (2)**

Παρουσιάζεται το πρόγραμμα των διδασκόντων της τρέχουσας λύσης, ανά διδάσκοντα και ημέρα.