

# Επίλυση προβλήματος ωρολογίου προγράμματος για Γυμνάσιο/Λύκειο

Στα πλαίσια του μαθήματος: Γραμμική και Συνδυαστική Βελτιστοποίηση

Τσάμπρας Κωνσταντίνος, [up1083865@ac.upatras.gr](mailto:up1083865@ac.upatras.gr)

Επιβλέποντες: Δασκαλάκη Σοφία, Βαλουξής Χρήστος, Πέππας Παύλος

➔ Περιγραφή του προβλήματος:

Κάθε σχολείο που ανήκει στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση αντιμετωπίζει το ίδιο πρόβλημα σε κάθε νέα σχολική χρονιά. Το πρόβλημα αυτό είναι η δημιουργία ωρολογίου προγράμματος που να καλύπτει τις απαιτήσεις τόσο του προγράμματος της ύλης (πόσες ώρες την βδομάδα πρέπει η κάθε τάξη να διδάσκεται το κάθε μάθημα), τις απαιτήσεις και προτιμήσεις των καθηγητών αλλά και την πραγματικότητα ότι πολλοί καθηγητές εργάζονται σε πάνω από ένα σχολείο.

Σε αυτήν την πραγματικότητα προστίθεται το γεγονός ότι οι αναθέσεις καθηγητών σε σχολεία αργούν και συχνά αλλάζουν πολλές φορές μέσα στους πρώτους μήνες του σχολικού έτους.

Αυτή η κατάσταση, ουσιαστικά αποκλείει την δυνατότητα δημιουργίας του ωρολογίου προγράμματος με το χέρι -όπως γινόταν μέχρι πρόσφατα- και επιτάσσει την χρήση σύγχρονων μέσων για την αυτοματοποίηση της δημιουργίας του προγράμματος αυτού.

Δυστυχώς δεν υπάρχει κάποιο δωρεάν, ευρέως ( και νόμιμα) διαθέσιμο πρόγραμμα που να επιλύει το πρόβλημα αυτό.

Μια μέθοδος για την μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος αυτού είναι ο γραμμικός προγραμματισμός. Η διαδικασία αυτή, της μοντελοποίησης και επίλυσης αυτού του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, θα περιγραφεί σε αυτήν την αναφορά.

➔ Παραδοχές:

Για να μοντελοποιηθεί αυτό το σύνθετο πρόβλημα θα πρέπει αρχικά να οριστεί με ακρίβεια και πληρότητα. Για αυτόν τον σκοπό στην συνέχεια αναφέρονται οι παραδοχές που έγιναν και να φτιαχτεί ένα γενικό μοντέλο ωρολογίου προγράμματος (και των απαιτήσεων αυτού) για ένα σχολείου Γυμνασίου/Λυκείου.

- A. Πλήθος τάξεων (3). Κάθε σχολείο αυτής της βαθμίδας έχει τρεις τάξεις. Ενδέχεται, βέβαια η κάθε τάξη να έχει πάνω από ένα τμήμα, παρόλα αυτά, στην μοντελοποίηση μας αυτό επιλύεται απλά με την προσθήκη νέων τάξεων η οποίες απλά θα έχουν τις ίδιες απαιτήσεις (όσον αφορά την ύλη/ώρες ανά βδομάδα με κάθε καθηγητή).
- B. Πλήθος ημερών (5). Κάθε σχολείο έχει, βεβαίως, 5 εργάσιμες ημέρες μέσα στην βδομάδα.

- C. Πλήθος ωρών ανά ημέρα (5). Η συγκεκριμένη έχει αλλάξει πολλές φορές τις τελευταίες δεκαετίες και συχνά δεν είναι σταθερή μέσα σε μία βδομάδα (δηλαδή υπάρχουν περιπτώσεις όπου μία τάξη έχει 3 εξάωρα και 2 εφτάωρα μέσα σε μία βδομάδα). Αλλά για χάριν απλότητας και ευκολότερης επόπτευσης των εισόδων, των δεδομένων και της επίλυσης έχει επιλεχθεί η σταθερή διάρκεια μαθήματος ανά ημέρα των 5 ωρών (κάτι που εύκολα μπορούμε να αλλάξουμε, αφού στο πρόγραμμα είναι παραμετροποιήσιμο).
- D. Ένας καθηγητής ανά τάξη ανά ώρα. Θεωρούμε την περίπτωση όπου δεν υπάρχουν μαθήματα στα οποία ένας καθηγητής διδάσκει δύο τάξεις ταυτόχρονα, ενώ ταυτόχρονα, δεν υπάρχουν μαθήματα τα οποία απαιτούν δύο καθηγητές να διδάξουν την ίδια τάξη την ίδια ώρα.
- E. Ώρες ανά μάθημα ανά βδομάδα. Η ύλη του μαθήματος θα περιγράφεται από τον αριθμό ωρών που απαιτούνται κάθε βδομάδα για κάθε τάξη. Ο κάθε καθηγητής (που αντιπροσωπεύεται από ένα id και αντιστοιχεί σε ένα μάθημα) θα έχει μια λίστα με τον αριθμό των εβδομαδιαίων ωρών που πρέπει να αφιερώνει σε κάθε τάξη.
- F. Δυνατότητα ορισμού μη διαθέσιμων ωρών καθηγητή. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους ένας καθηγητής μπορεί να μην είναι διαθέσιμος κάποιες συγκεκριμένες ώρες μέσα στην βδομάδα. Για παράδειγμα μπορεί να:
- Βρίσκεται σε άλλο σχολείο για κάποιες ώρες/μέρες
  - Να έχει προβλήματα υγείας για τα οποία πρέπει να έχει ελεύθερες συγκεκριμένες ώρες μέσα στην εβδομάδα
  - Να έχει σοβαρούς προσωπικούς λόγους (αν και για αυτό ενδείκνυται η επόμενη κατηγορία)
- G. Δυνατότητα δήλωσης προτιμήσεων ωρών/ημερών. Δίνεται δηλαδή η δυνατότητα τον κάθε καθηγητή να δηλώσει ώρες μέσα στην ημέρα, ή ημέρες, στις οποίες θα προτιμούσε να έχει (ή να μην έχει) μαθήματα. Γίνεται αντιληπτό βέβαια ότι δεν μπορούν πάντα να ικανοποιούνται όλες οι προτιμήσεις (για παράδειγμα είναι πιθανόν μεγάλο ποσοστό καθηγητών να ζητήσουν να μην έχουν πρώτες ώρες μάθημα, κάτι που αν προσπαθούσαμε να ικανοποιήσουμε για όλους τους καθηγητές θα οδηγούσε σε αδιέξοδο την δημιουργία προγράμματος), οπότε δεν θα υπάρχει εγγύηση ότι οι προτιμήσεις θα ικανοποιούνται, αλλά θα γίνεται «προσπάθεια» για να ικανοποιηθούν όσον το δυνατόν περισσότερες.
- H. Ορισμός μέγιστου αριθμού ωρών ανά τάξη ανά μέρα. Σε πολλά μαθήματα είναι απαραίτητο οι ώρες ανά εβδομάδα να μην βρίσκονται όλες στην ίδια μέρα για μια τάξη. Κάτι τέτοιο δεν θα επέτρεπε την ομαλή διεξαγωγή του μαθήματος καθώς τόσο οι μαθητές όσο και ο καθηγητής δεν θα μπορούσαν να αφιερώσουν ικανοποιητική προσοχή και συγκέντρωση για 4 συνεχόμενες ώρες στο ίδιο μάθημα. Ενώ παράλληλα οι τυχόν ασκήσεις για το σπίτι δεν θα δίνονταν σταδιακά (2-3 φορές την εβδομάδα), αλλά μια φορά την εβδομάδα, κάτι που δεν είναι επιθυμητό

για την αφομοίωση της ύλης. Έτσι ορίζεται ένας μέγιστος αριθμός ωρών ανά ημέρα για κάθε καθηγητή για κάθε τάξη.

Η επιθυμητή έξοδος του προγράμματος θα είναι η εκτύπωση ενός ωρολογίου προγράμματος για κάθε τάξη, καθώς και ο υπολογισμός ορισμένων στατιστικών για το πρόγραμμα αυτό (όπως μία εικόνα για το πλήθος των προτιμήσεων που καλύφθηκαν).

## ➔ Μοντελοποίηση:

### A. Μεταβλητές απόφασης.

Για την μοντελοποίηση του προβλήματος αυτού, θα χρησιμοποιηθεί ένας πίνακας ο οποίος θα αποθηκεύει τις μεταβλητές απόφασης (οι οποίες είναι δυαδικές/ακέραιες μεταξύ 0 και 1) για τις ώρες και τις τάξεις διδασκαλίας του κάθε καθηγητή. Πιο συγκεκριμένα ο πίνακας θα έχει την μορφή:

$$K_{i,d,h,c}$$

Όπου:

- Ο δείκτης  $i$  εκφράζει το id (τον δείκτη) του κάθε καθηγητή.
- Ο δείκτης  $d$  εκφράζει την ημέρα (σύμφωνα με τα παραπάνω παίρνει ακέραιες τιμές μεταξύ 0 και 4).
- Ο δείκτης  $h$  εκφράζει την ώρα μέσα στην μέρα (σύμφωνα με τα παραπάνω παίρνει ακέραιες τιμές μεταξύ 0 και 4).
- Ο δείκτης  $c$  εκφράζει την τάξη ( σύμφωνα με τα παραπάνω παίρνει τις τιμές 0,1,2)

Για παράδειγμα το να έχει η παρακάτω μεταβλητή απόφασης τιμή 1

$$K_{3,0,4,1} = 1$$

Μας υποδεικνύει ότι ο καθηγητής με id 3, την Δευτέρα (μέρα 0), την 5<sup>η</sup> (ώρα 4) ώρα, έχει μάθημα με την τάξη B (τάξη 0).

Ενώ η έκφραση

$$K_{3,0,4,0} = 0$$

Δείχνει ότι ο καθηγητής με id 3, την Δευτέρα, την 5<sup>η</sup> ώρα, δεν έχει μάθημα με την τάξη Α.

B. Περιορισμοί.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές εισάγονται οι παρακάτω περιορισμοί:

- Μια τάξη ανά καθηγητή ανά ώρα:

$$\sum_c K_{i,d,h,c} \leq 1, \quad \forall \{i, d, h\}$$

- Ένας καθηγητής ανά τάξη ανά ώρα:

$$\sum_i K_{i,d,h,c} \leq 1, \quad \forall \{d, h, c\}$$

- Κάλυψη της ύλης (ο πίνακας  $x_{i,c}$  που ορίζει τις ώρες που πρέπει ο κάθε καθηγητής να διδάσκει την κάθε τάξη -ανά βδομάδα- είναι είσοδος για το πρόγραμμα). Σημειώνεται ότι αν θέλουμε το πρόγραμμα να βγάζει ως έξοδο ένα ημιτελές ωρολόγιο πρόγραμμα (όπως για παράδειγμα ένα πρόγραμμα στο οποίο μερικές ώρες δεν μπόρεσαν να συμπληρωθούν) γιατί οι περιορισμοί μας είναι πολύ περιοριστικοί, μπορούμε να θέσουμε την παρακάτω ισότητα ως ανισότητα ( $\leq$ ). Η περίπτωση αυτή θα αναλυθεί περεταίρω στον ορισμό της αντικειμενικής συνάρτησης:

$$\sum_{d,h} K_{i,d,h,c} = x_{i,c}, \quad \forall \{i, c\}$$

- Μέγιστος αριθμός ωρών ανά ημέρα σε κάθε καθηγητή και τάξη (ομοίως ο πίνακας  $y_{i,c}$  που ορίζει τον μέγιστο αριθμό ωρών για κάθε τάξη και κάθε καθηγητή είναι είσοδος για το πρόγραμμα):

$$\sum_h K_{i,d,h,c} \leq y_{i,c} , \quad \forall \{i, d, c\}$$

- Ορισμός ωρών μη διαθεσιμότητας καθηγητών (το σύνολο  $Z$  αποτελεί και αυτό είσοδο του προγράμματος, κάθε στοιχείο του  $Z$  αντιστοιχεί σε έναν καθηγητή και είναι μια λίστα με δυάδες  $(d,h)$  που δηλώνουν το σύνολο των ωρών στις οποίες δεν θα είναι διαθέσιμος μέσα στην εβδομάδα:

$$\sum_c K_{i,d,h,c} = 0 , \quad \forall \{i \mid (d, h) \in Z_i\}$$

### C. Αντικειμενική συνάρτηση:

Στην αντικειμενική συνάρτηση θα τεθούν ως όροι προς βελτιστοποίηση οι προτιμήσεις των καθηγητών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Εκτός όμως από αυτό το κριτήριο στην αντικειμενική συνάρτηση, είναι ενδιαφέρον να εξεταστεί και την περίπτωση όπου οι περιορισμοί (πχ μη διαθεσιμότητας καθηγητών) είναι τόσο περιοριστικοί, που δεν επιτρέπουν την πλήρη συμπλήρωση του ωρολογίου προγράμματος.

Μία προσέγγιση θα ήταν να τεθεί ως περιορισμός η πλήρης συμπλήρωση του προγράμματος, κάτι που θα σήμαινε ότι η αδυναμία συμπλήρωσης του προγράμματος απλά θα επέστρεφε ένα μήνυμα αδυναμίας επίλυσης του προβλήματος, χωρίς κάτι χρήσιμο. Αυτό όμως ενδεχομένως να μην είναι επιθυμητό σε όλες τις περιπτώσεις.

Έτσι επιλέχθηκε να τεθεί ως όρος στην αντικειμενική συνάρτηση το πλήθος των ωρών του ωρολογίου που έχουν συμπληρωθεί. Έτσι ο αλγόριθμος θα έχει «κίνητρο» να συμπληρώσει όσον το δυνατόν περισσότερες ώρες στο ωρολόγιο πρόγραμμα.

Όμως με αυτήν την προσέγγιση εμφανίζεται το πρόβλημα όπου η κάλυψη επιθυμιών/προτιμήσεων καθηγητών ενδέχεται να αντιτίθεται στην πλήρη κάλυψη του προγράμματος.

Για παράδειγμα ενδέχεται η προτίμηση ενός καθηγητή να μην διδάξει την Δευτέρα να μην επιτρέπει στον αλγόριθμο να γεμίσει όλες τις ώρες του προγράμματος, άρα ο αλγόριθμος αντιμετωπίζει ένα «δίλημμα», ποιο από τα δύο κριτήρια πρέπει να υπερισχύσει;

Για την διευθέτηση τέτοιων περιπτώσεων αποφασίστηκε να οριστούν παράμετροι για το βάρος των όρων στην αντικειμενική συνάρτηση, και - πιο συγκεκριμένα- οι όροι που αφορούν την πλήρη κάλυψη του προγράμματος να έχουν πολύ μεγαλύτερο βάρος από τους όρους που αφορούν προτιμήσεις καθηγητών.

Έτσι ο αλγόριθμος θα προσπαθεί πρώτα να μεγιστοποιήσει την κάλυψη και έπειτα να ικανοποιήσει όσες προτιμήσεις μπορεί.

(Σημειώνεται ότι, όπως αναφέρθηκε στους περιορισμούς, για να επιτρέψουμε την δυνατότητα μη ολοκληρωμένης συμπλήρωσης του ωρολογίου προγράμματος, ο περιορισμός κάλυψης της ύλης πρέπει να εκφράζει ανισότητα ( $\leq$ ) και όχι ισότητα)

Η συνάρτηση που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι συνάρτηση μεγιστοποίησης αθροίσματος.

Άρα έχουμε τους εξής όρους στην αντικειμενική συνάρτηση:

- Όροι κάλυψης. Ο συντελεστής  $c$  είναι η παράμετρος που αφορά την κάλυψη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πρέπει να έχει αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος από τις παραμέτρους προτιμήσεων):

$$coverage = c * \sum_{i,d,h,c} K_{i,d,h,c}$$

- Όροι αποφυγής ημερών. Ο κάθε καθηγητής μπορεί να επιλέξει ποιες ημέρες θέλει να αποφεύγει να έχει ώρες διδασκαλίας. Η επιλογή αυτή δεν εγγυάται την αποφυγή των ημερών αυτών. Ο συντελεστής  $p1$  ορίζει το βάρος της αποφυγής των ημερών όπως αναφέρθηκε. Προφανώς υπάρχει δυνατότητα διαφοροποίησης των συντελεστών για τον κάθε καθηγητή ή για την κάθε προτίμηση. Το σύνολο  $P1$

ανήκει στην είσοδο και περιέχει μια λίστα για κάθε καθηγητή η οποία περιέχει τις μέρες τις οποίες επιθυμεί να αποφύγει:

$$avoided\_days = p1 * \sum_{i,h,c, d \in P1_i} K_{i,d,h,c}$$

- Όροι προτίμησης ημερών. Ομοίως ο κάθε καθηγητής μπορεί να επιλέξει τις μέρες στις οποίες προτιμάει να διδάσκει. Οι όροι θα έχουν βάρος ίσο με την αντίστοιχη παράμετρο. Το σύνολο P2, αντίστοιχα με το P1 ανήκει στην είσοδο:

$$preferred\_days = p2 * \sum_{i,h,c, d \in P2_i} K_{i,d,h,c}$$

- Όροι αποφυγής ωρών. Αντίστοιχα, δίνεται η δυνατότητα επιλογής ωρών τις οποίες επιθυμεί να αποφύγει ένας καθηγητής. Για παράδειγμα αποφυγή της πρώτη ώρας κάθε μέρας. Το σύνολο P3 ανήκει και αυτό στην είσοδο και αντίστοιχα με τα δύο προηγούμενα, περιέχει για τον κάθε καθηγητή μια λίστα με τις ώρες τις οποίες επιθυμεί να αποφύγει:

$$avoided\_hours = p3 * \sum_{i,d,c, h \in P3_i} K_{i,d,h,c}$$

- Όροι προτίμησης ημερών. Ομοίως με παραπάνω, ορίζονται οι ώρες τις οποίες προτιμάει ένας καθηγητής να διδάσκει. Το σύνολο P4 είναι αντίστοιχο με τα παραπάνω:

$$preferred\_hours = p4 * \sum_{i,d,c, h \in P4_i} K_{i,d,h,c}$$

Σημειώνεται ότι (αφού επιλέχθηκε συνάρτηση μεγιστοποίησης) οι όροι που δηλώνουν αποφυγή θα πρέπει να εισέρχονται στην αντικειμενική συνάρτηση με αρνητικό πρόσημο, αφού οι παραπάνω όροι, ουσιαστικά αποτελούν το άθροισμα των ωρών που διδάσκει κάθε καθηγητής στις εν λόγω ώρες/μέρες.



Σε περιπτώσεις αποφυγής επιδιώκεται ελάχιστο άθροισμα (άρα αρνητικό πρόσημο), ενώ σε περιπτώσεις προτίμησης επιδιώκεται μέγιστο άθροισμα (άρα θετικό πρόσημο).

## ➔ Είσοδος.

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό -και έχει αναφερθεί και σε αρκετά σημεία- το πρόγραμμα χρειάζεται πολλές εισόδους για να οριστούν οι παράμετροι του προβλήματος. Οι απαραίτητες αυτές εισοδοι ορίζονται στο αρχείο `input_data.py` και γίνονται `import` στο κύριο αρχείο `main.py`.

Οι εισοδοι αυτοί είναι οι παρακάτω:

- A. Παράμετροι όπως ο αριθμός των τάξεων, ημερών, ωρών και καθηγητών.
- B. Ο πίνακας με τις ώρες διδασκτέας ύλης. Δημιουργούνται με τρόπο με τον οποίο το άθροισμα των ωρών για κάθε τάξη να είναι ίσος με τον αριθμό ωρών στην εβδομάδα. (Σημειώνεται ότι αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι μερικοί καθηγητές με μεγάλο `id`, δεν έχουν πολλές -ή και καθόλου- ώρες διδασκαλίας).
- C. Ο πίνακας με τον μέγιστο αριθμό ωρών ανά ημέρα για κάθε τάξη από κάθε καθηγητή (μέγιστο 2 ώρες ανά μέρα).
- D. Ο πίνακας με τις μέρες προτίμησης για κάθε καθηγητή (2 για τον καθένα, η μία είναι η μέρα με τιμή `professor_id%5`, η δεύτερη τυχαία).
- E. Ο πίνακας με τις μέρες αποφυγής για κάθε καθηγητή (2 για τον καθένα, η μία μέρα είναι η μέρα με τιμή `(professor_id+1)%5`).
- F. Ο πίνακας με τις ώρες προτίμησης για κάθε καθηγητή (ομοίως με τις ημέρες).
- G. Ο πίνακας με τις ώρες αποφυγής για κάθε καθηγητή (ομοίως με τις ημέρες).
- H. Ο πίνακας με τις μέρες και ώρες μη διαθεσιμότητας των καθηγητών (Τυχαίος αριθμός από 2-10 την εβδομάδα και τυχαία «θέση» στο πρόγραμμα με μόνη παρέμβαση το να υπάρχουν λιγότερες ώρες διαθεσιμότητας τις ημέρες προτίμησης ενός καθηγητή).

Στο αρχείο αυτό χρησιμοποιούνται τόσο τυχαίες συναρτήσεις όσο και λογικοί αλγόριθμοι με σκοπό να δημιουργηθούν εισοδοι οι οποίοι να αποδεικνύουν την καλή λειτουργία του προγράμματος. Για παράδειγμα μία από τις δύο

μέρες επιλογής του κάθε καθηγητή είναι η μέρα με id ίσο με το id του καθηγητή modulo 5, κάτι που επιτρέπει με μια ματιά στο πρόγραμμα να επαληθευτεί ότι ο κάθε καθηγητής έχει μεγάλο αριθμό ωρών στην επιθυμητή ημέρα. Αντίστοιχα μία από τις δύο μη επιθυμητές μέρες είναι η μέρα με id ίσο με το id του καθηγητή συν 1 modulo 5.

Σημειώνεται ότι υπάρχει και ένα ακόμη αρχείο εισόδου (`input_data_non_complete.py`) όπου οι ώρες (αυστηρής) μη διαθεσιμότητας των καθηγητών δεν επιτρέπουν την πλήρη συμπλήρωση του προγράμματος για να δοκιμαστεί και αυτή η περίπτωση.

Τέλος, υπάρχει και ένα αρχείο με το όνομα `input_data_real.py` το οποίο δημιουργεί τις ώρες διδασκίας ύλης σύμφωνα με το ΦΕΚ της 12<sup>ης</sup> Ιουνίου του 2020 το οποίο ορίζει τις ώρες εβδομαδιαίας διδασκαλίας ημερησίου Γυμνασίου σχολείου (με εξαίρεση ενός μαθήματος 2 ωρών από κάθε τάξη ώστε οι συνολικές ώρες να είναι 30 για να εμφανίζονται τα αποτελέσματα πιο ευανάγνωστα).

## ➔ Έξοδος.

Η έξοδος του προγράμματος είναι ένα ωρολόγιο πρόγραμμα για κάθε τάξη, ενώ δίνεται η δυνατότητα τύπωσης στατιστικών και γραφικών παραστάσεων για τα στοιχεία κάλυψης των προτιμήσεων των καθηγητών.

Πιο συγκεκριμένα έχουν υλοποιηθεί οι εξής μέθοδοι οι οποίες μπορούν να κληθούν μετά την επίλυση του προβλήματος:

- `print_classes()`: Τυπώνει τα ωρολόγια προγράμματα από την οπτική της κάθε κλάσης. Ο αριθμός σε κάθε timeslot είναι το id του καθηγητή με τον οποίο έχει μάθημα η κάθε τάξη.

Παράδειγμα:

Class A:

H\D:	M	T	W	Th	F
0	0	6	2	5	5
1	2	1	7	1	1
2	3	7	4	5	4
3	6	6	7	8	6
4	5	7	4	1	4

Παράδειγμα μη ολοκληρωμένης κάλυψης ωρών (αρχείο `input_data_non_complete.py`):

Class A:

H\D:	M	T	W	Th	F
0	-1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1	-1
2	5	7	2	5	4
3	3	6	2	8	0
4	5	1	4	1	4

(Το πρόγραμμα καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερες ώρες)

- `print_professors()`: Τυπώνει τα ωρολόγια προγράμματα από την οπτική του κάθε καθηγητή.  
Σε κάθε θέση του προγράμματος υπάρχει η – (δηλώνει κενό), το X (δηλώνει ότι έχει δηλωθεί μη διαθεσιμότητα εκείνη την ώρα) ή το όνομα μιας τάξης με την οποία έχει μάθημα.  
Με πράσινο σημειώνονται οι μέρες για τις οποίες έχει δηλώσει προτίμηση ο κάθε καθηγητής, με κόκκινο αυτές για τις οποίες έχει

δηλώσει προτίμηση αποφυγής. Στα δεξιά δηλώνονται οι δηλωθείσες ώρες αποφυγής/προτίμησης.

Παράδειγμα:

P\D	M				T				W				Th				F				Preferred/Avoided hours	
Prof 0	B	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	B	-	C	C	A	0,2	1,3
Prof 1	-	-	X	X	-	X	A	C	B	B	-	-	-	X	-	X	A	C	B	A	1,4	2,3
Prof 2	C	C	A	-	-	-	-	-	-	-	A	B	C	B	C	-	-	-	X	X	2,0	3,4
Prof 3	-	B	C	A	C	-	X	-	X	X	-	-	-	-	X	B	X	B	C	C	3,2	4,0
Prof 4	X	X	-	-	-	X	-	X	-	-	C	C	A	-	A	X	-	-	-	-	4,2	0,3
Prof 5	A	-	B	-	A	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	A	B	A	-	B	0,2	1,3
Prof 6	-	A	-	C	B	A	B	X	A	C	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	1,3	2,0
Prof 7	X	-	-	-	X	X	C	A	C	A	-	A	B	A	-	-	-	-	X	-	2,1	3,0
Prof 8	X	-	-	B	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	C	C	-	A	-	3,2	4,0
Prof 9	X	-	-	-	-	C	-	B	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	4,3	0,2
Prof 10	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	B	-	-	C	-	-	-	X	X	X	0,3	1,2
Prof 11	X	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	1,3	2,0
Prof 12	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	2,4	3,0
Prof 13	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	3,1	4,0
Prof 14	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	4,2	0,1

Το παράδειγμα όταν για είσοδο έχουμε το αρχείο που παράγει το μη πλήρες ωρολόγιο πρόγραμμα:

P\D	M				T				W				Th				F				Preferred/Avoided hours	
Prof 0	X	X	C	-	B	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	C	A	B	0,2	1,3
Prof 1	X	X	-	-	-	X	X	B	C	A	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	1,4	2,3
Prof 2	X	X	B	-	-	X	X	-	-	-	X	X	A	A	-	X	X	-	-	-	2,0	3,4
Prof 3	X	X	-	A	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	B	B	C	3,2	4,0
Prof 4	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	B	C	A	X	X	-	-	-	4,2	0,3
Prof 5	X	X	A	-	A	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	A	-	B	0,2	1,3
Prof 6	X	X	-	B	C	X	X	C	A	B	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	1,3	2,0
Prof 7	X	X	-	-	-	X	X	A	-	C	X	X	C	-	B	X	X	-	-	-	2,1	3,0
Prof 8	X	X	-	C	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	C	A	-	3,2	4,0
Prof 9	X	X	-	-	-	X	X	-	B	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	4,3	0,2
Prof 10	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	B	C	X	X	-	-	-	0,3	1,2
Prof 11	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	1,3	2,0
Prof 12	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	B	-	-	2,4	3,0
Prof 13	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	3,1	4,0
Prof 14	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	4,2	0,1

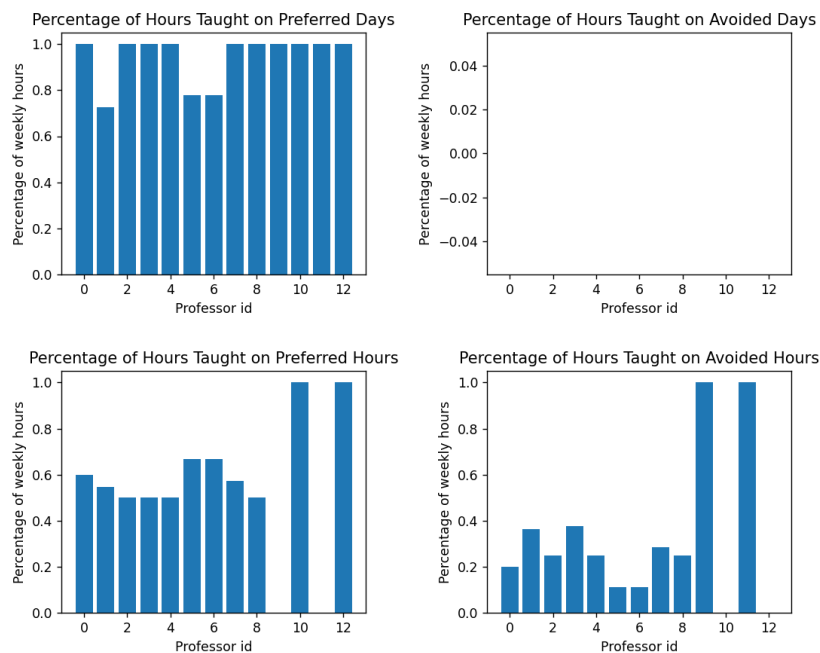
(Ορίστηκε κανένας καθηγητής να μην είναι διαθέσιμος τις δύο πρώτες ώρες)

Παράδειγμα για την περίπτωση χρήσης του ωρολογίου προγράμματος σύμφωνα με το ΦΕΚ (6 ώρες την ημέρα):

P\D	M						T						W						Th						F						Preferred/Avoided hours	
Prof 0	B	-	A	-	X	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	A	-	A	-	C	C	0,2	1,3		
Prof 1	-	A	X	B	B	-	C	A	-	C	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	1,3	2,5		
Prof 2	-	-	X	-	-	-	B	C	B	C	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	3,0			
Prof 3	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	C	B	-	B	X	X	A	A	C	X	-	-	-	-	X	3,2	4,0			
Prof 4	X	-	-	-	X	-	-	X	-	B	-	B	C	B	A	A	C	-	-	X	-	X	C	A	C	A	X	4,1	5,0			
Prof 5	-	-	-	-	A	C	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	C	B	-	B	5,4	0,3			
Prof 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	B	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	0,3	1,2			
Prof 7	A	C	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	B	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	1,0	2,4			
Prof 8	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B	B	-	X	-	-	-	-	-	2,3	3,4			
Prof 9	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	C	-	A	C	X	-	-	-	X	-	B	B	X	A	X	-	3,2	4,5		
Prof 10	-	-	-	-	C	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	A	C	B	A	B	-	-	X	-	-	4,3	5,0		
Prof 11	X	B	C	C	-	A	-	A	-	X	-	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	5,0	0,4		
Prof 12	-	-	-	-	X	-	-	B	-	B	X	X	C	A	-	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	0,2	1,3		
Prof 13	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	C	-	C	-	-	-	-	-	-	-	1,3	2,5		
Prof 14	-	-	-	X	-	X	-	-	A	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	2,4	3,5		
Prof 15	C	-	B	A	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	3,0	4,1		
Prof 16	-	-	X	-	-	-	-	C	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	B	-	-	4,5	5,3		
Prof 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	C	-	C	A	5,0	0,1	
Prof 18	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B	A	-	-	-	X	-	-	0,5	1,4	

- `show_stats()`: Παρουσιάζει γραφικά ορισμένα στατιστικά που αφορούν τα ποσοστά κάλυψης των προτιμήσεων των καθηγητών όσον αφορά τις μέρες και ώρες που προτιμούν/αποφεύγουν. Παράδειγμα (Ο πίνακας των ωρών διδασκαλίας σε ημέρες που είχαν δηλωθεί προς αποφυγή δεν έχει κάποιο πρόβλημα, απλά δεν υπήρχαν ώρες που να διδάχθηκαν σε τέτοιες μέρες, με την συγκεκριμένη κατανομή ωρών):

Stats



Ακόμη σημειώνεται ότι παρόλο που φαίνεται να έχει γίνει κάποιο είδους λάθος με τους καθηγητές με id 9 και 11, αφού έχουν το 100% των ωρών διδασκαλίας τους σε ώρες που έχουν δηλώσει ότι δεν επιθυμούν να διδάσκουν, αυτό εξηγείται παρακάτω με τα αναλυτικά στατιστικά, όπου βλέπουμε ότι ο καθηγητής με id 9 διδάσκει μόνο 2 ώρες μέσα στην εβδομάδα, απλά και οι δύο αυτές ώρες τυγχάνει να βρίσκονται σε ώρες που έχει δηλώσει ότι προτιμάει να μην διδάσκει. Ομοίως και για το ποσοστό 100% των καθηγητών 10,12.

Τέλος, Στα γραφήματα αποτυπώνεται και οι τιμές των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης, αφού για την συγκεκριμένη επίλυση χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές 2 για τις προτιμώμενες ημέρες, ενώ συντελεστές 0.5 για τις προτιμώμενες ώρες.

- `print_stats()`: Τυπώνεται μια πιο αναλυτική εικόνα για τα στατιστικά, αναφέροντας για τον κάθε καθηγητή τις ώρες διδασκαλίας σε προτιμώμενες/μη προτιμώμενες μέρες/ώρες.

Ένα μέρος:

```
Printing statistics

Preferred Days
Professor 0 teaches 5 classes on their preferred days. Total hours: 5
Professor 1 teaches 8 classes on their preferred days. Total hours: 11
Professor 2 teaches 8 classes on their preferred days. Total hours: 8
Professor 3 teaches 8 classes on their preferred days. Total hours: 8
Professor 4 teaches 8 classes on their preferred days. Total hours: 8

...

////////

Avoided Days
Professor 0 teaches 0 classes on their avoided days. Total hours: 5
Professor 1 teaches 0 classes on their avoided days. Total hours: 11
Professor 2 teaches 0 classes on their avoided days. Total hours: 8
Professor 3 teaches 0 classes on their avoided days. Total hours: 8

...

Preferred Hours
Professor 0 teaches 3 classes on their preferred hours. Total hours: 5
Professor 1 teaches 6 classes on their preferred hours. Total hours: 11
Professor 2 teaches 4 classes on their preferred hours. Total hours: 8
Professor 3 teaches 4 classes on their preferred hours. Total hours: 8
Professor 4 teaches 4 classes on their preferred hours. Total hours: 8

...

Professor 8 teaches 1 classes on their avoided hours. Total hours: 4
Professor 9 teaches 2 classes on their avoided hours. Total hours: 2
Professor 10 teaches 0 classes on their avoided hours. Total hours: 2
Professor 11 teaches 1 classes on their avoided hours. Total hours: 1
Professor 12 teaches 0 classes on their avoided hours. Total hours: 1
```

# Βιβλιογραφία:

- ➔ Διαφάνειες γραμμικού (κα Δασκαλάκη) και ακέραιου (κος Πέππας) προγραμματισμού, καθώς και παρουσίασης της βιβλιοθήκης `gymprog` (κος Βαλουξής):  
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/?course=EE916>
- ➔ Άρθρο για τον ορισμό και την μοντελοποίηση περιορισμών στο πεδίο της δημιουργίας ωρολογίου προγράμματος Σχολικών μονάδων (Samir Ribic, Razija Turcinhozic, Amela Muratovic-Ribic):  
[https://www.researchgate.net/publication/308842155\\_Modelling\\_constraints\\_in\\_school\\_timetabling\\_using\\_integer\\_linear\\_programming](https://www.researchgate.net/publication/308842155_Modelling_constraints_in_school_timetabling_using_integer_linear_programming)
- ➔ Τεκμηρίωση της βιβλιοθήκης `gymprog`, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον ορισμό και την επίλυση του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού:  
<https://pymprog.sourceforge.net/>
- ➔ Τεκμηρίωση της βιβλιοθήκης `numpy`, η οποία χρησιμοποιήθηκε τόσο για παραγωγή τυχαίων δεδομένων, όσο και για πράξεις:  
<https://numpy.org/>
- ➔ Τεκμηρίωση της βιβλιοθήκης `matplotlib`, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την οπτικοποίηση στατιστικών:  
<https://matplotlib.org/>
- ➔ ΦΕΚ για τα δεδομένα ενός ωρολογίου προγράμματος Ημερησίου Γυμνασίου:  
<https://www.et.gr/SearchFek> (Αριθμός ΦΕΚ 2265, 12 Ιουνίου του 2020)