

# ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη – Χειμερινό Εξάμηνο 2021-2022

## Τρίτη Εργασία (1.75 του βαθμού στο μάθημα)

Ημερομηνία Ανακοίνωσης: 9/12/2021

Ημερομηνία Παράδοσης: 11/01/2022 23:59 σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στην ιστοσελίδα του μαθήματος.

**Αντιγραφή:** Σε περίπτωση που προκύψουν φαινόμενα αντιγραφής, οι εμπλεκόμενοι θα βαθμολογηθούν **στην άσκηση με βαθμό 0**.

### Πρόβλημα 1: (exam timetabling)

Ο χρονοπρογραμματισμός εξετάσεων (exam timetabling) είναι ένα δύσκολο πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών το οποίο αφορά τον προγραμματισμό της εξέτασης συγκεκριμένων μαθημάτων σε συγκεκριμένες ημέρες και ώρες κατά την διάρκεια μιας εξεταστικής περιόδου. Η εργασία αυτή αφορά την μοντελοποίηση και επίλυση μιας σχετικά απλής εκδοχής αυτού του προβλήματος με χρήση αλγορίθμων ικανοποίησης περιορισμών. Το πρόβλημα το οποίο πρέπει να λυθεί ορίζεται τυπικά ως εξής.

Έχουμε να φτιάξουμε το πρόγραμμα της επόμενης εξεταστικής για τα μαθήματα του τμήματος μας. Τα μαθήματα δίδονται στο αρχείο «Στοιχεία Μαθημάτων» που δίνεται μαζί με την εργασία (κάποια στοιχεία των μαθημάτων έχουν τροποποιηθεί για τις ανάγκες της εργασίας). Οι περιορισμοί του προβλήματος είναι:

- Η εξεταστική περίοδος διαρκεί 21 συνεχόμενες ημέρες (εξετάσεις και το ΣΚ 😞).
- Το κάθε μάθημα έχει διάρκεια εξέτασης 3 ώρες.
- Σε κάθε μέρα της εξεταστικής περιόδου υπάρχουν 3 χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες μπορεί να εξεταστεί ένα μάθημα (9-12, 12-3 και 3-6).
- Υπάρχει μόνο μία αίθουσα διαθέσιμη για τις εξετάσεις, η οποία χωράει όλους του φοιτητές για κάθε ένα από τα μαθήματα (συνεπώς, δεν μπορεί να υπάρχουν δύο ή περισσότερα μαθήματα που εξετάζονται την ίδια ημέρα και ώρα).
- Τα μαθήματα του ίδιου έτους θα πρέπει να εξετάζονται σε διαφορετικές ημέρες.
- Υπάρχουν κάποια μαθήματα τα οποία έχουν εργαστήριο (δείτε αρχείο). Για τα μαθήματα αυτά, θα πρέπει η εξέταση του εργαστηρίου να ακολουθεί αμέσως μετά αυτή της θεωρίας (π.χ. 12-3 Τεχνητή Νοημοσύνη Θεωρία, 3-6 Τεχνητή Νοημοσύνη Εργαστήριο). Η εξέταση ενός εργαστηρίου γίνεται από τον καθηγητή του μαθήματος.
- Κάποια από τα μαθήματα θεωρούνται δύσκολα (δείτε αρχείο). Οι εξετάσεις δύσκολων μαθημάτων πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 2 ημέρες μεταξύ τους για την διευκόλυνση των φοιτητών.
- Μαθήματα του ίδιου καθηγητή πρέπει να εξετάζονται σε διαφορετικές μέρες.

Έχετε να κάνετε τα εξής:

1. Να υλοποιήσετε τους αλγόριθμους FC, MAC και MINCONFLICTS και να τους εφαρμόσετε στο πρόβλημα. Προτείνουμε να χρησιμοποιήσετε τον ευρετικό κανόνα MRV για την δυναμική διάταξη μεταβλητών καθώς και τον ευρετικό κανόνα dom/wdeg που περιγράφεται στο άρθρο

F. Boussemart, F. Hemery, C. Lecoutre and L. Sais. *Boosting Systematic Search by Weighting Constraints*. Proc. of ECAI 2004, pages 146–150,

για τη διάταξη τιμών

Η υλοποίησή σας πρέπει να βασιστεί πάνω στον κώδικα Python που διατίθεται στη σελίδα <https://github.com/aimacode/aima-python/blob/master/csp.py> .

2. Να συγκρίνετε πειραματικά τους αλγόριθμους που υλοποιήσατε χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που σας δώσαμε και ορίζοντας κατάλληλες μετρικές. Θα πρέπει να εξηγήσετε ποια κριτήρια σύγκρισης χρησιμοποιήσατε και γιατί. Να παρουσιάσετε τα αποτελέσματα σας με ευκρίνεια χρησιμοποιώντας πίνακες και να τα σχολιάσετε.
3. Ποιος είναι ο ελάχιστος χρόνος διάρκειας της εξεταστικής για το πρόβλημα που σας δώσαμε; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

(100 μονάδες)

### Πρόβλημα 2: (Μοντελοποίηση)

Ο φιλολογικός σύλλογος «Άνω και Κάτω Μηλιά» έχει το ετήσιο συνέδριό του στο ξενοδοχείο «Η Ωραία Θέα» που βρίσκεται στο χωριό Άνω Μηλιά. Για την τελευταία ημέρα του συνεδρίου που αρχίζει στις 9 το πρωί είναι προγραμματισμένες 4 αναγνώσεις πρόσφατων βιβλίων μελών του συλλόγου: του κυρίου Γιάννη, της κυρίας Μαρίας, της κυρίας Όλγας και του κυρίου Μήτσου (με αυτή τη σειρά). Η κάθε ανάγνωση γίνεται από τον ίδιο τον συγγραφέα και διαρκεί 30 λεπτά. Στο τέλος των αναγνώσεων, τα μέλη του συλλόγου επιλέγουν το καλύτερο βιβλίο της χρονιάς. Ο νικητής παίρνει έπαθλο ένα χρυσό μήλο το οποίο φυλάσσεται στο χρηματοκιβώτιο του ξενοδοχείου κατά τη διάρκεια του συνεδρίου.

Δυστυχώς όταν ο πρόεδρος του συλλόγου και ο διευθυντής του ξενοδοχείου πηγαίνουν να φέρουν το χρυσό μήλο για την απονομή του βραβείου, ανακαλύπτουν ότι το χρηματοκιβώτιο έχει παραβιαστεί και το μήλο έχει κλαπεί. Ο αστυνόμος Σιεσπής που ανέλαβε να διελευκάνει την κλοπή κατέληξε γρήγορα σε τρεις υπόπτους: τον Γιάννη, την Μαρία και την Όλγα. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες των υπαλλήλων του ξενοδοχείου αυτοί οι 3 βγήκαν για λίγο από την αίθουσα του συνεδρίου, κατά τη διάρκεια των αναγνώσεων, αλλά επέστρεψαν πριν από τις 11:00 που τελειώνουν οι αναγνώσεις και ξεκινάει η επιλογή του νικητή. Οι υπάλληλοι δεν μπορούν να θυμηθούν περισσότερες σχετικές λεπτομέρειες. Και οι τρεις ύποπτοι επικαλέστηκαν το ίδιο άλλοθι:

«Βγήκα από την αίθουσα μετά την ανάγνωση από το βιβλίο μου, και πήγα στο δωμάτιο μου για να ξεκουραστώ για λίγο. Εκεί με πήρε ο ύπνος αλλά μόλις ξύπνησα, έτρεξα πίσω στην αίθουσα. Δεν έκλεψα εγώ το χρυσό μήλο.»

Για να πάει κανείς από την αίθουσα του συνεδρίου στο δωμάτιο του χρειάζεται 5-10 λεπτά. Για να πάει κανείς από την αίθουσα του συνεδρίου στο δωμάτιο που βρίσκεται το χρηματοκιβώτιο χρειάζεται 20-30 λεπτά. Για να παραβιάσει κανείς το χρηματοκιβώτιο χρειάζεται 45-90 λεπτά.

Ο αστυνόμος Σιεσπής εξέτασε προσεκτικά τα άλλοθι των τριών υπόπτων και συνέλαβε τον έναν από αυτούς.

1. Να ορίσετε με ακρίβεια ένα πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών που να κωδικοποιεί όλη τη χρονική πληροφορία που δίνεται από το παραπάνω κείμενο.

2. Να χρησιμοποιήσετε όρους της θεωρίας των προβλημάτων ικανοποίησης περιορισμών για να εξηγήσετε ποιον ύποπτο συνέλαβε ο αστυνόμος Σιεσπής και γιατί.
3. Να προτείνετε μια μέθοδο διάδοσης περιορισμών που θα μπορούσε να είχε χρησιμοποιήσει ο Σιεσπής ώστε να πάρει την απόφαση του.

(10+5+5=20 μονάδες)

### Πρόβλημα 3: (Μοντελοποίηση)

Θεωρήστε το παρακάτω πρόβλημα.

Δίδονται  $n$  εργασίες και  $m$  μηχανές. Κάθε εργασία αποτελείται από  $m$  διαδοχικές ενέργειες. Κάθε ενέργεια  $i$  έχει καθορισμένη διάρκεια σε λεπτά  $d_i$  και μπορεί να εκτελεστεί αποκλειστικά σε μία από τις διαθέσιμες μηχανές, και μόνο αφού εκτελεστούν όλες οι ενέργειες της ίδιας εργασίας που προηγούνται. Κάθε μηχανή μπορεί να εκτελεί μόνο μια ενέργεια τη φορά. Εφόσον μια ενέργεια ξεκινήσει, δεν μπορεί να διακοπεί η λειτουργία της. Κάθε εργασία  $i$  μπορεί να αρχίσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή  $S_i \geq 0$  και θα πρέπει να τερματιστεί πριν από μια δοσμένη (κοινή για όλες τις εργασίες) προθεσμία  $D > 0$ . Το πρόβλημα είναι να αποφασίσουμε αν οι εργασίες μπορούν να προγραμματιστούν στο χρόνο και να βρούμε ένα κατάλληλο προγραμματισμό.

1. Να ορίσετε με ακρίβεια ένα πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών που να κωδικοποιεί τυπικά το πρόβλημα που δώσαμε παραπάνω.
2. Για  $n=3$  και  $m=4$ , να δώσετε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα για το οποίο να υπάρχει λύση (ποια είναι;) και ένα παράδειγμα το οποίο είναι μη συνεπές.
3. Να προτείνετε ένα αλγόριθμο οπισθοδρόμησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτό το πρόβλημα και να συζητήσετε γιατί τον επιλέξατε (δεν χρειάζεται να τον υλοποιήσετε).

(20+5+5=30 μονάδες)

### Πρόβλημα 4:

Δίνονται οι παρακάτω προτάσεις της προτασιακής λογικής:

- $(A \wedge B \wedge C \Rightarrow D) \Leftrightarrow (A \Rightarrow (B \Rightarrow (C \Rightarrow D)))$
- $A \wedge (A \Rightarrow B) \wedge (A \Rightarrow \neg B)$
- $(A \vee B) \wedge (\neg A \vee C) \wedge \neg B \wedge \neg C$
- $(A \vee B) \wedge (\neg A \vee C) \wedge (B \vee C)$

Να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποιες από τις προτάσεις είναι έγκυρες;
2. Ποιες από τις προτάσεις είναι ικανοποιήσιμες;
3. Ποιες από τις προτάσεις είναι μη ικανοποιήσιμες;
4. Ποιες από τις προτάσεις έχουν τουλάχιστον ένα μοντέλο;
5. Ποιες από τις προτάσεις είναι ταυτολογίες;
6. Ποιες από τις προτάσεις είναι σε μορφή Horn ή μπορούν να μετατραπούν σε ένα σύνολο φράσεων που είναι Horn;

Να εξηγήσετε τις απαντήσεις σας.

(30 μονάδες)

**Πρόβλημα 5:**

Αποδείξτε χρησιμοποιώντας ανάλυση ότι η πρόταση  $A \wedge (B \Leftrightarrow C)$  καλύπτει λογικά την  $(A \wedge B) \Leftrightarrow (A \wedge C)$ .

(10 μονάδες)

**Πρόβλημα 6:**

Αν τα  $A$  και  $B$  είναι προτασιακά σύμβολα, ποιες από τις παρακάτω εκφράσεις είναι καλά ορισμένες προτάσεις της προτασιακής λογικής; Χρησιμοποιείτε υποχρεωτικά τον συμβολισμό των διαφανειών του μαθήματος.

- $(A)$
- $(A \rightarrow B)$
- $A \equiv B$
- $A \vDash B$
- $(A \wedge 1)$

(5 μονάδες)