

# ΥΣ02 Τεχνητή Νοημοσύνη – Χειμερινό Εξάμηνο 2024-2025

## Τρίτη Εργασία

(2 μονάδες στις 10 για τον τελικό βαθμό)

Άριστα=120 (υπάρχουν επίσης 50 μονάδες bonus)

Ημερομηνία Ανακοίνωσης: 19/11/2024

Ημερομηνία Παράδοσης: 10/12/2024 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 εξαμήνου θα πρέπει να εξετάζονται σε διαφορετικές ημέρες.
- Υπάρχουν κάποια μαθήματα τα οποία έχουν εργαστήριο (δείτε αρχείο). Για τα μαθήματα αυτά, θα πραγματοποιηθεί εξέταση του εργαστηρίου, η οποία θα πρέπει να ακολουθεί αμέσως μετά την εξέταση της θεωρίας την ίδια ημέρα. (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 (π.χ., αν ένα δύσκολο μάθημα εξεταστεί σε κάποια από τις χρονικές περιόδους της ημέρας 5, το νωρίτερο που μπορεί να εξεταστεί άλλο δύσκολο μάθημα είναι σε μια χρονική περίοδο της ημέρας 7).
- Μαθήματα του ίδιου καθηγητή πρέπει να εξετάζονται σε διαφορετικές μέρες. Τα μαθήματα που εξετάζονται ως θεωρία και εργαστήριο θεωρούνται ως ένα μάθημα σε αυτόν τον περιορισμό.

Έχετε να κάνετε τα εξής:

1. Να υλοποιήσετε τους αλγόριθμους FC, MAC και MINCONFLICTS και να τους εφαρμόσετε στο πρόβλημα. Για την δυναμική διάταξη μεταβλητών, προτείνουμε να χρησιμοποιήσετε τον ευρετικό κανόνα MRV, 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, 2004. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.frontiersinai.com/ecai/ecai2004/ecai04/pdf/p0146.pdf>.

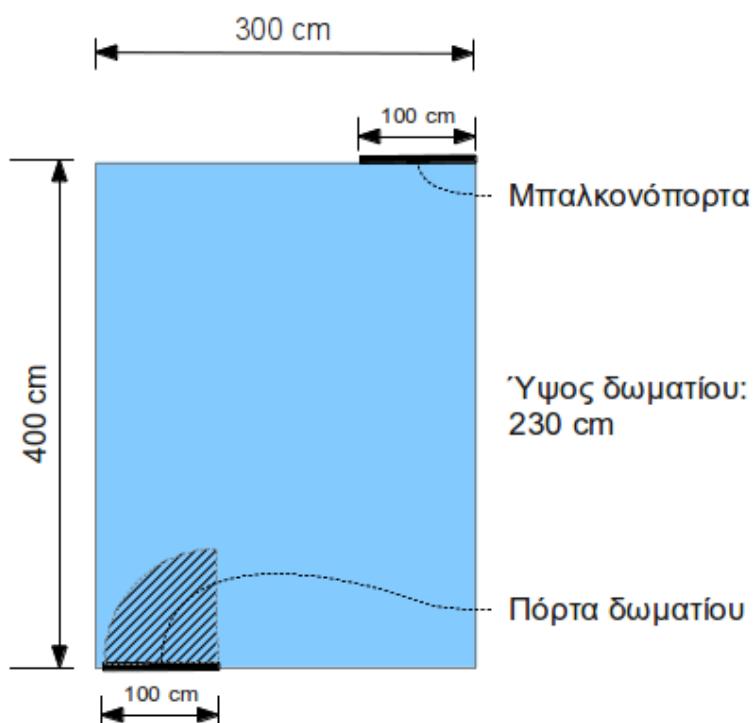
Η υλοποίηση σας πρέπει να βασιστεί πάνω στον κώδικα Python που διατίθεται στη σελίδα <https://github.com/aimacode/aima-python/blob/master/csp.py>. Εάν τροποποιήσετε το αρχείο csp.py, πρέπει να το συμπεριλάβετε στα παραδοτέα σας, μαζί με οποιεσδήποτε διευκρινίσεις κρίνετε απαραίτητες για την εκτέλεση του κώδικά σας. Επιπλέον, θα χρειαστεί να κάνετε import τα αρχεία *utils.py* και *search.py* από το ίδιο repository. Τέλος, για την ανάγνωση του αρχείου συνιστάται η χρήση της βιβλιοθήκης *tabulate* της Python.

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 απάντηση σας.

(100 μονάδες)

## Πρόβλημα 2: (Μοντελοποίηση με προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών)

Θεωρήστε το παρακάτω φοιτητικό δωμάτιο:



Δύο λεπτομέρειες που πρέπει να προσέξετε είναι ότι η μπαλκονόπορτα ανοίγει παράλληλα με τον τοίχο και είναι πηγή φωτός (ζούμε στην Ελλάδα!), ενώ η πόρτα του δωματίου ανοίγει προς τα μέσα και δεν είναι τόσο καλή πηγή φωτός όσο η μπαλκονόπορτα.

Ένας διακοσμητής θα ήθελε να επιπλώσει το παραπάνω δωμάτιο με τα εξής έπιπλα (δίνονται οι διαστάσεις τους σε εκατοστά του μέτρου, Π=πλάτος, Μ=μήκος, Β=βάθος, Υ=ύψος) :

Κρεβάτι: Π100, Μ200, Υ80

Γραφείο: Π160, Β80, Υ90

Καρέκλα γραφείου: Π41, Β44 (το κάθισμα), Υ57

Καναπές: Π221, Β103, Υ84

Ο διακοσμητής θα ήθελε επίσης να ακολουθήσει τους παρακάτω περιορισμούς αισθητικής:

- Τα έπιπλα δεν πρέπει να εφάπτονται ή να πατάνε το ένα πάνω στο άλλο.
- Το κρεβάτι θα πρέπει να είναι κολλημένο σε ένα από τους τοίχους.
- Το γραφείο θα πρέπει να είναι κολλημένο σε τοίχο και απέναντι από την είσοδο φωτός στο δωμάτιο (μπαλκονόπορτα).

Είναι δυνατή η επίπλωση με δεδομένες τις διαστάσεις του δωματίου, τα προτεινόμενα έπιπλα και τους περιορισμούς αισθητικής; Ορίστε ένα κατάλληλο πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών που θα σας βοηθήσει να απαντήσετε την ερώτηση. Έχει λύσεις το πρόβλημα αυτό; Αν ναι, δώστε μια λύση η οποία να αντιστοιχεί σε μια προτεινόμενη επίπλωση.

**Υπόδειξη:** Θεωρήστε το τρισδιάστατο χώρο  $\mathbb{R} \times \mathbb{R} \times \mathbb{R}$  όπου  $\mathbb{R}$  είναι το σύνολο των πραγματικών αριθμών. Τοποθετήστε το δωμάτιο στον υποχώρο με θετικά  $x$ ,  $y$  και  $z$  και γράψτε κατάλληλες ανισότητες που θα εκφράζουν τους περιορισμούς που δόθηκαν.

(10 μονάδες)

### Πρόβλημα 3: (Μοντελοποίηση με προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών)

Θεωρήστε το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού 5 ενεργειών A1, ..., A5. Κάθε ενέργεια χρειάζεται 60 λεπτά για να ολοκληρωθεί. Κάθε ενέργεια μπορεί να αρχίσει στις 9:00, 10:00 ή 11:00. Οι ενέργειες μπορούν να γίνονται παράλληλα αρκεί να ικανοποιούνται οι ακόλουθοι χρονικοί περιορισμοί:

- Η A1 πρέπει να αρχίσει μετά την A3.
- Η A3 πρέπει να αρχίσει πριν την A4 και μετά την A5.
- Η A2 δεν μπορεί να εκτελείται την ίδια ώρα με την A1 ή την A4.
- Η A4 δεν μπορεί να αρχίσει στις 10:00.

Έχετε να κάνετε τα ακόλουθα:

1. Μοντελοποιήστε το παραπάνω πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού σαν πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών.
2. Σχεδιάστε τον γράφο των περιορισμών
3. Εφαρμόστε τον αλγόριθμο συνέπειας τόξου AC-3 στο πρόβλημα μέχρι αυτό να γίνει συνεπές (arc-consistent).

(10 μονάδες)

### Πρόβλημα 4: (Χρονικοί περιορισμοί) BONUS

Να διαβάσετε τα κεφάλαια 1, 2 και 3 από το άρθρο <https://ics.uci.edu/~csp/r10.pdf>. Η μελέτη μας στην άσκηση αυτή θα αφορά τα απλά χρονικά προβλήματα (simple temporal problems) που παρουσιάζονται διεξοδικά στο κεφάλαιο 3. Αφού κατανοήσετε

το σχετικό υλικό, θεωρήστε το ακόλουθο κείμενο το οποίο μας δίνει χρονικές πληροφορίες σχετικά με κάποια γεγονότα που συμβαίνουν στον κόσμο. Προσέξτε ότι με βάση τα όσα μας λέει το κείμενο, η διάρκεια κάποιων δραστηριοτήτων καθώς και η ώρα που συνέβησαν κάποια γεγονότα δεν είναι γνωστές με ακρίβεια.

*H Μαρία ζεκίνησε από το σπίτι της για το γραφείο σήμερα μεταξύ 8 και 8:10 το πρωί. Συνήθως το ταξίδι της Μαρίας από το σπίτι στο γραφείο διαρκεί 30 με 40 λεπτά. Η Ελένη, συνάδελφος της Μαρίας, έφτασε στο γραφείο σήμερα 15 λεπτά μετά από τη Μαρία. Το ταξίδι της Ελένης από το σπίτι της στο γραφείο διαρκεί συνήθως 5 με 15 λεπτά. Πότε έφυγε από το σπίτι της η Ελένη;*

Τώρα έχετε να κάνετε τα παρακάτω:

1. Να ορίσετε το απλό χρονικό πρόβλημα που προκύπτει από το παραπάνω κείμενο. Είναι το πρόβλημα συνεπές; Αν ναι, να δώσετε 2 λύσεις τους προβλήματος και να χρησιμοποιήσετε διάδοση περιορισμών για να να απαντήσετε στο ερώτημα του κειμένου. Αν δεν είναι συνεπές, εξηγήστε γιατί.
2. Να σχεδιάσετε το γράφο αποστάσεων για το πρόβλημα της απάντησης σας στο (1) (δείτε για παράδειγμα το γράφο του σχήματος 3, σελίδα 8 στο άρθρο).
3. Υλοποιήστε σε Python τον αλγόριθμο της σελίδας 12 του άρθρου που υπολογίζει τον d-γράφο (ορισμός στη σελίδα 9) για ένα δοσμένο απλό χρονικό πρόβλημα. Αν το δοσμένο πρόβλημα είναι συνεπές, τότε ο αλγόριθμος θα πρέπει να επιστρέψει και μια λύση του προβλήματος. Αν το πρόβλημα, δεν είναι συνεπές, ο αλγόριθμος θα πρέπει να εξηγεί γιατί με βάση το Θεώρημα 3.1 (σελίδα 9 του βιβλίου) επιστρέφοντας παράλληλα τον σχετικό αρνητικό κύκλο.
4. Κατασκευάστε τον d-γράφο για τα προβλήματα των ερωτημάτων (1) και (2), και το πρόβλημα του σχήματος 3 στο άρθρο (σελίδα 8) χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο.
5. Με βάση όσα διαβάσατε στο άρθρο, εξηγήστε γιατί αν εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο της σελίδας 12 σε ένα δοσμένο απλό χρονικό πρόβλημα, προκύπτει ένα πρόβλημα το οποίο είναι  $1$ ,  $2$ , ...,  $n$ -consistent όπου  $n$  είναι το πλήθος των μεταβλητών του προβλήματος.
6. Χρησιμοποιείστε το ChatGPT για να βρείτε την απάντηση στο ερώτημα (4). Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα σας.

(5+5+5+20+5+5+5=50 μονάδες)