<u>Τεχνητή Νοημοσύνη – Εργασία 3</u>

Γαρμπής Παναγιώτης-Ορέστης 1115201400025

<u>*- Πρόβλημα 1:*</u>

1) <u>- Μεταβλητές:</u> Όλα τα κουτάκια του πίνακα του παιχνιδιού: k01, k02, ...
   <u>- Πεδία Τιμών:</u> Τα λευκά κουτάκια μπορούν ως τιμές να πάρουν 1, 2, ..., 9 (Για τις ανάγκες του προγράμματος, θέτουμε τα κουτάκια που είναι μαύρα με τιμή -1 σταθερή, ενώ αυτά που δείχνουν το άθροισμα της ακόλουθης σειράς ή στήλης με 0)
   <u>- Περιορισμοί:</u> α) Πρέπει τα γειτονικά κουτάκια (συνεχόμενα στην ίδια σειρά ή στήλη) να έχουν διαφορετικές τιμές.
   β) Κάθε οριζόντια γραμμή από συνεχόμενα λευκά κουτάκια πρέπει να έχει άθροισμα τον αριθμό που βρίσκεται στο δεξί μέρος του πρώτου αριστερού μαύρου κελιού (το θέτουμε στο πρόγραμμα αυτό το κουτάκι ως γκρι).
   γ) Παρομοίως το άθροισμα κάθε στήλης με συνεχόμενα λευκά κουτάκια να είναι το νούμερο που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του από πάνω μαύρου κελιού.

2) Το πρόγραμμα υλοποιείται πλήρως και επιτυχώς, στο αρχείο kakuro.py. Ως είσοδοι δίνονται 9 αρχεία, 4x4, 5x5, 9x8, 3 περιπτώσεις για το καθένα, στον φάκελο Inputs. Χρησιμοποιούνται τα αρχεία που προτείνονται από το github για την μοντελοποίηση των προβλημάτων περιορισμού από το aima. Γίνεται χρήση 6 αλγορίθμων: του απλού BT, BT+MRV, FC, FC+MRV, LCV, MAC, οι οποίοι και επιλέχθηκαν για να ελεχθούν οι χρόνοι σε πολλές περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα εκτυπώνονται με ευκρίνεια, ενώ παρουσιάζεται και ο χρόνος που κάνει κάθε αλγόριθμος. Στο πρόγραμμα, με βάση το αρχείο εισόδου, αρχικοποιούνται οι μεταβλητές, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται και μία βοηθητική λίστα squares της κλάσης kakuro, στην οποία για κάθε κελί αποθηκεύονται πληροφορίες, όπως η θέση του, ο τύπος του, το άθροισμα που περιγράφει ή στο οποίο υπόκειται κλπ. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμεύουν για την αρχικοποίηση των γειτόνων κάθε λευκού κελιού (αυτά μας ενδιαφέρουν), του πεδίου τιμών τους αλλά και στην υλοποίηση της συνάρτησης περιορισμού. Στον κώδικα υπάρχουν πολύ αναλυτικά σχόλια που εξηγούν πλήρως την συλλογιστική του προγράμματος, οπότε για περαιτέρω επεξηγήσεις αυτού παραπέμπω στον κώδικα του kakuro.py.

3) Βλέπουμε πως ο αλγόριθμος BT μόνος του, έχει αρκετά κακή απόδοση, ενώ οι υπόλοιποι συνδυασμοί έχουν πάνω κάτω τους ίδιους πολύ καλούς χρόνους, δύο πράγματα τα οποία ισχύουν για όλες τις περιπτώσεις εισόδων. Ο χρόνος είναι το βασικό κριτήριο σύγκρισης που χρησιμοποιώ, αλλά οι διαφορές μεταξύ των συνδυασμών πλήν του απλού BT είναι τόσο μικρές, που δεν μπορούμε να έχουμε σαφείς συγκρίσεις, ακόμη και στον πίνακα 9x8. Σε κάθε περίπτωση, ο αλγόριθμος BT εξετάζει τις μεταβλητές με την σειρά που βρίσκονται στην λίστα variables, δηλαδή γραμμικά, ενώ σε συνδυασμό με τον MRV ως ευρετικό μηχανισμό, όπου και διαλέγει την μεταβλητή με τις λιγότερες νόμιμες τιμές που απομένουν, η αναζήτηση αυτή γίνεται δυναμική, οπότε και αρκετά καλύτερη. Παρομοίως, και οι υπόλοιποι αλγόριθμοι έχουν δυναμικό-ευφυή χαρακτήρα, πέραν της απλής υπαναχώρησης, οπότε και είναι πολύ αποδοτικοί όπως φαίνεται στα αποτελέσματα του προγράμματος.

<u>- Πρόβλημα 2:</u>

1) <u>- Μεταβλητές:</u> Γιάννης, Μαρία, Όλγα, Μήτσος (οι αναγνώστες)
<u>- Πεδία Τιμών:</u> Ο χρόνος δράσης (σε λεπτά) που έχει ο κάθε παίκτης στην διάθεσή του ύστερα από την ανάγνωση του βιβλίου του, άρα:
Γιάννης: 0-90, Μαρία: 0-60, Όλγα: 0-30, Μήτσος: 0 (σε min)
<u>- Περιορισμοί:</u> α) Χρόνος μετάβασης Αίθουσα Συνεδρίου-Δωμάτια: 5-10 min
β) Χρόνος “ Αίθουσα Συνεδρίου-Χρηματοκιβώτιο: 20-30 min
γ) Χρόνος Παραβίασης Χρηματοκιβωτίου: 45-90 min

2) Ο ελάχιστος χρόνος που χρειάζεται κάποιος για να φύγει από την αίθουσα, να παραβιάσει το χρηματοκιβώτιο και να ξαναγυρίσει σε αυτήν, παίρνοντας τους καλύτερους εκάστοτε χρόνους, είναι: 20 + 45 + 20 = 85 min. Κάνοντας έναν πρώιμο έλεγχο, το μόνο πεδίο τιμών που εμπεριέχει την τιμή 85 ως πιθανό χρόνο δράσης είναι αυτό του Γιάννη, επομένως αυτός είναι ο δράστης.

3) Μία μέθοδος διάδοσης περιορισμών που προτείνεται είναι η χρήση πρώιμου ελέγχου, ώστε να ελέγξουμε (όπως και κάναμε) σε ποιες μεταβλητές υπάρχουν τιμές, οι οποίες και είναι συνεπείς (με βάση τους περιορισμούς που δίνονται). Μάλιστα, συνδυάζοντάς την με την ευρετική MRV, βελτιστοποιείται ακόμη περισσότερο ο πιθανός αλγόριθμος, βάζοντας ως συνθήκη νομιμότητας αυτήν που περιγράφηκε στο ερώτημα 2 (για τον ελάχιστο πιθανό χρόνο δράσης).

- Πρόβλημα 3:

1) <u>- Μεταβλητές:</u> Όλες οι ενέργειες όλων των εργασιών: k_{00}, ..., k_{ij}, ..., k_{nm}.
<u>- Πεδία Τιμών:</u> Η χρονική στιγμή που ξεκινάει κάθε ενέργεια σε ένα μηχάνημα, δηλαδή η ενέργεια j (του μηχανήματος j) της εργασίας i ξεκινάει την στιγμή $d_i^{(j)}$.
<u>- Περιορισμοί:</u> α) Για κάθε εργασία έχουμε m διαδοχικές ενέργειες σε διαφορετικά μηχανήματα, άρα $k_{i0} \to k_{i1} \to \ldots \to k_{ij} \to \ldots \to k_{nm}$ με χρόνο αδιάκοπης λειτουργίας d_i (προφανώς για κάθε εργασία αυτός μπορεί να διαφέρει, αλλά όλες οι ενέργειές της πραγματοποιούν τόσο χρόνο εκάστη), καθώς και χρόνο εκκίνησης ενέργειας $d_i^{(j)} = S_i + j \bullet d_i$ (όπου S_i ο χρόνος εκκίνησης της πρώτης ενέργειας της εργασίας i).
β) Θα πρέπει η τελική ενέργεια που πραγματοποιείται (οποιασδήποτε εργασίας) να τελειώσει πριν από την χρονική στιγμή D, δηλαδή θα ισχύει πάντοτε: $d_i^{(m)} + d_i < D$.
γ) Ένα μηχάνημα μπορεί να πραγματοποιήσει μόνο μία ενέργεια κάποια χρονική στιγμή, οπότε για κάθε i, x < n θα ισχύει: $(d_i^{(j)}, d_{i+1}^{(j)}) \neq (d_x^{(j)}, d_{x+1}^{(j)})$

2) Ένα παράδειγμα όπου υπάρχει λύση στο πρόβλημα είναι η εξής:
Έστω $d_1 = d_2 = d_3 = 1$, $S_1 = 0$, $S_2 = 1$, $S_3 = 2$ και D = 7 , τότε:
$S_1 = 0 \to d_1^{(1)} = 0,\ d_1^{(2)} = 1,\ d_1^{(3)} = 2,\ d_1^{(4)} = 3$
$S_2 = 1 \to d_2^{(1)} = 1,\ d_2^{(2)} = 2,\ d_2^{(3)} = 3,\ d_2^{(4)} = 4$
$S_1 = 2 \to d_3^{(1)} = 2,\ d_3^{(2)} = 3,\ d_3^{(3)} = 4,\ d_3^{(4)} = 5$

Όπου με βάση αυτά ο πίνακας λύσεων των μετβλητών είναι:

$k_{11} = 0$	$k_{12} = 1$	$k_{13} = 2$	$k_{14} = 3$
$k_{21} = 1$	$k_{22} = 2$	$k_{23} = 3$	$k_{24} = 4$
$k_{31} = 2$	$k_{32} = 3$	$k_{33} = 4$	$k_{34} = 5$

Βλέπουμε πως για κάθε εργασία οι ενέργειές της εκτελούνται διαδοχικά, ποτέ δεν εκτελούνται 2 ενέργειες ταυτοχρόνως στο ίδιο μηχάνημα, ενώ τελειώνει και πριν τον χρόνο (D=7) που δίνεται ως ανώτατο όριο για την ολοκλήρωση των υπολογισμών.

Ασυνεπές παράδειγμα είναι το παραπάνω με D = 2 (δεν μπορεί καμία εργασία να τελειώσει σε τέτοιο χρόνο με βάση τους περιορισμούς).

3) Προτείνεται η χρήση του αλγορίθμου υπαναχώρησης με συνέπεια ακμής (MAC), έτσι ώστε να βρίσκουμε όσο το δυνατόν ταχύτερα τις ασυνέπειες και να μην προχωράμε σε μη νόμιμους συνδυασμούς. Μιας και μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία πιθανές λύσεις στο πρόβλημα, μας ενδιαφέρει περισσότερο να αποφύγουμε τις ασυνέπειες, παρά να έχουμε ευρετική για μία και μοναδική λύση, όπως πχ στο kakuro.

- Πρόβλημα 4:

Σε όλες τις περιπτώσεις, εφαρμόζουμε για την εύρεση των ζητουμένων πίνακες αληθείας (τους οποίους λόγω του μεγέθους τους δεν έχει νόημα να παραθέσω εδώ), ενώ γράφουμε τις προτάσεις ανάλογα με την σειρά που δίνονται (1η, 2η, 3η, 4η).

1) - Έγκυρες: 1η (όσες προτάσεις έχουν όλες τις ερμηνείες τους αληθείς)
2) - Ικανοποιήσιμες: 1η, 4η (όσες έχουν τουλάχιστον μια ερμηνεία αληθή)
3) - Μη Ικανοποιήσιμες: 2η, 3η (όσες έχουν μόνο ψευδείς ερμηνείες)
4) - Έχουν τουλάχιστον 1 μοντέλο: 1η, 4η (οι ικανοποιήσιμες)
5) - Ταυτολογίες: 1η (οι έγκυρες)
6) - Μορφής Horn: 1η (όσες έχουν το πολύ ένα θετικό λεκτικό, βγαίνει μετά από απαλοιφή των συνεπαγωγών και στα 2 μέρη της ισοδυναμίας)

- Πρόβλημα 5:

1) **A**: Θα πας στο γήπεδο σήμερα
B: Θα έρθω στο γήπεδο μαζί σου — $A \land \neg C \Rightarrow B$
C: Θα βρέχει

2) **A:** Ο καιρός θα είναι καλός
B: Θα είμαι άρρωστος — $\neg A \lor B \Rightarrow \neg C$
C: Θα έρθω στο σχολείο

3) **A**: Η Μαρία θα έρθει στο πάρτυ — $B \Leftrightarrow True$
B: Η Ελένη θα έρθει στο πάρτυ

4) **A**: Θα βελτιώσεις τις γνώσεις σου
B: Θα αρχίσεις να διαβάζεις περισσότερο — $\neg(A \land B) \Rightarrow \neg C$
C: Θα μπορέσεις να πάρεις πτυχίο

5) **A**: Υπάρχουν εξωγήινοι
B: Οι εξωγήινοι βρίσκονται στην Γη — $A \Rightarrow B \lor \neg C$
C: Η Γη ενδιαφέρων τουριστικός προορισμός

- Πρόβλημα 7:

- Καλά ορισμένη έκφραση της προτασιακής λογικής είναι μόνο η πρώτη (Α), επειδή στις υπόλοιπες τα σύμβολα δεν ανήκουν σε αυτά που έχει η αντίστοιχη γραμματική της θεωρίας, ενώ στην πέμπτη όπου ανήκει το σύμβολο της σύζευξης, το 1 δεν μπορεί να αντικαταστήσει το True.