# Εργασία 3 AI

Αθανάσιος Καραδήμος(AM: 1115202300062)

Δεκεμβριος 2024

## ***Πρόβλημα*** **1:**

- Συγκριση Αλγοριθμων:

| ALGORITHMS | TIME | TOTAL ASSIGNMENTS | CONSTRAINT CHECKS |
|---|---|---|---|
| FC + MRV | 0.078 | 38 | [33.500, 33.950] |
| FC + DOM/WDEG | 0.075 | 38 | 33.758 |
| MAC + MRV | 1.847 | 38 | [770.000 , 850.000] |
| MAC + DOM/WDEG | 1.745 | 38 | [800.000 , 850.000] |
| MIN CONFLICTS | 0.101 | [38 , 48] | [45.695 , 50.000] |

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται για κάθε αλγόριθμο ο χρόνος εκτέλεσής του(ο οποιος μπορει να αλλαζει απο εκτελεση σε εκτελεση) ο αριθμος απο assignments που εγιναν στις μεταβλητες του προβληματος , καθως και το πληθος απο constraint checks δηλαδη ποσες φορες ο αλγοριθμος μπηκε στην συναρτηση constraints προκημενου να ελεγξει εαν για δυο δοσμενες μεταβλητες ικανοποιουνται ολοι οι περιορισμοι μεταξυ τους. Σε καποια πεδια του παραπανω πινακα υπαρχουν διαστηματα της μορφης [a,b] , αφτο συμβαινει γιατι για διαφορετικες εκτελεσης του αλγοριθμου προκιπτουν διαφορετικα αποτελεσματα τα οποια ανηκουν σε αυτο το διαστημα. Για παραδειγμα στον αλγοριθμο min conflicts επειδη στην αρχη επιλεγει τυχαια μια αναθεση τιμων στις μεταβλητες θεωροντας την σαν λυση και βελτιωνοντας την σε καθε βημα, ειναι λογικο να προκυπτουν διαφορετικα αποτελεσματα λογο της τυχαιοτητας επιλογης τιμων στις μεταβλητες του csp.

Οσον αφορα την συγκριση των αλγοριθμων , οι αλγοριθμοι fc + mrv και fc + dom/wdeg για διαφορετικες εκτελεσεις διαφερουν ελαχιστα ως προς τον χρονο, επισης εχουν τον ιδιο αριθμο απο total assignments , δηλαδη το πληθος απο αναθεσεις τιμων σε μεταβλητες ειναι συνηθως(αναλογα με το εαν ο αλγοριθμος θα βρει απευθειας μια σωστη αναθεση τιμων στις μεταβλητες) 38 και τελος οσον αφορα τα constraint cheks ο fc + dom/wdeg εχει τις περισσοτερες φορες 33.758 ελεγχους , σε αντιθεση με τον fc + mrv ο οποιος μπορει να εχει περισσοτερους ή λιγοτερους αναλογα την εκτελεση.

Ο αλγοριθμος mac με mrv (ή mac με dom/wdeg(αναλογα την εκτελεση)) ειναι ο πιο αργος αλγοριθμος απο τους υπολοιπους με χρονο 1.847 sec και constraint checks που τις περισσοτερες φορες πλησιαζουν τα 850.000 . Ο λογος ειναι οτι επειδη ο mac προσπαθει να κανει το csp three consistent δηλαδη να κλαδεψει τιμες απο πεδια των μεταβλητων οι οποιες δεν ικανοποιουν συγκεκριμενους περιορισμους , αυξανει τις φορες που καλειται η constraint function με αποτελεσμα να ελεγχουμε περισσοτερες φορες εαν ικανοποιειται ενας περιορισμος μεταξυ δυο μεταβλητων Xi και Xj.

Ο αλγοριθμος min conflicts εκτελειται κατα μεσο ορο σε χρονο 0.101 sec και για πολλαπλες εκτελεσεις του παιρνουμε διαφορετικο πληθος απο assignments οπως και constraint checks. Ο λογος ειναι οτι ο min conflicts ειναι ενας αλγοριθμος ο οποιος ξεκιναει απο μια τυχαια "λυση" , δηλαδη μια τυχαια αναθεση τιμων στις μεταβλητες του προβληματος , και στην συνεχεια την βελτιωνει μεχρι να ξεπερασουμε εναν συγκεκριμενο αριθμο βηματων ή μεχρι να μην βελτιστοποιηται αλλο. Αρα το ποσες φορες θα μπουμε μεσα στην constraint function και σε ποσες μεταβλητες θα εισαγουμε μια τιμη εξαρταται απο την τυχαιοτητα επιλογης καταλληλων τιμων απο τα domains των variables του csp στην αρχη του αλγοριθμου.

Οσον αφορα την επιλογη των τριων κριτιριων συγκρισης , αποφασισα το πρωτο να ειναι ο χρονος εκτελεσης του αλγοριθμου ακομη και εαν δεν ειναι σταθερος απο εκτελεση σε εκτελεση ,η τιμη στο αντιστοιχο πεδιο του χρονου καθε αλγοριθμου ειναι μια μεση τιμη απο το συνολο των χρονων εκτελεσης. Το δευτερο κριτιριο ειναι το ποσες αναθεσεις τιμων εχουν γινει συνολικα στις μεταβλητες. Το ελαχιστο δυνατο πληθος ειναι 38 (οσο και το πληθος των μαθηματων) το οποιο ομως μπορει να διαφερει για τον αλγοριθμο min conflicts καθως μπορει η αρχικη τυχαια αναθεση τιμων στις μεταβλητες να μην ειναι κοντα στην βελτιστη με αποτελεσμα να γινουν περισσοτερα assignments στα variables απο 38 (μετα απο πολλες δοκιμες μεχρι 48). Αυτο το κριτιριο συγκρισης ειναι κυριως χρησιμο για αυτον τον αλγοριθμο καθως μας βοηθαει να καταλαβουμε κατα ποσο η αρχικη του προσεγγιση ηταν κοντα στην βελτιστη. Για τους υπολοιπους αλγοριθμους τα total assignments ειναι σχεδον παντα 38. Τελος το τριτο και τελευταιο κριτιριο συγκρισης ειναι τα constraint checks δηλαδη ποσες φορες ο αλγοριθμος καλεσε την συναρτηση constraints , το οποιο ειναι ιδαιτερα σημαντικο διοτι οσο περισσοτερα checks γινονται τοσο πιο αργος ειναι ο αλγοριθμος και το αντιθετο. Τελος τα constraint checks ειναι σημαντικο μετρο συγκρισης διοτι θελουμε ο αλγοριθμος να παραγει μια σωστη λυση που να ικανοποιει ολους τους περιορισμους με οσον το δυνατο λιγοτερους ελεγχους ικανοποιησεις περιορισμων γινεται.

Συμπαιρενοντας απο τα παραπανω ο καλυτερος αλγοριθμος με βαση τα κριτιρια συγκρισης ειναι κατα μεσο ορο ο fc + dom/wdeg ή ο fc + mrv(εξαρταται την εκτελεση και το εαν τα constraint checks του fc + mrv θα ειναι μικροτερα απο αυτα του fc + dom/wdeg), μετα ακολουθει ο min conflicts και στο τελος οι δυο mac . Οι χρονοι εκτελεσεις δεν διαφερουν δραματικα οπως θα περιμεναμε , διοτι στο δοσμενο csp μονο 4 απο τα 38 μαθηματα εχουν lab , μονο 7 ειναι hard και τα μαθηματα που εχουν τον ιδιο καθηγητη ειναι παρα πολυ λιγα , αρα για μια τυχαια αναθεση τιμης μερας και ωρας σε δυο μαθηματα η πιθανοτητα να πληρουνται ολοι περιορισμοι μεταξυ τους ειναι πολυ μεγαλη , οποτε αλγοριθμοι τοπικης αναζητησης οπως ο min conflicts αποδιδουν καλυτερα απο τον mac στο συγκεκριμενο csp.

- Ελάχιστη Διάρκεια Εξεταστικής:

Ο ελαχιστος χρονος διάρκειας της εξεταστικης προκειμενου να πληρουνται ολοι οι περιορισμοι του προβληματος ειναι 16 μερες. Αυτο μπορουμε να το συμπερανουμε εαν τρεξουμε τον αλγοριθμο min conflicts για 16 μερες τοτε μας βγαζει μια σωστη λυση ενω εαν τον τρεξουμε για λιγοτερο απο 16 τοτε δεν υπαρχει λυση η οποια να πληρει ολα τα constraints.

Παραθετω ενδεικτικη λυση για 16 μερες μετα την εκτελεση του min conflicts:

| COURSES | DAY | TIME |
|---|---|---|
| Εργαστήριο Κυκλωμάτων και Συστημάτων | 1 | 9-12 |
| Ανάπτυξη Λογισμικού για Πληροφοριακά Συστήματα | 1 | 12-3 |
| Αρχιτεκτονική Υπολογιστών II | 1 | 3-6 |
| Ανάπτυξη Λογισμικού για Αλγοριθμικά Προβλήματα | 2 | 9-12 |
| Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ!!!!) | 2 | 12-3 |
| Lab Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ!!!!) | 2 | 3-6 |
| Σήματα και Συστήματα | 3 | 9-12 |
| Δομή και Θεσμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης | 3 | 12-3 |
| Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων -VHDL | 3 | 3-6 |
| Αλγοριθμική Επιχειρησιακή Έρευνα | 4 | 9-12 |
| Εισαγωγή στον Προγραμματισμό | 4 | 12-3 |
| Lab Εισαγωγή στον Προγραμματισμό | 4 | 3-6 |
| ΤΠΕ στη Μάθηση (Πληροφορική κ Εκπαίδευση) | 5 | 12-3 |
| Δίκτυα Επικοινωνιών II | 5 | 3-6 |
| Αριθμητική Ανάλυση | 6 | 9-12 |
| Ανάπτυξη Λογισμικού για Συστήματα Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών | 6 | 12-3 |
| Σχεδίαση VLSI Κυκλωμάτων | 7 | 12-3 |
| Εφαρμοσμένα Μαθηματικά | 7 | 3-6 |
| Ανάλυση II | 8 | 9-12 |
| Γραφικά I | 8 | 12-3 |
| Υπολογιστική Πολυπλοκότητα | 8 | 3-6 |
| Λειτουργικά Συστήματα | 9 | 9-12 |
| Συστήματα Πληροφορικής και e-Προσβασιμότητα για μαθητές με αναπηρία | 9 | 12-3 |
| Γραμμική Άλγεβρα | 10 | 9-12 |
| Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα | 10 | 12-3 |
| Ειδικά Θέματα Επικοινωνιών και Επεξεργασίας Σήματος | 10 | 3-6 |
| Αλγόριθμοι Βιοπληροφορικής | 11 | 9-12 |
| Λογική Σχεδίαση | 11 | 12-3 |
| Ειδικά Θέματα Θεωρητικής Πληροφορικής | 12 | 9-12 |
| Υλοποίηση Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων | 12 | 12-3 |
| Lab Υλοποίηση Συστημάτων Βάσεων Δεδομένων | 12 | 3-6 |
| Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός | 13 | 9-12 |
| Lab Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός | 13 | 12-3 |
| Προηγμένα Θέματα Αλγορίθμων | 13 | 3-6 |
| Τεχνητή Νοημοσύνη II (ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ!!!) | 14 | 9-12 |
| Lab Τεχνητή Νοημοσύνη II (ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ!!!) | 14 | 12-3 |

| | | |
|---|---|---|
| Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος | 14 | 3-6 |
| Επικοινωνία Ανθρώπου Μηχανής | 15 | 9-12 |
| Πιθανότητες και στοιχεία Στατιστικής | 15 | 12-3 |
| Εισαγωγή στην Πληροφορική και στις Τηλεπικοινωνίες | 15 | 3-6 |
| Διακριτά Μαθηματικά | 16 | 9-12 |
| Αρχές Γλωσσών Προγραμματισμού | 16 | 12-3 |
| Προηγμένοι Επιστημονικοί Υπολογισμοί | 16 | 3-6 |

Παρατηρουμε οτι η λυση ειναι σωστη καθως ικανοποιουνται ολοι οι περιορισμοι του csp.

Θεωρητικα η εξεταστικη θα μπορουσε να γινει και σε 15 μερες ($\lceil 43/3 \rceil = 15$ , οπου 43 ειναι ολα τα μαθηματα μαζι με τα Lab και το διαιρουμε με το 3 που ειναι τα slot για καθε μερα) εαν βαζαμε τα μαθηματα σε μια σειρα χωρις να μας ενδιεφερε εαν ειναι του ιδιου εξαμηνου , του ιδιου καθηγητη , εαν ειναι hard ή εαν εχουν Lab απλος τοτε δεν θα ικανοποιουνταν ολοι οι περιορισμοι του προβληματος.

Οποτε η ελαχιστη διαρκεια της εξεταστικης ετσι ωστε να πληρουνται ολοι οι περιορισμοι ειναι 16 μερες.

## ***Πρόβλημα 2:***

Μοντελοποιηση προβληματος:

Θεωρουμε:

X: Πλατος
Y: Μηκος
Θεωρουμε Βαθος και Μηκος το ιδιο πραγμα και οτι καθε επιπλο ειναι ενα ορθογωνιο παραλληλογραμμο με X να ειναι το πλατος του και Y το μηκος του

Εχουμε τεσσερις μεταβλητες την $X_1, X_2, X_3, X_4$

$X_1$ : Κρεβατι με διαστασεις X = 100 και Y = 200
$X_2$ : Γραφειο με διαστασεις X = 160 και Y = 80
$X_3$ : Καρεκλα με διαστασεις X = 41 και Y = 44
$X_4$ : Καναπες με διαστασεις X = 221 και Y = 103

Το domain καθε μεταβλητης $X_i$ , $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ειναι:

$$X_i = \{(x, y, \theta) \ , \ x \in [0, 300] \ , \ y \in [0, 400] \ , \ \theta \in \{0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}\}\}$$

οπου $(x, y)$ ειναι ενα σημειο στον χωρο και $\vartheta$ ειναι η γωνια κατα την οποια εχει περιστραφει το παραλληλογραμμο(μπορει να περιστραφει μονο κατα $90^o$) . Δεν εχω προσθεσει την συντεταγμενη z καθως δεν θελουμε τα επιπλα να ειναι στον αερα οποτε το z θα ειναι παντα ισο με το 0. Η συντεταγμενη x παιρνει τιμες απο το 0 μεχρι το 300 που ειναι το πλατος του δωματιου και το y παιρνει τιμες απο το 0 μεχρι το 400 που ειναι το μηκος του δωματιου.

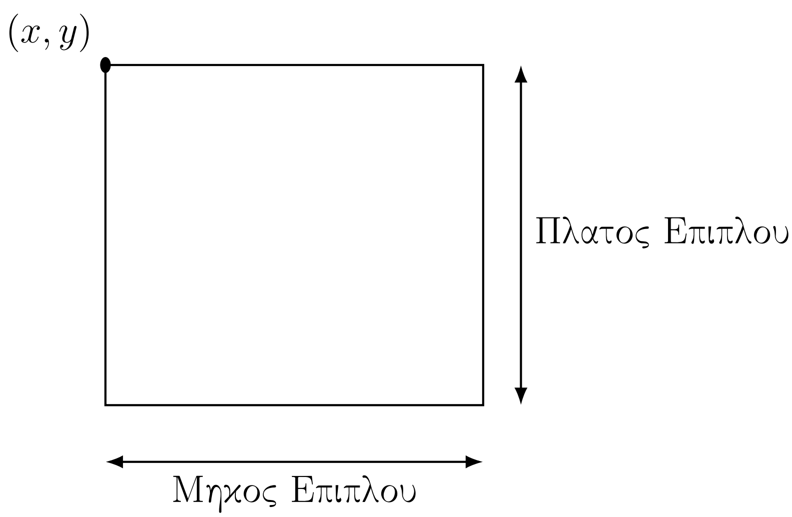
Καθε μεταβλητη εχει σαν γειτονα ολες τις υπολοιπες καθως συνδεονται με τον περιορισμο οτι τα επιπλα δεν πρεπει να εφαπτονται ή να πατανε το ενα πανω στο αλλο.

Το σημειο (x,y) ειναι ενα απο τα τεσσερα σημεια του παραλληλογραμμου και συμβολιζει το σημειο απο το οποιο θα αρχισει το επιπλο με πλατος το αντιστοιχο πλατος του και μηκος το αντιστοιχο μηκος του . Για διαφορετικη γωνια $\vartheta$ το (x,y) αντιστοιχει σε διαφορετικο σημειο του παραλληλογραμμου.

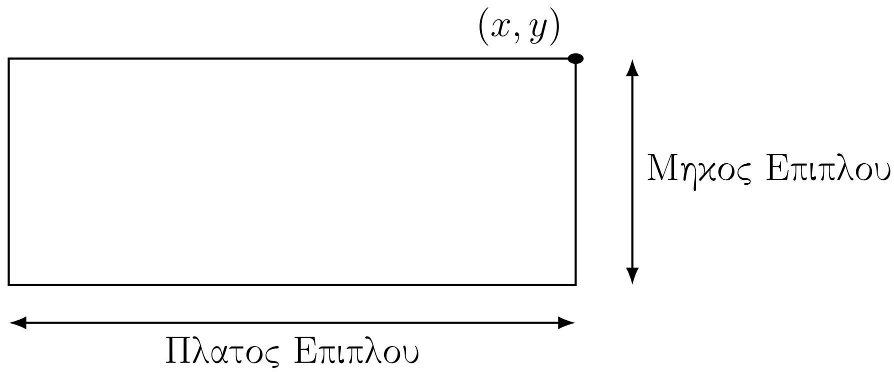
Οταν το $\theta = 0$ τοτε το (x,y) ειναι το κατω αριστερο σημειο του rectangle:


Αρα απο το (x,y) θα σχεδιασουμε ενα rectangle με πλατος και μηκος οσο του αντιστοιχου επιπλου.

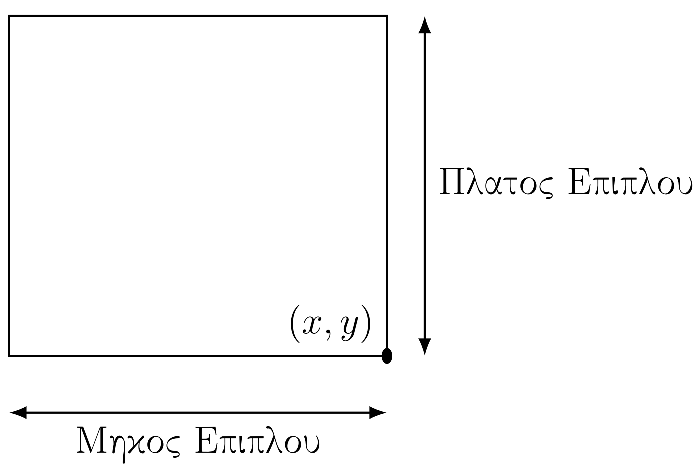
Οταν το $\theta = \frac{\pi}{2}$ τοτε το αρχικο παραλληλογραμμο εχει περιστραφει κατα 90 μοιρες δεξιοστροφα και το σημειο (x,y) θα αντιστοιχει στο πανω αριστερο σημειο του rectangle.




Αντιστοιχα οταν το $\theta = \pi$ το (x,y) θα ειναι το πανω δεξιο σημειο του παραλληλογραμου και θα συμβολιζε οπως και πριν το σημειο εναρξης σχεδιασμου του επιπλου.



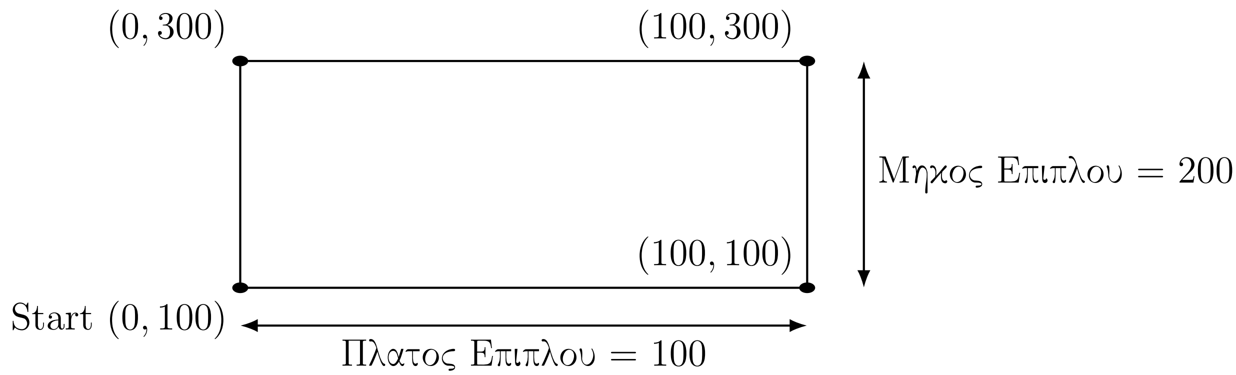

Τελος οταν το $\theta = \frac{3\pi}{2}$ τοτε το αρχικο παραλληλογραμμο εχει περιστραφει κατα 270 μοιρες και το σημειο (x,y) θα αντιστοιχει στο κατω δεξιο σημειο του rectangle.




Το δωματιο εχει τεσσερεις τοιχους , ο αριστερος βρισκεται στο $x = 0$ και $y \neq 0$ , ο δεξιος βρισκεται στο $x = 300$ και $y \geq 0$ , ο μπροστα(ετσι οπως μπαινουμε στο δωματιο) βρισκεται στο $x \geq 0$ και $y = 400$ και τελος ο πισω τοιχος βρισκεται στο $x \geq 0$ και $y = 0$.

Παραδειγμα:

Ας πουμε οτι εξεταζουμε το κρεβατι σαν επιπλο που εχει X = 100 και Y = 200 και περνει σαν τιμη απο το domain του την (0 , 100 , 0). Τοτε επειδη το $\vartheta = 0$ βρισκομαστε στην πρωτη περιπτωση και το παραλληλογραμμο θα ξεκιναει απο το (0 ,100). Αρα το rectangle που θα προκυψει και θα ικανοποιει τον περιορισμο οτι το κρεβατι θα ειναι κολιμενο σε εναν τουλαχιστον τοιχο(εδω στον αριστερο) θα ειναι:




Αρα αναλογα με την γωνια $\vartheta$ το επιπλο θα ξεκιναει απο διαφορετικο σημειο. Αρα οι περιορισμοι που θα παρω θα αφορουν ολες τις γωνιες $\vartheta$.

<u>Περιορισμοι:</u>

Πρεπει να ικανοποιησουμε 3 περιορισμους:
- 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).
- Τα έπιπλα δεν πρέπει να εφάπτονται ή να πατάνε το ένα πάνω στο άλλο.

Επισης η πορτα θα πρεπει να ανοιγει.(Θεωρω οτι η πορτα ειναι ενα παραλληλογραμμο πλατους 100 και μηκους 100)

Οπως μπαινουμε μεσα στο δωματιο εχουμε:

Αριστερος τοιχος: $x = 0 \wedge y \in [0, 400]$
Δεξιος τοιχος: $x = 300 \wedge y \in [0, 400]$

Μπροστα τοιχος: $x \in [0,300] \wedge y = 400$
Πισω τοιχος: $x \in [0,300] \wedge y = 0$

Περιορισμος 1:

Για να εφαπτεπται το κρεβατι με διαστασεις X = 100 και Y = 200 σε τουλαχιστον ενα τοιχο οταν μας δινεται μια τιμη της μεταβλτης $X_1$ της μορφης (x,y,ϑ) θα πρεπει να ισχυει(αναλογα με την τιμη της γωνιας ϑ) μια απο τις παρακατω συνθηκες:

Οι παρακατω περιορισμοι λαμβανουν υποψη και οτι το κρεβατι δεν πρεπει να εισαχθει σε σημειο που να μην ανοιγει η πορτα.

• Αν $\theta = 0$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω αριστερο σημειο):

($x = 0$ και $100 \leq y \leq 200$)(Αριστερο τοιχο) Ή ($x = 200$ και $0 \leq y \leq 200$)(Δεξι τοιχο) Ή ($y = 200$ και $0 \leq x \leq 300$)(Μπροστα τοιχο) Ή ($y = 0$ και $100 \leq x \leq 200$)(Πισω τοιχο).

Για παραδειγμα την περιπτωση που $x = 0$ και $y = 100$ την εχουμε παρουσιασει πιο πανω και το παραλληλογραμμο εφαπτεται στον αριστερο τοιχο($x = 0$).

• Αν $\theta = \frac{\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω αριστερο σημειο και εχει περιστραφει κατα 90 μοιρες αρα το πλατος του κρεβατιου ειναι 200 και το μηκος του 100 ):

($x = 0$ και $200 \leq y \leq 400$)(Αριστερο τοιχο) Ή ($x = 100$ και $100 \leq y \leq 400$)(Δεξι τοιχο) Ή ($y = 400$ και $0 \leq x \leq 100$)(Μπροστα τοιχο) Ή ($y = 100$ και $x = 100$)(Πισω τοιχο).

Για παραδειγμα οταν το $y = 100$ και $x = 100$ ικανοποιειται ο περιορισμος οτι το κρεβατι ακουμπαει σε τουλαχιστον ενα τοιχο διοτι ακουμπαει στον κατω. Ο λογος που το x και το y πρεπει να ειναι 100 για να συμβαινει αυτο ειναι οτι εαν το x και το y ηταν μικροτερα του 100 τοτε δεν θα ανοιγε η πορτα , επισης το y δεν πρεπει να ειναι μεγαλυτερο του 100 διοτι το πλατος του κρεβατιου ειναι $X = 100$ και επειδη το εχουμε περιστρεψει κατα 90 μοιρες(δηλαδη το πλατος του κρεβατιου ειναι πλεον το 200 και το μηκος του το 100) θα πρεπει για να ακουμπαει στον Πισω τοιχο το y να ειναι 100 , εαν $y > 100$ τοτε $y - X > 100 - X = 0$ αρα δεν ακουμπαει στον Πισω τοιχο . Τελος το $x = 100$ γιατι εαν ειναι μεγαλυτερο το κρεβατι θα βγαινει εκτος των επιτρεπτων οριων του σπιτιου(Εχουμε μηκος κρεβατιου ισο με 200 αρα εαν το $x > 100$ τοτε $x + Y > 100 + Y = 300$). Αρα για ακουμπαει το κρεβατι στον Πισω τοιχο οταν ειναι γυρισμενο κατα 90 μοιρες θα πρεπει το $x = 100$ και το $y = 100$ . Με παρομοιο τροπο προκιπτουν οι σχεσεις και για τους υπολοιπους τρεις τοιχους.

- Αν $\theta = \pi$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω δεξιο σημειο):

($x = 100$ και $300 \leq y \leq 400$)(Αριστερο τοιχο) Ή ($x = 300$ και $200 \leq y \leq 400$)(Δεξι τοιχο) Ή ($y = 400$ και $100 \leq x \leq 400$)(Μπροστα τοιχο) Ή ($y = 200$ και $200 \leq x \leq 300$)(Πισω τοιχο).

- Αν $\theta = \frac{3\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω δεξιο σημειο):

($x = 200$ και $100 \leq y \leq 300$)(Αριστερο τοιχο) Ή ($x = 300$ και $0 \leq y \leq 300$)(Δεξι τοιχο) Ή ($y = 300$ και $200 \leq x \leq 400$)(Μπροστα τοιχο) Ή ($y = 0$ και $x = 300$)(Πισω τοιχο).

Αρα για την αντοιστοιχη τιμη του $\vartheta$ εαν ισχυει απο αυτες τις συνθηκες τοτε το κρεβατι εφαπτεται σε τουλαχιστον ενα τοιχο(πχ για $\theta = \frac{3\pi}{2}$ και $y = 0$ και $x = 300$ τοτε το κρεβατι ακουμπαει και στον πισω τοιχο αλλα και στον δεξι).

Περιορισμος 2:

Για να ειναι το γραφειο με διαστασεις $X = 160$ και $Y = 80$ κολλημενο σε τοιχο και απεναντι απο την μπαλκονοπορτα θα πρεπει ουσιαστικα να βρισκεται κολλημενο στον δεξι τοιχο . Αυτο γινεται εαν ισχυει καποια απο τις παρακατω συνθηκες για τις διαφορες τιμες του $\vartheta$.

- Αν $\theta = 0$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω αριστερο σημειο):

($x = 140$ και $0 \leq y \leq 320$)

Οταν το $\vartheta$ ειναι 0 για να ειναι το γραφειο κολλημενο στον δεξι τοιχο θα πρεπει το x να ειναι 140 διοτι $140 + 160 = 300$ και το y θα πρεπει να παρει μια τιμη στο διαστημα [0 , 320] προκειμενου να ισχυει οτι $y + 80 <= 400$. Ομοιως και για τα υπολοιπα απλος οταν $\theta = \frac{\pi}{2}$ ή $\theta = \frac{3\pi}{2}$ τοτε το γραφειο εχει πλατος 80 και μηκος 160.

- Αν $\theta = \frac{\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω αριστερο σημειο):

($x = 220$ και $160 \leq y \leq 400$)

- Αν $\theta = \pi$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω δεξιο σημειο):

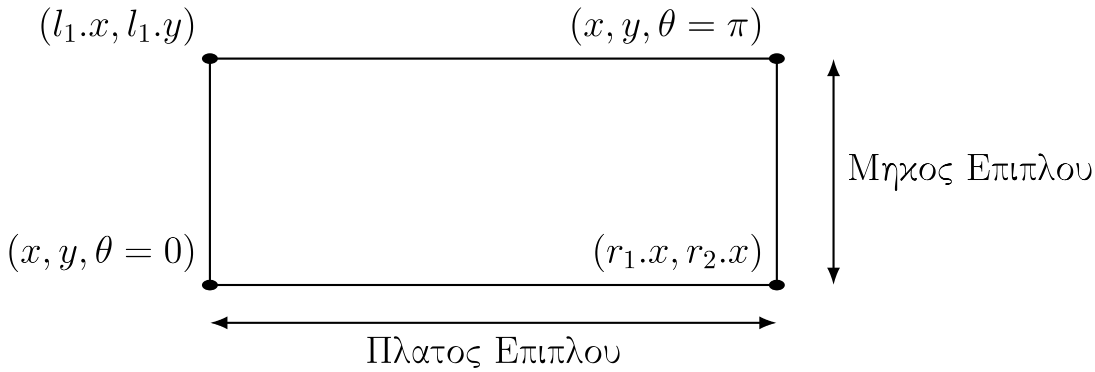
($x = 300$ και $80 \leq y \leq 400$)

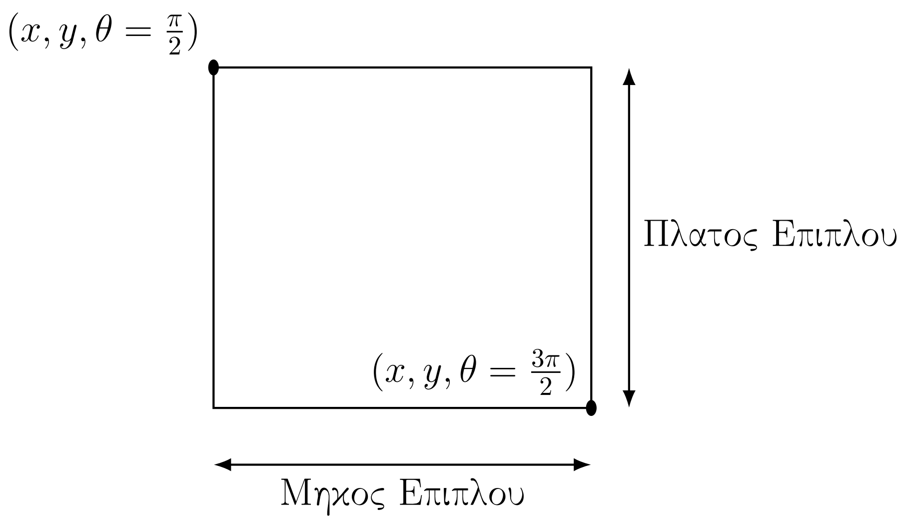
- Αν $\theta = \frac{3\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω δεξιο σημειο):

($x = 300$ και $0 \leq y \leq 240$)

<u>Περιορισμος 3</u>:

Για να καταλαβουμε εαν δυο επιπλα εφαπτονται ή βρισκεται το ενα πανω στο αλλο θα πρεπει να βρουμε αρχικα τα ζευγαρια συντεταγμενων ($l_1.x$ , $l_1.y$) και ($r_1.x$ , $r_2.y$) οπου $l_1$ και $r_1$ ειναι το πανω αριστερο και το κατω δεξιο σημειο αντιστοιχα του πρωτου παραλληλογραμμου. Θα πρεπει να βρουμε και τα $l_2$ και $r_2$ σημεια του δευτερου παραλληλογραμμου.




Αναλογα με την τιμη του $\vartheta$ βρισκουμε τα $l_1$ και $r_1$ και τα $l_2$ και $r_2$ ως εξης:

Πρωτο επιπλο με τιμη απο το domain (x,y,ϑ):

- Αν $\theta = 0$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω αριστερο σημειο):

$l_1 = (x$ , $y+$ μηκος του επιπλου)
$r_1 = (x+$ πλατος του επιπλου , $y)$

- Αν $\theta = \frac{\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω αριστερο σημειο):

$l_1 = (x\ ,\ y)$
$r_1 = (x+$ μηκος του επιπλου , $y+$ πλατους του επιπλου)

- Αν $\theta = \pi$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το πανω δεξιο σημειο):

$l_1 = (x-$ πλατος του επιπλου , $y)$
$r_1 = (x,\ y-$ μηκος του επιπλου)

- Αν $\theta = \frac{3\pi}{2}$ (δηλαδη το παραλληλογραμμο ξεκιναει απο το κατω δεξιο σημειο):

$l_1 = (x-$ μηκος του επιπλου , $y +$ πλατος του επιπλου)
$r_1 = (x,\ y)$

Ομοιως βρισκουμε και τα $l_2$ και $r_2$ για το δευτερο επιπλο.

Για να μην εφαπτονται και να μην βρισκεται το ενα επιπλο πανω στο αλλο θα πρεπει να ισχυει μια απο τις παρακατω δυο συνθηκες:

- $l_1.x > r_2.x$ Ή $l_2.x > r_1.x$

- $r_1.y > l_2.y$ Ή $r_2.y > l_1.y$

Αν δεν ισχυει καμια απο τις παραπανω σχεσεις τοτε τα επιπλα εφαπτονται ή βρισκονται το ενα πανω στο αλλο.

Τελος θα πρεπει να ελεγξουμε εαν καποιο απο τα επιπλα καρεκλα γραφειου ή καναπες εμποδιζει την πορτα του δωματιου(για τα αλλα δυο επιπλα ο ελεγχος αυτος γινεται μεσω των αντιστοιχων περιορισμων τους). Θεωρω οτι εαν ενα επιπλο τοποθετηθει στο $x = 100$ η στο $y = 100$ τοτε ανοιγει η πορτα.

Οποτε θεωρωντας την πορτα σαν ενα παραλληλογραμμο πλατους 100 και μηκους 100 (δηλαδη $l_2.x = 0, l_2.y = 100, r_2.x = 100, r_2.y = 0$) και ενα επιπλο για το οποιο εχουμε υπολογισει τα ζευγαρια συντεταγμενων $l_1$ και $r_1$ , θα πρεπει για να μην εμποδιζουμε το ανοιγμα της πορτας να ισχυει μια απο τις παρακατω δυο συνθηκες:

- $l_1.x \geq 100$ Ή $0 \geq r_1.x$
- $r_1.y \geq 100$ Ή $0 \geq l_1.y$

Αυτοι ειναι ολοι οι περιορισμοι του προβληματος!!

Το συγκεκριμενο προβλημα ικανοποιησης περιορισμων εχει λυση. Μια αναθεση τιμων στις τεσσερις μεταβλητες που θα ικανοποιουσε ολους τους παραπανω περιορισμους ειναι η ακολουθη:

Κρεβατι: ($x = 150$ , $y = 0$ , $\theta = 0$) (Ειναι κολλημενο στον πισω τοιχο)
Γραφειο: ($x = 140$ , $y = 320$ , $\theta = 0$) (Βρισκεται απεναντι απο την μπαλκονοπορτα και μια πλευρα του ειναι κολλημενη σε τοιχο και συγκεκριμενα στον δεξι)
Καναπες: ($x = 0$ , $y = 400$ , $\theta = \frac{\pi}{2}$) (Δεν εφαπτεται με καποιο αλλο επιπλο)
Καρεκλα: ($x = 150$ , $y = 250$ , $\theta = 0$) (Δεν εφαπτεται με καποιο αλλο επιπλο)

Κανενα επιπλο δεν εφαπτεται ή βρισκεται πανω απο καποιο αλλο , η πορτα ανοιγει κανονικα και πληρουνται ολοι οι περιορισμοι.

***Πρόβλημα* 3:**

• Μοντελοποιηση Προβληματος:

Εχουμε 5 μεταβλητες τις $A_1$ , $A_2$ , $A_3$ , $A_4$ , $A_5$ μια για καθε ενεργεια.

Το domain καθε μεταβλητες $A_i$ ειναι: $A_i = \{9{:}00 \ , \ 10{:}00 \ , \ 11{:}00\}$

Περιορισμοι προβληματος:

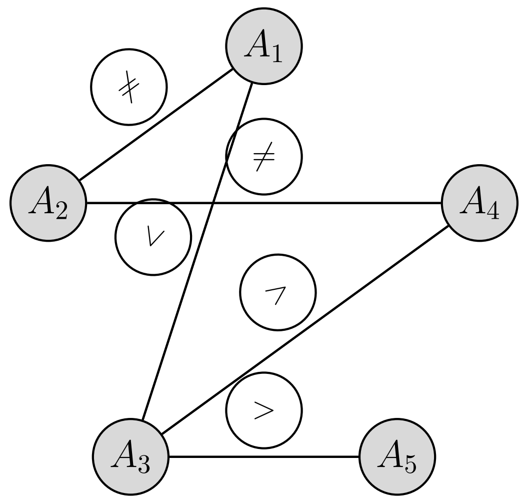
• Η $A_1$ πρεπει να αρχισει μετα την $A_3 \Longrightarrow A_1 > A_3$
• Η $A_3$ πρέπει να αρχίσει πριν την $A_4$ και μετά την $A_5 \Longrightarrow A_5 < A_3 < A_4$
• Η $A_2$ δεν μπορεί να εκτελείται την ίδια ώρα με την $A_1$ ή την $A_4 \Longrightarrow A_2 \neq A_1$ και $A_2 \neq A_4$
• Η $A_4$ δεν μπορεί να αρχίσει στις 10:00 $\Longrightarrow A_4 \neq 10{:}00$

Neighbours καθε μεταβλητης:

$A_1$: $A_3$ , $A_2$
$A_2$: $A_1$ , $A_4$
$A_3$: $A_1$ , $A_4$ , $A_5$
$A_4$: $A_2$ , $A_3$
$A_5$: $A_3$

Εαν μια μεταβλητη $A_i$ εχει περιορισμο με μια μεταβλητη $A_j$ τοτε και η $A_i$ ειναι γειτονας με την $A_j$ αλλα και η $A_j$ ειναι γειτονας με την $A_i$.

- Γραφος Περιορισμων:




Στον γραφο περιορισμων εισαγουμε μια ακμη $A_i - A_j$ εαν το $A_i$ ειναι γειτονας με το $A_j$ δηλαδη συνδεονται σε καποιο περιορισμο. Ο γραφος ειναι μη κατευθυνομενος δηλαδη μπορουμε να παμε και απο το $A_i$ στο $A_j$ αλλα και απο το $A_j$ στο $A_i$. Για καθε ακμη εχω προσθεσει σαν βαρος τον περιορισμο που τις συνδεει. Για παραδειγμα στην ακμη $A_1 - A_2$ εχουμε το συμβολο $\neq$ γιατι με βαση τον τριτο περιορισμο θα πρεπει το $A_1 \neq A_2$ , το ιδιο ισχυει και για την ακμη $A_2 - A_1$ , δηλαδη $A_2 \neq A_1$ .

- AC-3

Αρχικα τα domains των μεταβλητων ειναι γεματα

$A_1 = \{9{:}00 , 10{:}00 , 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00 , 10{:}00 , 11{:}00\}$
$A_3 = \{9{:}00 , 10{:}00 , 11{:}00\}$
$A_4 = \{9{:}00 , 10{:}00 , 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00 , 10{:}00 , 11{:}00\}$

Εχουμε μια ουρα στην οποια εισαγουμε στην αρχη καθε ακμη του γραφου περιορισμου.

Καθε φορα που θα βγαζουμε μια ακμη $A_i - A_j$ απο την ουρα θα ξαναεισαγουμε ολες τις ακμες της μορφης $A_k - A_i$ οι οποιες δεν ειναι ειδη μεσα στο queue.

- [ $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_1, A_3)$ και ελεγχουμε $\forall x \in domain A_1$ , αν $\exists\ y \in domain A_3$ ετσι ωστε να ικανοποιουνται ολοι οι περιορισμοι μεταξυ των $A_1$ και $A_3$ . Αν για μια τιμη x δεν υπαρχει τιμη y τοτε διαγραφουμε το x απο το πεδιο τιμων της $A_1$ . Επειδη για την τιμη 9 στο πεδιο της $A_1$ δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο της $A_3$ για την οποια να ισχυει $9 > y$ διαγραφουμε το 9 απο το domain της $A_1$ . Δεν ξαναεισαγουμε καποια αλλη ακμη στην ουρα γιατι υπαρχει ειδη μεσα η $(A_3, A_1)$ και η $(A_2, A_1)$. Τα ανανεωμενα domains των μεταβλητων και η καινουργια ουρα ειναι η παρακατω:

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_3 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_4 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_1)$ και φευγει το 11 απο το πεδιο τιμων της $A_3$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_1$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_3$ και $A_1$ $(A_3 < A_1)$. Ξαναεισαγουμε την ακμη $(A_1, A_3)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$
$A_3 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{9{:}00\ , 10{:}00\ , 11{:}00\}$

$A_5 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_4)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_3$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_3 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_4, A_3)$ και φευγει το 9 απο το πεδιο τιμων της $A_4$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_3$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_4$ και $A_3$ $(A_4 > A_3)$. Ξαναεισαγουμε την ακμη $(A_3, A_4)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_3 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_5)$ και φευγει το 9 απο το πεδιο τιμων της $A_3$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_5$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_3$ και

$A_5$ $(A_3 > A_5)$. Ξαναεισαγουμε την ακμη $(A_4, A_3)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $(A_5, A_3)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_5, A_3)$ και φευγει το 10 και το 11 απο το πεδιο τιμων της $A_5$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_3$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_5$ και $A_3$ $(A_5 < A_3)$. Ξαναεισαγουμε την ακμη $(A_3, A_5)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_2, A_1)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_2$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_1, A_2)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_1$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_2, A_4)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_2$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $(A_4, A_2)$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_4, A_2)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_4$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , 10:00 , $\cancel{11{:}00}\}$

$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $(A_1, A_3)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_1, A_3)$ και φευγει το 10 απο το πεδιο τιμων της $A_1$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_3$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_1$ και $A_3$ $(A_1 > A_3)$. Ξαναεισαγουμε τις ακμες $(A_3, A_1)$ και $(A_2, A_1)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_3 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_2, A_1)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_4)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_3$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_3 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $(A_4, A_3)$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_2, A_1)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_4, A_3)$ και φευγει το 10 απο το πεδιο τιμων της $A_4$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_3$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_4$ και $A_3$ ($A_4 > A_3$). Ξαναεισαγουμε τις ακμες $(A_3, A_4)$ και $(A_2, A_4)$

$A_1 = \{\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9:00}$ , 10:00 , $\cancel{11:00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10:00}$ , $\cancel{11:00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $(A_3, A_5)$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_2, A_4)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_5)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_3$.

$A_1 = \{\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9:00}$ , 10:00 , $\cancel{11:00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$
$A_5 = \{$9:00 , $\cancel{10:00}$ , $\cancel{11:00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $(A_3, A_1)$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_2, A_4)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_1)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_3$.

$A_1 = \{\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$
$A_2 = \{$9:00 , 10:00 , 11:00$\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9:00}$ , 10:00 , $\cancel{11:00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9:00}$ , $\cancel{10:00}$ , 11:00$\}$

$A_5 = \{9{:}00$ , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $(A_2, A_1)$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_2, A_4)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_2, A_1)$ και φευγει το 11 απο το πεδιο τιμων της $A_2$ αφου δεν υπαρχει τιμη στο πεδιο τιμων της $A_1$ που να ικανοποιει τον περιορισμο μεταξυ της $A_2$ και $A_1$ $(A_2 \neq A_1)$. Ξαναεισαγουμε τις ακμες $(A_1, A_2)$ και $(A_4, A_2)$

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , $\cancel{10{:}00}$ , $11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00$ , $10{:}00$ , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , $10{:}00$ , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , $\cancel{10{:}00}$ , $11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00$ , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $(A_3, A_4)$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_4, A_2)$ ]

• Βγαζουμε την ακμη $(A_3, A_4)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_3$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}$ , $\cancel{10{:}00}$ , $11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00$ , $10{:}00$ , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_3 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , $10{:}00$ , $\cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{$ $\cancel{9{:}00}$ , $\cancel{10{:}00}$ , $11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00$ , $\cancel{10{:}00}$ , $\cancel{11{:}00}$ $\}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $(A_2, A_4)$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_4, A_2)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_2, A_4)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_2$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_3 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $(A_1, A_2)$ , $(A_4, A_2)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_1, A_2)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_1$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_3 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $(A_4, A_2)$ ]

- Βγαζουμε την ακμη $(A_4, A_2)$ δεν φευγει καποια τιμη απο το πεδιο τιμων της $A_4$.

$A_1 = \{\cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_3 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ 10{:}00\ ,\ \cancel{11{:}00}\}$
$A_4 = \{\ \cancel{9{:}00}\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ 11{:}00\}$

$A_5 = \{9{:}00\ ,\ \cancel{10{:}00}\ ,\ \cancel{11{:}00}\ \}$

[ $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_5, A_3)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ , $\cancel{(A_1, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_4, A_3)}$ , $\cancel{(A_3, A_5)}$ , $\cancel{(A_3, A_1)}$ , $\cancel{(A_2, A_1)}$ , $\cancel{(A_3, A_4)}$ , $\cancel{(A_2, A_4)}$ , $\cancel{(A_1, A_2)}$ , $\cancel{(A_4, A_2)}$ ]

Το προβλημα εγινε arc-consistent με αποτελεσμα να μπορουμε να το λυσουμε πιο ευκολα. Τα τελικα domains των μεταβλητων ειναι τα εξης:

$A_1 = \{11{:}00\}$
$A_2 = \{9{:}00\ ,\ 10{:}00\ \}$
$A_3 = \{10{:}00\}$
$A_4 = \{11{:}00\}$
$A_5 = \{9{:}00\}$

Τελος μπορουμε να βρουμε πολυ ευκολα τις 2 λυσεις του CSP οι οποιες ειναι:

-$A_1 = 11{:}00$ , $A_2 = 9{:}00$ , $A_3 = 10{:}00$ , $A_4 =11{:}00$ , $A_5 =9{:}00$
-$A_1 = 11{:}00$ , $A_2 = 10{:}00$ , $A_3 = 10{:}00$ , $A_4 =11{:}00$ , $A_5 =9{:}00$

## ***Πρόβλημα*** $4(BONUS)$:

• Ερωτημα 1:

Μοντελοποιηση Προβληματος:

-Μεταβλητες:

Τον χρονο τον μετραω σε λεπτα δηλαδη η 8:00 αντιστοιχει σε 0 λεπτα γιατι ειναι ο ελαχιστος χρονος που μπορει να φυγει η Μαρια απο το σπιτι της(ειναι η εναρξη του προβληματος).

$X_0 = 0$ (Εναρξη του κοσμου , δηλαδη 8:00)
$X_1$: Ωρα που εφυγε η Μαρια απο το σπιτι της
$X_2$: Ωρα που εφτασε η Μαρια στο γραφειο
$X_3$: Ωρα που εφυγε η Ελενη απο το σπιτι της
$X_4$: Ωρα που εφτασε η Ελενη στο γραφειο

-Constraints:

Με βαση το χρονικο προβλημα της εκφωνησης προκυπτουν οι παρακατω περιορισμοι:

$C_1$: Αντιστοιχει στον περιορισμο "Η Μαρια ξεκινησε απο το σπιτι της μεταξυ 8:00 - 8:10"

- $C_1$: $0 \leq X_1 - X_0 \leq 10$ και επειδη $X_0 = 0$ προκειπτει $0 \leq X_1 \leq 10$

$C_2$: Αντιστοιχει στον περιορισμο "Για να φτασει η Μαρια στο γραφειο θελει 30-40 λεπτα"

- $C_2$: $30 \leq X_2 - X_1 \leq 40$

$C_3$: Αντιστοιχει στον περιορισμο "Το ταξίδι της Ελένης από το σπίτι της στο γραφείο διαρκεί συνήθως 5 με 15 λεπτά"

- $C_3$: $5 \leq X_4 - X_3 \leq 15$

$C_4$: Αντιστοιχει στον περιορισμο "Η Ελένη, συνάδελφος της Μαρίας, έφτασε στο γραφείο σήμερα 15 λεπτά μετά από τη Μαρία"

- $C_4$: $X_4 = X_2 + 15$

Το προβλημα ειναι συνεπες καθως υπαρχει τουλαχιστον μια αναθεση τιμων στις μεταβλητες του προβληματος που να ικανοποιουνται ολοι οι περιορισμοι.

Δυο ενδικτικες λυσεις ειναι οι εξης:

- Για $X_1 = 0$ (δηλαδη η Μαρια εφυγε απο το σπιτι της στης 8:00) και $X_2 = 30$ δηλαδη εφτασε στο γραφειο στης 8:30 , προκυπτει οτι $X_4 = X_2 + 15 \Longrightarrow X_4 = 45$ , δηλαδη η Ελενη εφτασε στο γραφειο στης 8:45. Αυτο σημαινει οτι $X_3 = X_4 - d$ , $d \in [5, 15]$ , δηλαδη $X_3 = 45 - d$ και εαν επιλεξουμε για παραδειγμα $d = 5$ εχουμε οτι η Ελενη εφυγε απο το σπιτι της στης 8:40. Αυτη η αναθεση τιμων πληρει ολους του περιορισμους του προβληματος.

Μια δευτερη αναθεση τιμων θα ηταν η παρακατω:

- Για $X_1 = 10$ (δηλαδη η Μαρια εφυγε απο το σπιτι της στης 8:10) και $X_2 = 40$ δηλαδη εφτασε στο γραφειο στης 8:40 , προκυπτει οτι $X_4 = X_2 + 15 \Longrightarrow X_4 = 55$ , δηλαδη η Ελενη εφτασε στο γραφειο στης 8:55. Αυτο σημαινει οτι $X_3 = X_4 - d$ , $d \in [5, 15]$ , δηλαδη $X_3 = 55 - d$ και εαν επιλεξουμε για παραδειγμα $d = 10$ εχουμε οτι η Ελενη εφυγε απο το σπιτι της στης 8:45. Παρατηρουμε οτι και αυτη η αναθεση τιμων πληρει ολους του περιορισμους του προβληματος.

Συμπαιρενοντας απο τα παραπανω υπαρχει τουλαχιστον μια λυση του STP αρα το προβλημα ειναι συνεπες.

-Διαδοση Περιορισμων:

Αρχικα εχουμε οτι $0 \leq X_1 \leq 10$

Επειδη $30 \leq X_2 - X_1 \leq 40$ και $0 \leq X_1 \leq 10$ εχουμε:

Για $X_1 = 0 \Longrightarrow 30 \leq X_2 \leq 40$
Για $X_1 = 10 \Longrightarrow 40 \leq X_2 \leq 50$

Απο τις παραπανω δυο σχεσεις προκυπτει οτι $30 \leq X_2 \leq 50$

Επισης ισχυει οτι $X_4 = X_2 + 15 \Longrightarrow 30 + 15 \leq X_2 + 15 \leq 50 + 15 \Longrightarrow 45 \leq X_2 + 15 \leq 65$ και επειδη $X_2 + 15 = X_4$

Εχουμε οτι $45 \leq X_4 \leq 65$

Τελος επειδη $5 \leq X_4 - X_3 \leq 15$

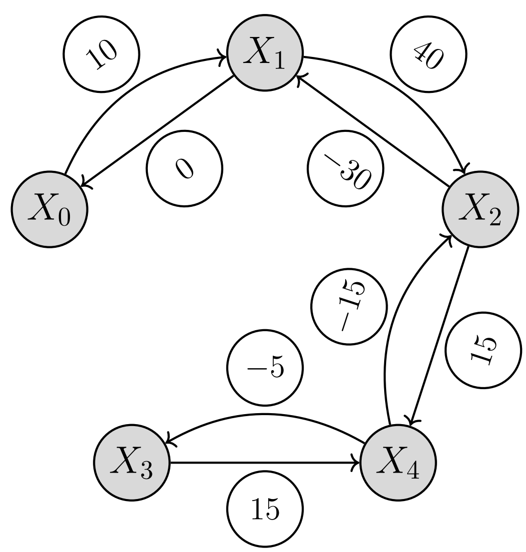
Για $X_4 = 45 \Longrightarrow 30 \leq X_3 \leq 40$
Για $X_1 = 65 \Longrightarrow 50 \leq X_3 \leq 60$

Απο τις παραπανω δυο σχεσεις προκυπτει οτι $30 \leq X_3 \leq 60$

Αρα η Ελενη εφυγε απο το σπιτι της μεταξυ 8:30 και 9:00 το πρωι.

- Ερωτημα 2:

  - Γραφος Αποστασεων:



Ο γραφος εχει οσες κορυφες οσες και οι μεταβλητες του προβληματος και δυο μεταβλητες συνδεονται με μια ακμη εαν εμπλεκονται σε καποιον περιορισμο. Επισης για να καταλαβουμε ποιο ειναι το βαρος καθε ακμης $(X_i, X_j)$ θα πρεπει να παμε στην ανισοση που συνδεει αυτες τις δυο μεταβλητες. Οι ανισοσεις για καθε ζευγαρι μεταβλητων ειναι οι παρακατω:

$0 \leq X_1 - X_0 \leq 10$
$30 \leq X_2 - X_1 \leq 40$
$5 \leq X_4 - X_3 \leq 15$
$15 \leq X_4 - X_2 \leq 15$

Για να βρουμε παραδειγματος χαρη το βαρος της ακμης $(X_0, X_1)$ παιρνουμε τον μεγαλυτερο αριθμο απο τα ακρα της ανισοσης $0 \leq X_1 - X_0 \leq 10$ , που στην συγκεκριμενη περιπτωση ειναι το $10$ . Αντιθετα για να βρουμε το βαρος της ακμης $(X_1, X_0)$ περνουμε την μεγαλυτερη τιμη απο τα δυο ακρα της ανισοσης οταν την εχουμε πολλαπλασιασει με το $-1$ , αρα εφοσον το $0 > -10$ το βαρος της ακμης $(X_1, X_0)$ ειναι το $0$ . Κανουμε την ιδια διαδικασια και για τις υπολοιπες ακμες και προκυπτει ο παραπανω γραφος.

- Ερωτημα 5:

Εαν εφαρμοσουμε τον αλγοριθμο Floyd-Warhall all pairs-shortest-paths σε ενα απλο χρονικό πρόβλημα, προκύπτει ένα πρόβλημα το οποίο είναι n-consistent(οπου n το πληθος των μεταβλητων). Γνωριζουμε οτι ενα απλο χρονικο προβλημα ειναι συνεπες εαν στον γραφο αποστασεων δεν υπαρχει αρνητικος κυκλος , δηλαδη κυκλος οπου το συνολικο αθροισμα απο τα βαρη των ακμων του να ειναι αρνητικο. Επειδη ομως ο αλγοριθμος του Floyd εντοπιζει τους αρνητικους κυκλους που προκαλουν αυτην την ασυνεπεια μπορουμε να συμπερανουμε οτι εαν δεν βρει καποιον τετοιο κυκλο τοτε το προβλημα που θα προκυψει μετα την εφαρμογη του αλγοριθμου θα ειναι n-consistent δηλαδη θα ειναι συνεπες σε ολα τα επιπεδα , αφου θα ειμαστε σιγουροι οτι δεν υπαρχουν αρνητικοι κυκλοι.

- Σχεδιαστικες Επιλογες:

-Csp.py file:

Οι τροποποιησεις που εχω κανει στο αρχειο csp.py αφορουν τον variable ordering αλγοριθμο $\frac{dom}{wdeg}$

Συγκεκριμενα:

Εχω προσθεσει σαν πεδιο στην κλαση CSP ενα dictionary με ονομα weight στο οποιο αποθηκευω κλειδια της μορφης $(X_i, X_j)$ οπου $X_i$ και $X_j$ ειναι μεταβλητες του προβληματος που συνδεονται με καποιον περιορισμο και σαν value εχω το βαρος του συγκεκριμενου περιορισμου. Ολα τα βαρη εχουν αρχικοποιηθει στο 1.

Επισης στον αλγοριθμο forward checking στο σημειο που καταλαβαινουμε οτι το πεδιο της μεταβλητης B εχει αδειασει αυξανω το βαρος του περιορισμου (B , var) κατα 1 . Το ιδιο ισχυει και για τον αλγοριθμο mac οπου στην συναρτηση revise εχω προσθεσει εναν επιπλεον ελεγχο που τσεκαρει εαν το domain της μεταβλητης $X_i$ εχει αδειασει και τοτε αυξανω κατα 1 το βαρος του αντιστοιχου περιορισμου . Επισης στην συναρτηση mac καλω σαν constraint propagation τον AC3 και οχι τον AC3b γιατι αλλιως δεν θα καλεστει ποτε η συναρτηση revise (που ειναι και η συναρτηση στην οποια αυξανονται τα weights στο paper).

Οσον αφορα τον αλγοριθμο $\frac{dom}{wdeg}$ ο στοχος ειναι να επιστρεψουμε την μεταβλητη με την μικροτερη τιμη $\frac{dom}{wdeg}$. Για να γινει αυτο τρεχουμε μια επαναληψη για καθε μεταβλητη του προβληματος και υπολογιζουμε το αθροισμα των weights που περιλαμβανουν την μεταβλητη και τον αντοιστιχο γειτονα της. Στην συνεχεια διαιρουμε (εφοσον ειναι διαφορο του μηδενος αλλιως το θεωρουμε μοναδα) με το αθροισμα των weights των περιορισμων της μορφης $(X_i, X_j)$ οπου $X_i$ ειναι η μεταβλητη που εξεταζουμε και κραταμε παραλληλα και ενα min στο οποιο αποθηκευουμε την μικροτερη τιμη $\frac{dom}{wdeg}$ , επιστρεφωντας στο τελος την μεταβλητη που αντιστοιχει σε αυτην. Εαν δεν βρουμε καποια τετοια μεταβλητη τοτε καλουμε την συναρτηση first unassigned variable η οποια θα επιστεψει μια μεταβλητη με βαση το deafult variable order.

-Schedule.py file:

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ: ΓΙΑ ΝΑ ΤΡΕΞΕΤΕ ΕΝΑΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΤΟΝ ΒΓΑΛΕΤΕ ΑΠΟ ΣΧΟΛΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Αποφασισα να μοντελοποιησω το προγραμμα φτιανωντας μια κλαση Exam timetabling η οποια κληρωνομει την CSP. Μεσα σε αυτην την κλαση οριζω τις μεταβλητες του προβληματος , το domain καθε μεταβλητης , τους γειτονες της , την συναρτηση Exam constraints μεσα στην οποια ελεγχω εαν ικανοποιουνται ολοι οι περιορισμοι μεταξυ δυο μεταβλητων A και B . Τελος καλω τον constructor του CSP στον οποιο περναω σαν παραμετρους τις μεταβλητες , τα domains , τα neighbors και την constraint function.

Οι μεταβλητες του προβληματος ειναι τα 38 ονοματα των μαθηματων(Τα εργαστηρια δεν τα μετραω ως ξεχωριστο μαθημα)

Το domain καθε μεταβλητης αποφασισα να ειναι ολοι οι δυνατοι συνδιασμοι μερας και ωρας σαν string της μορφης "day κατω παυλα time" . Για να παρω την μερα και την ωρα κανω split το string.

Καθε μεταβλητη εχει σαν γειτονα ολες τις υπολοιπες αφου εχουμε μονο μια αιθουσα και σε καθε ωρα μπορουμε να εξεταζουμε μονο ενα μαθημα.

Επισης εχω ενα dictionary με ονομα other data στο οποιο κανω μια αντιστοιχιση μεταξυ μεταβλητης και μιας λιστας που περιεχει το ονομα του καθηγητη που διδασκει το μαθημα, το εξαμηνο του μαθηματος , εαν ειναι δυσκολο ή οχι και εαν εχει Lab.

Οσον αφορα την συναρτηση Exam constraints πρεπει να δωσουμε ιδιαιτερη προσοχη στα μαθηματα που εχουν Lab καθως πρεπει να εξεταζονται αμεσως μετα την θεωρια. Ο ελεγχος αυτος γινεται με το να τσεκαρουμε εαν μετα την εξεταση της θεωριας δεν εξεταζεται το μαθημα B που εχουμε σαν δευτερη μεταβλητη στην συναρτηση, ή εαν το μαθημα της θεωριας εξεταζεται στις 3-6 τοτε σημαινει οτι δεν υπαρχει διαθεσιμο slot για την εξεταση του Lab αρα θα πρεπει να επιστρεψουμε False. Εαν και τα δυο μαθηματα εχουν εργαστηριο και εξεταζονται την ιδια μερα τοτε ειναι αδυνατο να εξεταστει και η θεωρια και το Lab του αντιστοιχου μαθηματος καθως εχουμε μονο 3 διαθεσιμα slots για καθε μερα. Φυσικα μαθηματα ιδιου εξαμηνου , ιδιου καθηγητη πρεπει να εξεταζονται σε διαφορετικες μερες , οπως και τα hard μαθηματα πρεπει να απεχουν τουλαχιστον δυο μερες.

Τελος εχω φτιαξει μια συναρτηση Print Result η οποια τυπωνει το τελικο προγραμμα της εξεταστικης ξεκινωντας απο την μερα 1.

-Floyd.py file:

Δεν εχω να προσθεσω κατι , εχω παραθεσει αναλυτικα σχολια μεσα στον κωδικα.