



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών

Εαρινό Εξάμηνο 2023-2024

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

1η Σειρά Αναλυτικών Ασκήσεων

Ιωάννης Τσαντήλας
03120883

Περιεχόμενα

Άσκηση 1	2
Ερώτημα 1.....	2
Hill Climbing	2
Best First.....	2
A*	2
Ερώτημα 2.....	2
Ερώτημα 3 και 4.....	3
Ερώτημα 5.....	3
Άσκηση 2	1
Άσκηση 3	2
Ερώτημα 1.....	2
Ερώτημα 2.....	3
Άσκηση 4	4
Ερώτημα 1.....	4
Ερώτημα 2.....	4
Υποερώτημα Α.....	4
Υποερώτημα Β.....	4
Υποερώτημα Γ	4
Ερώτημα 3.....	5
Ερώτημα 4.....	5

Άσκηση 1

Ερώτημα 1

Hill Climbing

Βήμα	Μέτωπο Αναζήτησης	Κλειστό Σύνολο	Τρέχουσα Κατάσταση	Λίστα
1	(a, 2) ^s	{s}	s	(a, 2), (d, 4), (b, 5), (c, 6)
2	(i, 2) ^{sa}	{s, a}	a	(i, 2), (d, 4)
3	(j, 6) ^{sai}	{s, a, i}	i	(j, 6)
4	Τερματισμός			

Αφού η ευρετική τιμή του j είναι μεγαλύτερη του i.

Best First

Βήμα	Μέτωπο Αναζήτησης	Κλειστό Σύνολο	Τρέχουσα Κατάσταση	Λίστα
1	(a, 2) ^s , (d, 4) ^s , (b, 5) ^s , (c, 6) ^s	{s}	s	(a, 2), (d, 4), (b, 5), (c, 6)
2	(i, 2) ^{sa} , (d, 4) ^{sa} , (b, 5) ^{sa} , (c, 6) ^{sa}	{s, a}	a	(i, 2), (d, 4), (b, 5), (c, 6)
3	(d, 4) ^{sai} , (b, 5) ^{sai} , (c, 6) ^{sai} , (j, 6) ^{sai}	{s, a, i}	i	(d, 4), (b, 5), (c, 6), (j, 6)
4	(b, 5) ^{sad} , (c, 6) ^{sad} , (j, 6) ^{sad} , (h, 7) ^{sad}	{s, a, i, d}	d	(b, 5), (c, 6), (j, 6), (h, 7)
5	(e, 2) ^{sb} , (k, 2) ^{sb} , (c, 6) ^{sb} , (j, 6) ^{sb} , (h, 7) ^{sb}	{s, a, i, d, b}	b	(e, 2), (k, 2), (c, 6), (j, 6), (h, 7)
6	(g, 0) ^{sbe} , (k, 2) ^{sbe} , (c, 6) ^{sbe} , (j, 6) ^{sbe} , (h, 7) ^{sbe}	{s, a, i, d, b, e}	e	(g, 0), (k, 2), (c, 6), (j, 6), (h, 7)
7	- (sbeg)	{s, a, i, d, b, e, g}	g	

A*

Βήμα	Μέτωπο Αναζήτησης	Κλειστό Σύνολο	Τρέχουσα Κατάσταση	Λίστα
1	(a, 1;3) ^s , (d, 2;4) ^s , (b, 2;5) ^s , (c, 1;7) ^s	{s}	s	(a, 3), (d, 4), (b, 5), (c, 7)
2	(d, 2;4) ^{sa} , (b, 2;5) ^{sa} , (c, 1;7) ^{sa} , (i, 6;8) ^{sa}	{s, a}	a	(d, 4), (b, 5), (c, 7), (i, 8)
3	(b, 2;5) ^{sad} , (c, 1;7) ^{sad} , (i, 6;8) ^{sad} , (h, 2;9) ^{sad}	{s, a, d}	d	(b, 5), (c, 7), (i, 8), (h, 9)
4	(k, 1;3) ^{sb} , (e, 3;5) ^{sb} , (c, 1;7) ^{sb} , (i, 6;8) ^{sb} , (h, 2;9) ^{sb}	{s, a, d, b}	b	(k, 3), (e, 5), (c, 7), (i, 8), (h, 9)
5	(e, 3;5) ^{sbk} , (c, 1;7) ^{sbk} , (i, 6;8) ^{sbk} , (h, 1;8) ^{sbk} , (g, 9;9) ^{sbk}	{s, a, d, b, k}	k	(e, 5), (c, 7), (i, 8), (h, 8), (g, 9)
6	(g, 6;6) ^{sbe} , (c, 1;7) ^{sbe} , (i, 6;8) ^{sbe} , (h, 1;8) ^{sbe}	{s, a, d, b, k, e}	e	(g, 6), (c, 7), (i, 8), (h, 8)
7	- (sbeg)	{s, a, d, b, k, e, g}	g	

Ερώτημα 2

Υπάρχουν 25 δυνατές λύσεις. Η βέλτιστη, με συνολικό μήκος 11, βρίσκεται στα μονοπάτια s-b-e-g και s-c-k-g. Οι Best First και A* βρίσκουν την βέλτιστη, αλλά δεν μπορούμε να ξέρουμε εκ των προτέρων ότι όντως είναι αυτή (αφού οι τιμές των ευρετικών δεν είναι συνεπείς και δεν είναι μονότονες για τον A*).

Ερώτημα 3 και 4

Θα πρέπει να διορθώσουμε τις ευρετικές τιμές, δηλαδή, εάν για οποιονδήποτε κόμβο n και τον διάδοχό του n' δεν ισχύει η συνθήκη $H(n) \leq c(n, n') + H(n')$, προσαρμόζουμε το $H(n)$ ή το $H(n')$ ώστε να ικανοποιείται αυτή η ανισότητα.

Μετά από ενδελεχή ανάλυση, οι ευρετικές τιμές που πρέπει να αλλάξουμε είναι:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• s: 2,• b: 3,• c: 1, | <ul style="list-style-type: none">• h: 5,• j: 3 |
|--|--|

Ερώτημα 5

Βήμα	Μέτωπο Αναζήτησης	Κλειστό Σύνολο	Τρέχουσα Κατάσταση	Λίστα
1	$(a,1;3)^s, (b,2;5)^s, (c,1;2)^s, (d,1;5)^s$	$\{s\}$	s	$(a,1;3), (b,2;5), (c,1;2), (d,1;5)$
2	$(a,1;3)^s, (b,2;5)^s, (d,1;5)^s, (k,2;4)^{sc}, (h,5;10)^{sc}, (d,2;6)^{sc}$	$\{s, c\}$	a	$(k,2;4), (h,5;10), (d,2;6)$
3	$(a,1;3)^s, (b,2;5)^s, (d,1;5)^s, (h,3;8)^{sck}, (g,11;11)^{sck}$	$\{s, c, k\}$	i	$(g,11;11), (h,3;8)$
4	$(a,1;3)^s, (b,2;5)^s, (d,1;5)^s, (g,11;11)^{sck}$	$\{s, c, k, h\}$	h	$(g,9;9), (j,10;13), (i,5;7)$
5	$(a,1;3)^s, (b,2;5)^s, (d,1;5)^s, (g,9;9)^{sch}$	$\{s, c, k, h, g\}$	g	

Άσκηση 2

Θεωρούμε ένα γράφημα όπου ένα μη βέλτιστο μονοπάτι προς το στόχο έχει χαμηλότερη αρχική ευρετική εκτίμηση από το βέλτιστο μονοπάτι, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει την A* να εξερευνήσει πρώτα το μη βέλτιστο μονοπάτι και να βρει μια λύση που δεν είναι η καλύτερη:

Υπάρχουν 20 δυνατές λύσεις. Η βέλτιστη, με συνολικό μήκος 11, βρίσκεται στα μονοπάτια s-b-e-g και s-c-k-g. Οι Best First και A* βρίσκουν την βέλτιστη, αλλά δεν μπορούμε να ξέρουμε εκ των προτέρων ότι όντως είναι αυτή.

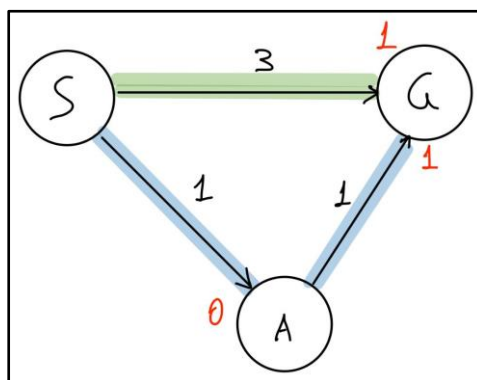


Figure 1: Αντιπαράδειγμα Άσκησης 2.

Έστω πως ο αρχικός κόμβος (S) έχει δύο μονοπάτια προς τον στόχο (G). Το ένα μονοπάτι πηγαίνει απευθείας από το S στο G με κόστος 3 και μια ευρετική εκτίμηση 1 (η οποία είναι αποδεκτή επειδή είναι μικρότερη από το πραγματικό κόστος). Το άλλο, πηγαίνει από το S σε έναν ενδιάμεσο κόμβο (A) με κόστος 1 και στη συνέχεια από το A στο G με κόστος 1, αλλά η ευρετική εκτίμηση από το S στο A είναι 0 και από το A στο G είναι 1.

Ο αλγόριθμος A* θα εξερευνούσε πρώτα το άμεσο μονοπάτι από το S στο G επειδή έχει αρχικά χαμηλότερο f-cost (κόστος + ευρετική εκτίμηση), αλλά αυτό δεν είναι το βέλτιστο μονοπάτι.

Το άμεσο μονοπάτι έχει f-cost = 4, ενώ το βέλτιστο μονοπάτι μέσω του A έχει f-cost = 3. Ωστόσο, εάν η A* σταματήσει μετά την εύρεση του πρώτου μονοπατιού, θα σταματήσει μετά την εύρεση του άμεσου μονοπατιού και όχι του βέλτιστου μονοπατιού.

Άσκηση 3

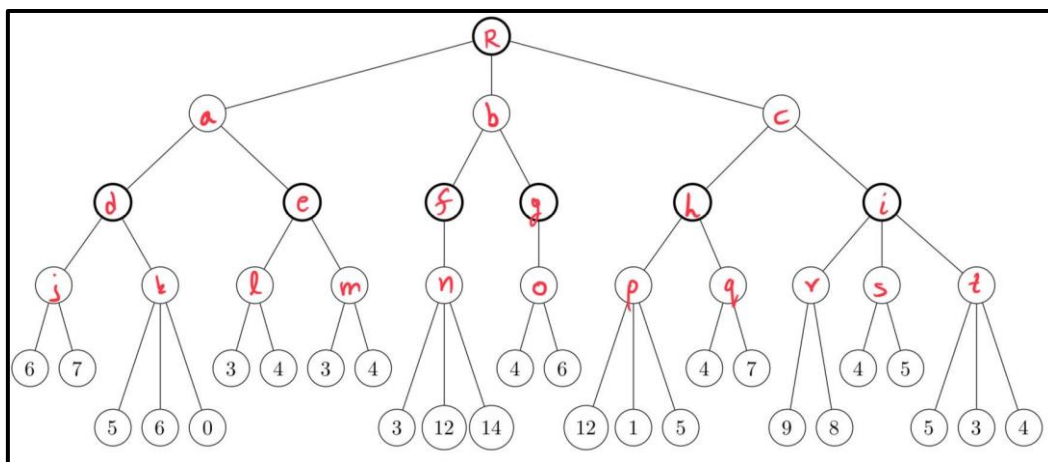


Figure 2: Γενικός Γράφος Άσκησης 3.

Ερώτημα 1

Υπολογίζουμε τις τιμές από τα φύλλα προς τη ρίζα. Το επίπεδο Max στοχεύει στη μεγιστοποίηση της τιμής που λαμβάνει από τα παιδιά του, ενώ το επίπεδο Min στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της τιμής που περνάει προς τα πάνω. Επομένως, για το πρώτο επίπεδο από κάτω (Min), έχουμε:

$$R = \max \left\{ \begin{array}{l} a = \min \left\{ \begin{array}{l} d = \max \left\{ \begin{array}{l} j = \min(6,7) = 6 \\ k = \min(5,6,0) = 0 \end{array} \right\} = 6 \\ e = \max \left\{ \begin{array}{l} l = \min(3,4) = 3 \\ m = \min(3,4) = 3 \end{array} \right\} = 3 \end{array} \right\} = 3 \\ b = \min \left\{ \begin{array}{l} f = n = \min(3,12,14) = 3 \\ g = o = \min(4,6) = 4 \end{array} \right\} = 3 \\ c = \min \left\{ \begin{array}{l} h = \max \left\{ \begin{array}{l} p = \min(12,1,5) = 1 \\ q = \min(4,7) = 4 \end{array} \right\} = 4 \\ i = \max \left\{ \begin{array}{l} r = \min(9,8) = 8 \\ s = \min(4,5) = 4 \\ t = \min(5,3,4) = 3 \end{array} \right\} = 8 \end{array} \right\} = 4 \end{array} \right\} = 4$$

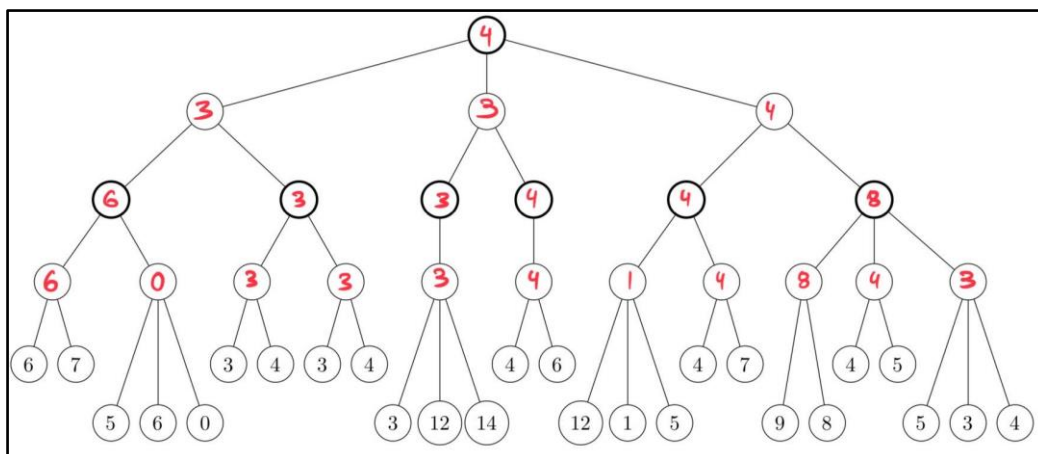


Figure 3: Λύση Ερωτήματος 1.

Ερώτημα 2

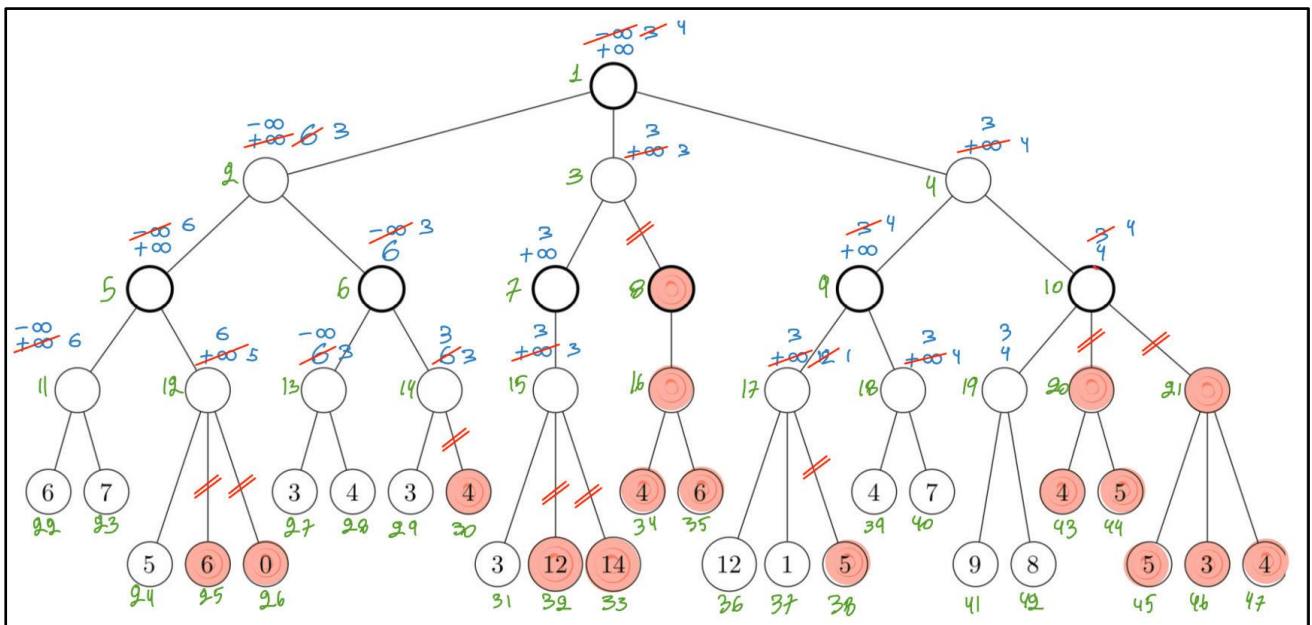


Figure 4: Λύση Ερωτήματος 2.

Χρωμάτισα με κόκκινο τους κόμβους που δεν επισκέφτηκε ο αλγόριθμος. Η σειρά επίσκεψης του αλγορίθμου είναι: 1, 2, 5, 11, 22, 23, 12, 24, 6, 27, 28, 14, 29, 3, 7, 15, 31, 4, 9, 17, 36, 37, 18, 39, 40, 10, 19, 41, 42.

Άσκηση 4

Ερώτημα 1

Αφού η συνάρτηση προσαρμοστικότητας είναι:

$$f(x) = (a + b + c + d) - (e + f + g + h)$$

Τότε:

Άτομο	Χρωμόσωμα	Προσαρμοστικότητα
1	9876 5432	16
2	4321 2121	4
3	9182 7364	0
4	2000 0001	1
Total		21

Επομένως, η σειρά τους είναι:

$$x_1 > x_2 > x_4 > x_3$$

Ερώτημα 2

Υποερώτημα Α

Θα διασταυρώσουμε τους x_1 και x_2 , ανταλλάσσοντας τα 2^α μισά τους, επομένως:

Άτομο	Χρωμόσωμα	Προσαρμοστικότητα
1	9876 5432	16
2	4321 2121	4
===	=====	=====
1'	9876 2121	24
2'	4321 5432	-4

Υποερώτημα Β

Θα διασταυρώσουμε τους x_2 και x_4 , ανταλλάσσοντας τα 4 ενδιάμεσα στοιχεία τους, επομένως:

Άτομο	Χρωμόσωμα	Προσαρμοστικότητα
2	43 2121 21	4
4	20 0000 01	1
===	=====	=====
2''	43 0000 21	4
4'	20 2121 01	1

Υποερώτημα Γ

Θα διαλέξουμε τις θέσεις c, d, e:

Άτομο	Χρωμόσωμα	Προσαρμοστικότητα
1	98 765 432	16

3	91 827 364	0
===	=====	=====
1''	98 827 432	11
3'	91 765 364	5

Ερώτημα 3

Η νέα γενιά έχει βελτιωμένη συνολική προσαρμοστικότητα:

Άτομο	Χρωμόσωμα	Προσαρμοστικότητα
1'	9876 2121	24
2'	4321 5432	-4
2''	43 0000 21	4
4'	20 2121 01	1
1''	98 827 432	11
3'	91 765 364	5
Total		37

Ερώτημα 4

Στην συνάρτηση προσαρμοστικότητας:

$$f(x) = (a + b + c + d) - (e + f + g + h)$$

Θέλουμε να μεγιστοποιήσουμε το πρώτο μέρος και να ελαχιστοποιήσουμε το δεύτερο. Πολύ απλά, το πρώτο μέρος θα είναι 9999, ενώ το δεύτερο θα είναι 0000. Το χρωμόσωμα είναι το **99990000** και η προσαρμοστικότητα αυτού του ατόμου θα είναι **36**.