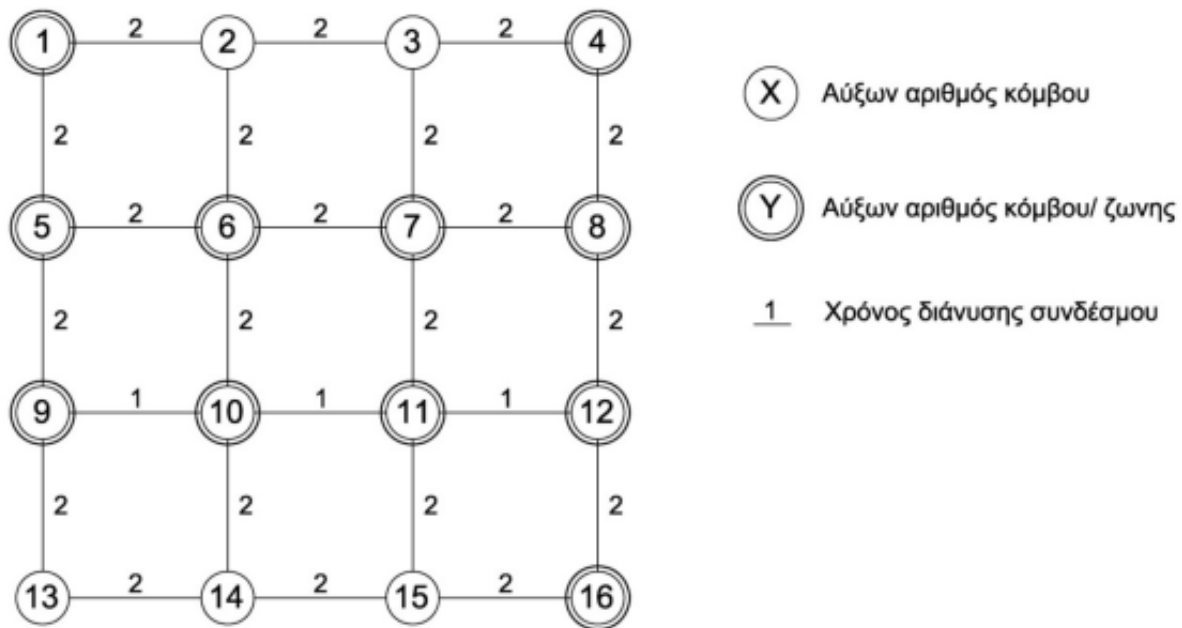




Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων



Σχολή : πολιτικών μηχανικών

Εξάμηνο : 6^ο

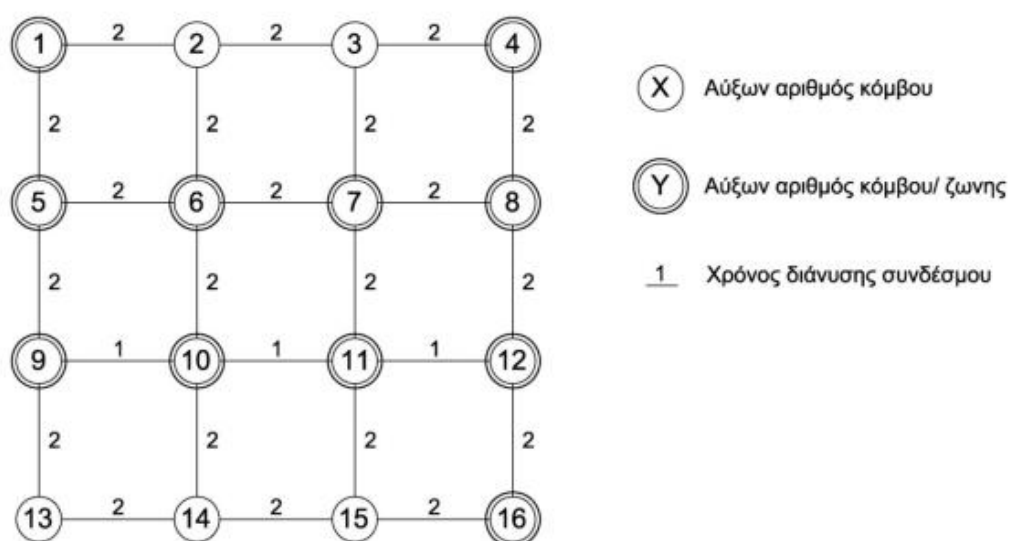
Εκπόνηση εργασίας : **Ιωάννης Κοντούρης** **cn12094**

Ακαδημαϊκό έτος 2014/2015

Περιεχόμενα

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η συγκοινωνιακή μελέτη της υφιστάμενης περιοχής η οποία έχει διαιρεθεί σε 11 ζώνες . Το κύριο οδικό δίκτυο της περιοχής αναπαρίσταται στο παρακάτω σχήμα στο οποίο επίσης αριθμούνται οι οδικοί κόμβοι. Επίσης σημειώνονται οι μέσοι χρόνοι διάνυσης κάθε συνδέσμου.



Με γνώμονα το δίκτυο μελέτης η εργασία χωρίζεται σε τρεις ενότητες :

- ΕΝΟΤΗΤΑ Α
- ΕΝΟΤΗΤΑ Β
- ΕΝΟΤΗΤΑ Γ

και καλείται να εξετάσει τα αντίστοιχα υπό ερωτήματα που δημιουργούνται.

Ενότητα Α

- Ερώτημα Α₁: Να διατυπωθεί ένα γενικό μοντέλο παραγωγής μετακινήσεων με βάση τα στοιχεία του πίνακα.

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα παρατηρούμε ότι για την κάθε ζώνη γνωρίζουμε 4 παραμέτρους (**μετακινήσεις** , **κατοικίες** , **πληθυσμό** , **απασχολούμενους**) . Με βάση αυτές τις παραμέτρους καταλήγουμε σε ένα γενικό μοντέλο παραγωγής μετακινήσεων της μορφής :

$$y = x_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4$$

Ζώνη	Μετακιν. ΜΒΟ-Ε	Κατοικίες	Ι.Χ	Πληθυσμ.	Απασχολούμενοι
1	855	490	625	1565	575
4	565	355	440	955	375
5	405	175	270	565	225
6	140	65	95	105	90
7	35	20	20	50	25
8	110	60	80	205	85
9	358	215	307	609	209
10	10	35	65	85	30
11	517	2315	1552	2993	266
12	55	50	80	165	60
16	35	25	50	100	30

- Ερώτημα Α₂ : Να καταρτιστεί ο πίνακας συσχετίσεων όλων των μεταβλητών και να εξεταστεί η συσχέτιση/ μη-συσχέτιση των μεταβλητών.

Η συσχέτιση των μεταβλητών πραγματοποιήθηκε με την βοήθειά ενός λογιστικού φύλλου "excel" παραθέτουμε τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα :

correlation matrix					
	Μετ. ΜΒΟ-Ε	Κατοικίες	Πληθυσμ.	Ι.Χ.	Απασχολ.
Μετ. ΜΒΟ-Ε	1				
Κατοικίες	0,489222	1			
Πληθυσμ.	0,659517	0,977546	1		
Ι.Χ.	0,733477	0,94877	0,992332	1	
Απασχολ.	0,987205	0,384079	0,566074	0,652382	1

Από το παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι , η μεταβλητή x_1 με την μεταβλητή x_2 έχουν πολύ μεγάλη συσχέτιση και άρα μπορώ **να απαλείψω την x_1** . Το ίδιο συμβαίνει και με την **μεταβλητή x_3 και x_2** . Ως αποτέλεσμα το μοντέλο λαμβάνει την μορφή : **$y = x_0 + a_2 \cdot x_2 + a_4 \cdot x_4$**

- Ερώτημα A_3 : Να εξεταστεί κατά πόσον αυξάνεται η ερμηνευτικότητα του μοντέλου αν συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές ή ορισμένες εξ αυτών. Να αιτιολογηθεί η επιλογή της βέλτιστης έκφρασης του μοντέλου με τη χρήση των στατιστικών μεγεθών R^2 (συντελεστής προσδιορισμού παλινδρόμησης) και t (Student).

Η ερμηνευτικότητα του μοντέλου ελέγχθηκε με την βοήθειά της γραμμικής παλινδρόμησης (μέσω excel) με σκοπό τον απαραίτητο προσδιορισμό μιας εξαρτημένης μεταβλητής από μια η περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές.

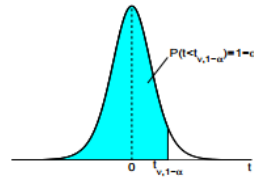
Με την βοήθεια του excel και της γραμμικής παλινδρόμησης εξετάστηκαν 15 πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ στήλης Μετ.ΜΒΟ-Ε και (στήλης 1, στήλης 2, στήλης 3, στήλης 4, στηλών 1-2 , στηλών 2-3, στηλών 3-4 , στηλών 1-2-3 , στηλών 1-2-3-4 , στηλών 2-3-4 , στηλών 1-3 ,στηλών 2-4 , στηλών 1-4 , στηλών 1-4-3, στηλών 1-3-2)

		Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3	Στήλη 4
Ζώνη	Μετ. ΜΒΟ-Ε	Κατοικίες	Πληθυσμ.	Ι.Χ.	Απασχολ.
1	855	490	625	1565	575
4	565	355	440	955	375
5	405	175	270	565	225
6	140	65	95	105	90
7	35	20	20	50	25
8	110	60	80	205	85
9	358	215	307	609	209
10	10	35	65	85	30
11	517	2315	1552	2993	266
12	55	50	80	165	60
16	35	25	50	100	30

Παρατήρηση : Τα στοιχεία της γραμμικής παλινδρόμησης επισυνάπτονται στο τέλος της εργασίας

Σε κάθε επανάληψη οι συντελεστές ελέγχονταν ως προς τη στατιστική τους σημαντικότητα με την βοήθεια του ελέγχου t της κατανομής student όπου $t_{\text{pal}} > t_{0.095}$:

Στατιστικός Πίνακας Κατανομής Student



ν : βαθμοί ελευθερίας

$1 - \alpha$: τιμή της αθροιστικής συνάρτησης

Παράδειγμα:

$$\nu = 10, \alpha = 0.05 \Rightarrow t_{10,0.95} = 1.812$$

$$\nu = 10, \alpha = 0.001 \Rightarrow t_{10,0.999} = 4.144$$

$$\nu = 20, \alpha = 0.025 \Rightarrow t_{20,0.975} = 2.086$$

ν	$1 - \alpha$						
	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995	0.999	0.9995
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725

Το t με βάση το δείγμα ($n=10$, $n=11$) καθώς και τον βαθμό εμπιστοσύνης 95% , έπαιρνε τις τιμές **1.812** και **1.796** και στην συνέχεια πραγματοποιούνταν ο έλεγχος . Τέλος με βάση τους ελέγχους απορρίφθηκαν οι ακατάλληλες τιμές των συντελεστών και το μοντέλο καθορίστηκε ως εξής :

$$y = 0,092146 \cdot x_2 + 1,446609 \cdot x_4 - 8,64265$$

Ενότητα Β

- Ερώτημα Β₁ : Να δοθεί ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα q-p που να απεικονίζει τις οκτώ καμπύλες προσφοράς-ζήτησης.

Οι μαθηματικές εκφράσεις των καμπυλών ζήτησης για τη Περιοχή Μελέτης είναι οι εξής :

$$q1(p) := 2200 - 35.8p$$

$$q2(p) := 2000 - 36.6p$$

$$q3(p) := 1600 - 31.0p$$

$$q4(p) := 920 - 32.0p$$

Όπου q ο παρατηρούμενος φόρτος (οχήματα/ώρα) και p το κόστος κυκλοφορίας (c/km) . Επίσης η q1(p) περιγράφει τη καμπύλη ζήτησης εντός της πρωινής αιχμής (διάστημα 3 ωρών), η q2(p) εντός της απογευματινής αιχμής (διάστημα 2 ωρών), η q3(p) τη ζήτηση εκτός αιχμών (διάστημα 9 ωρών) και η q4(p) τη ζήτηση για την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας (διάστημα 10 ωρών).

Επιπλέον δίνονται οι συναρτήσεις p1(q), p2(q), p3(q) και p4(q) κόστους κυκλοφορίας (που εκφράζουν τις καμπύλες προσφοράς) για 4 κατηγορίες οδικής υποδομής, ήτοι για δευτερεύοντες (μέχρι δύο λωρίδες κυκλοφορίας) και κύριους δρόμους (μέχρι 2+2 λωρίδες κυκλοφορίας), μεγάλες οδικές αρτηρίες (μέχρι 3+3 λωρίδες κυκλοφορίας με διαχωριστική νησίδα) και για τους αστικούς αυτοκινητόδρομους, αντίστοιχα.

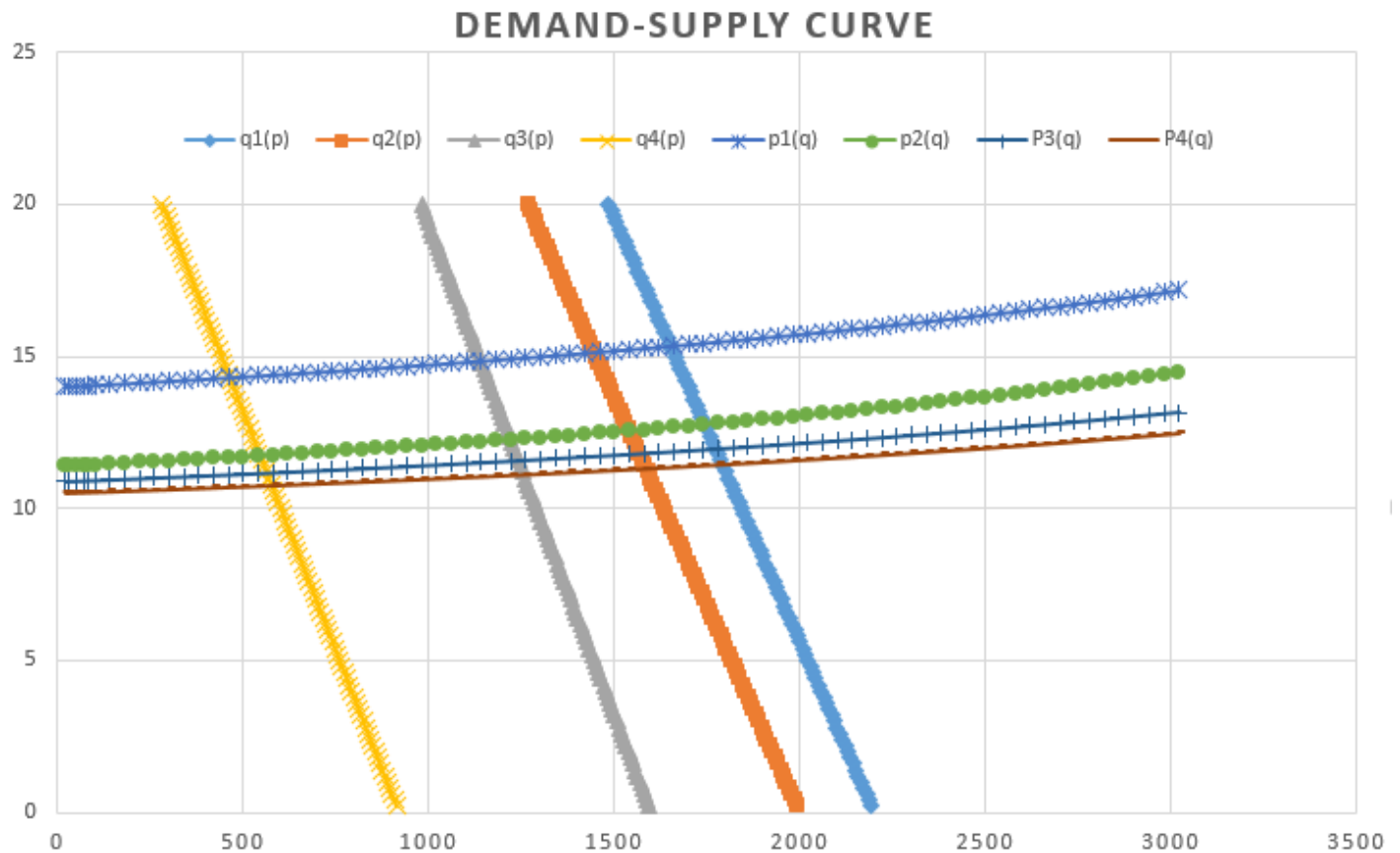
$$p1(q) := 9.0 + \frac{350}{70 - 0.009q}$$

$$p2(q) := 7.0 + \frac{350}{80 - 0.011q}$$

$$p3(q) := 7.0 + \frac{350}{90 - 0.011q}$$

$$p4(q) := 7.0 + \frac{350}{100 - 0.012q}$$

Με την βοήθεια του **excel** προέκυψε το συγκεντρωτικό διάγραμμα φόρτου οχημάτων και κόστους αφού πρώτα δώσαμε ορισμένες τιμές στα q και p , από **20** μέχρι **3020** με βήμα **20** και από **0.2** έως **20** με βήμα **0.2** αντίστοιχα .



- Ερώτημα Β₂ :Να αναπτυχθούν δύο σενάρια ζήτησης-προσφερόμενης υποδομής, δηλαδή να γίνουν παραδοχές (α) για την ημερήσια κατανομή της ζήτησης και (β) του συνδυασμού υποδομών, να εκτιμηθεί η συνολική ημερήσια κυκλοφορία με βάση τα σημεία τομής (ισορροπίας) των καμπυλών αυτών

(Q,p)		Δευτερεύοντες οδοί	Κύριοι Δρόμοι	Μεγ. Οδικές αρτηρίες	Αστικοί αυτοκινητόδρομοι
		q1(p)	q2(p)	q3(p)	q4(p)
Πρωινή αιχμή	P1(q)	1655	1740	1770	1780
		15,336	12,75	11,97	11,45
Απογευματινή αιχμή	P2(q)	1440	1540	1560	1580
		15,15	12,55	11,81	11,318
Ενδιάμεσες 9 ώρες	P3(q)	1140	1220	1240	1260
		14,858	12,256	11,59	11,123
Υπόλοιπες 10 ώρες	P4(q)	460	540	560	580
		14,314	11,72	11,185	10,761

Στο παραπάνω διάγραμμα υπάρχουν 16 σενάρια (όσα και τα σημεία τομής) τα οποία συνοψίζονται στο παραπάνω πίνακα . Θα μελετηθούν 2 σενάρια , θεωρώντας ως πιο κρίσιμη περίοδο την πρωινή ώρα για ευνόητους λόγους . Επομένως θα εξετάσουμε τον παρατηρούμενος φόρτος (οχ/ώρα) κατά την πρωινή ώρα αιχμής (q1) σε συνδυασμό είτε με το κόστος κυκλοφορίας σε δευτερεύοντες οδούς (1+1 λωρίδες) (p1) είτε με το κόστος κυκλοφορίας σε μεγάλες οδικές αρτηρίες (3+3 λωρίδες) (p3).

Κωδικός	Τύπος συνδέσμου	Ταχύτητα (km/h)	Αριθμός λωρίδων (ανά κατεύθυνση)	Κυκλοφοριακή ικανότητα ανά λωρίδα (οχημ./h)
1	Αστικός αυτοκινητόδρομος	110	2	1800
2	Πρωτεύουσα αρτηρία	90	2	1100
3	Κύρια αρτηρία	60	2	900
4	Δευτερεύουσα αρτηρία	45	2	600
5	Συλλεκτήρια οδός	45	1	350
6	Σύνδεσμος κεντροειδούς	30	2	1000

Αρχικά, με βάση των παραπάνω πίνακα , πρέπει να σημειωθεί ότι ο μέσος όρος κίνησης των οχημάτων/ώρα σε δευτερεύοντες οδούς είναι περίπου **600οχ/ώρα**. Επειδή όμως το σημείο τομής της $p_1(q)$ και της $q_1(p)$ είναι **(1655)** είναι προφανές ότι το δίκτυο κατά το 3ωρο της πρωινής αιχμής θα είναι **υπερφορτισμένο** και θα υπάρχει μεγάλη **καθυστέρηση στις μετακινήσεις**. Ωστόσο, αυτό δεν είναι το μόνο μειονέκτημα, καθώς χρησιμοποιώντας δευτερεύοντες οδούς κυκλοφορίας αυξάνεται πάρα πολύ το κόστος κυκλοφορίας (**15.33 c/km**). Το δεύτερο σενάριο είναι να συνδυαστεί ο φόρτος της πρωινής ώρα καμπύλη q_1 , με την χρήση των μεγάλων οδικών αρτηριών . Στις μεγάλες οδικές αρτηρίες φαίνεται από τον πίνακα ότι ο μέσος όρος κίνησης των οχημάτων/ώρα είναι περίπου **3300οχ/ώρα** (1100 ανα λωρίδα). Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το σημείο τομής τους είναι **(1770)**. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι η κίνηση των οχημάτων κατά το 3ωρο της πρωινής ώρας αιχμής θα γίνεται κανονικά **χωρίς καθυστερήσεις και κίνηση**, άρα το δίκτυο θα είναι και πιο **φιλικό** προς τους χρήστες. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι κόστος κυκλοφορίας **11.97c/km** , θα είναι μειωμένο σε σχέση με αυτό της δευτερεύοντος οδού. Τέλος ως εύλογο συμπέρασμα όλων των παραπάνω παρατηρήσεων είναι ότι ο όγκος των οχημάτων που έχουμε κατά την πρωινή ώρα αιχμής συνιστά τη χρήση των μεγάλων αστικών αρτηριών για την πιο εύρυθμη λειτουργία του οδικού δικτύου.

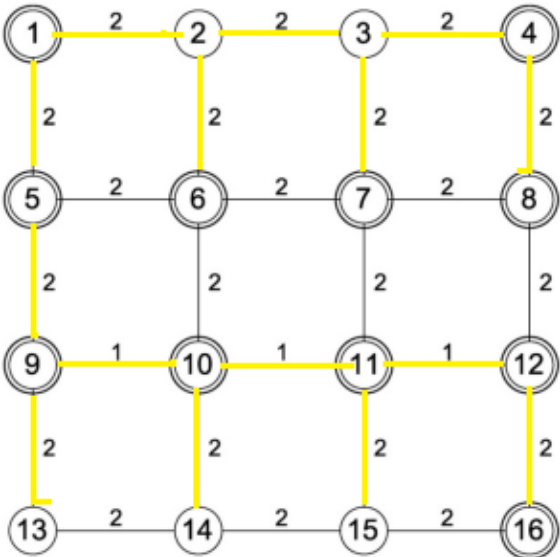
Ενότητα Γ

➤ Ερώτημα Γ₁: Να ευρεθεί το δένδρο ελαχίστων διαδρομών της ζώνης 1

Με την βοήθεια του αλγορίθμου Όλα Η Τίποτα προέκυψε τον δένδρο διαδρομών της ζώνης 1 ,για τον αλγόριθμο πραγματοποιήσαμε μόνο μια επανάληψή και ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε παρατηρώντας τους ελάχιστους χρόνους από το δίκτυο της περιοχής επαληθεύοντας τα στοιχεία της μεθόδου. Παραθέτουμε τον πίνακα του αλγορίθμου και το δένδρο .

Αλγόριθμος όλα η τίποτα				πρώτη επανάληψη	
Ζώνες	χρόνος	προηγούμενος		χρόνος	προηγούμενο
1	0	-		0	-
2	∞			2	1
3	∞			4	2
4	∞			6	3
5	∞			2	1
6	∞			4	2
7	∞			6	3
8	∞			8	4
9	∞			4	5
10	∞			5	9
11	∞			9	10
12	∞			7	11
13	∞			6	9
14	∞			7	10
15	∞			8	11
16	∞			9	12

Δέντρο ζώνης 1



- ⊗ Αύξων αριθμός κόμβου
- ⊙ Αύξων αριθμός κόμβου/ ζωνης
- 1 Χρόνος διάνυσης συνδέσμο

- Ερώτημα Γ₂ : Να καταμεριστεί η ζήτηση 1000 μετακινήσεων από την ζώνη 1 στην ζώνη 16, τόσο με την μέθοδο O-H-T όσο και με βάση τη πιθανοτική μέθοδο, θεωρώντας ότι όλες οι μετακινήσεις γίνονται με Ι.Χ. και βαθμό πλήρωσης οχήματος ίσο με 1

Για να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο stoch πραγματοποιήσαμε τρεις επιμέρους υπολογισμούς για να εκτιμηθεί η κυκλοφορία που θα φορτώσει κάθε σύνδεσμο του δικτύου .

- Η πιθανότητα επιλογής του συνδέσμου
- Η πιθανοτική βαρύτητα
- Η φόρτιση του συνδέσμου

Αναλυτικά

Η πιθανότητα επιλογής του συνδέσμου ισούται με $h_a = e^{\beta \Delta t}$ όπου $\beta=1$ και Δt με t :

$$t = g_{il} - g_{ik} - g_a$$

όπου

g_{il} : ο ελάχιστος χρόνος μέχρι τον κόμβο l από τον κόμβο προέλευσης i

g_{ik} : ο ελάχιστος χρόνος μέχρι τον κόμβο k από τον κόμβο προέλευσης i

g_a : ο χρόνος διάνυσης του συνδέσμου $a (k,l)$

Η πιθανοτική βαρύτητα του συνδέσμου ισούται με :

$$p_a = h_a \sum_{b \in k^+} p_b$$

όπου k^+ οι σύνδεσμοι που έχουν ως τέλος τον κόμβο k (εισερχόμενοι σύνδεσμοι)

Η φόρτιση του συνδέσμου ισούται με :

$$q_a = \sum_{b \in l^-} q_b \quad p_a / \sum_{b \in l^+} p_b$$

όπου l^+ οι σύνδεσμοι που έχουν ως τέλος τον κόμβο l (εισερχόμενοι σύνδεσμοι)

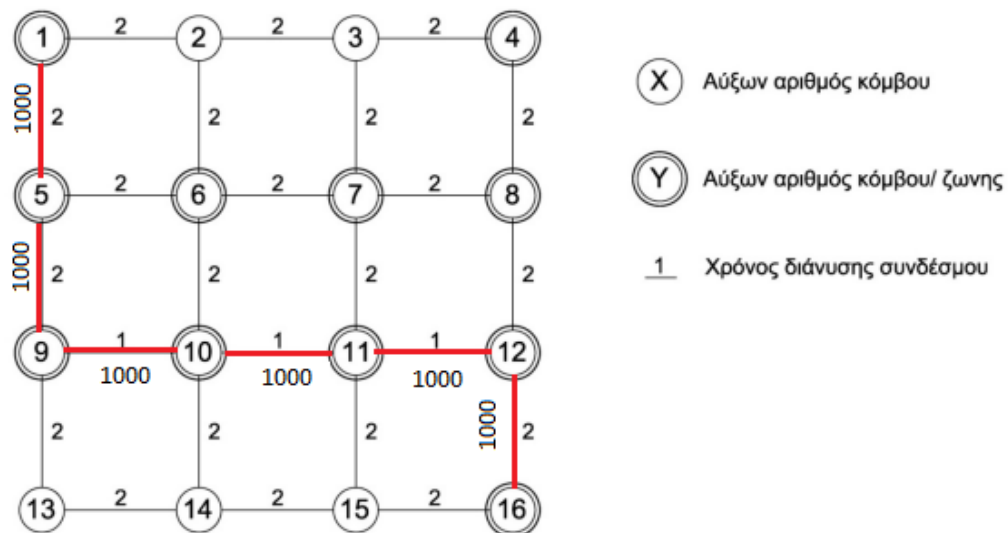
και l^- οι σύνδεσμοι που έχουν ως έναρξη τον κόμβο l (εξερχόμενοι σύνδεσμοι)

Ως αποτέλεσμα των φορτίσεων με τις δύο μεθόδους τόσο με την όλα η τιποτα αλλα και με την στοχαστικη προκύπτει ο επόμενος πίνακας.

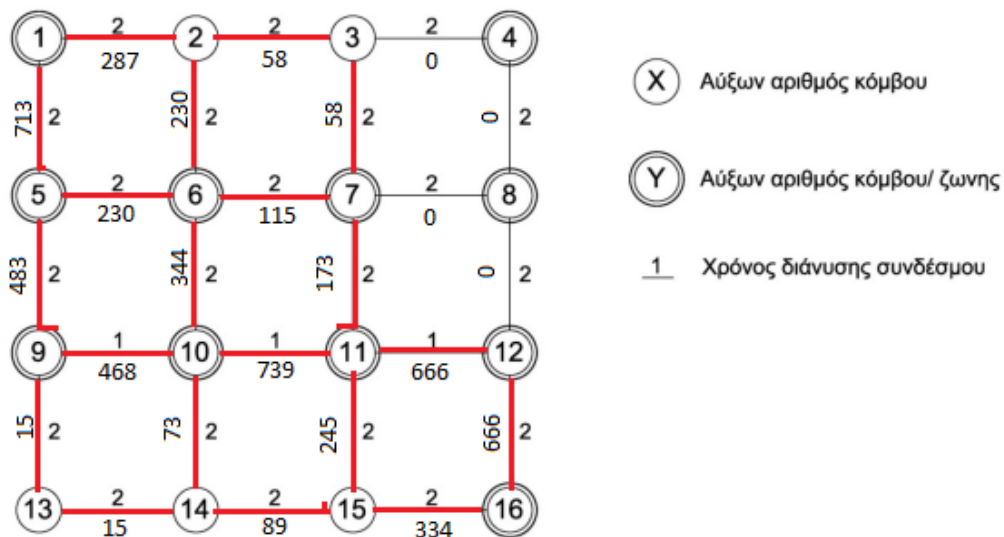
Σύνδεσμοι		Σύνδεσμος επι της ελάχιστης διαδρομής	Δt	Πιθανότητα διέλευσης από τον σύνδεσμο	Πιθανοτική βαρύτητα	φόρτος	φόρτος
i	j	x	Dt	ha	pa	stoch	Ο-Η-Τ
1	2		0	1	1	287	0
2	3		0	1	1	58	0
3	4		0	1	1	0	0
1	5	x	0	1	1	713	1000
2	6		0	1	1	230	0
3	7		0	1	1	58	0
4	8		0	1	1	0	0
5	6		0	1	1	230	0
6	7		0	1	2	115	0
7	8		0	1	3	0	0
5	9	x	0	1	1	483	1000
6	10		-1	0,367879441	0,73575888	344	0
7	11		-2	0,135335283	0,40600585	173	0
8	12		-	0	0	0	0
9	10	x	0	1	1	468	1000
10	11	x	0	1	1,73575888	739	1000
11	12	x	0	1	2,14176473	666	1000
9	13		0	1	1	15	0
10	14		0	1	1,73575888	73	0
11	15		0	1	2,14176473	245	0
12	16	x	0	1	2,14176473	666	1000
13	14		-1	0,367879441	0,36787944	15	0
14	15		-1	0,367879441	0,77388529	89	0
15	16		-1	0,367879441	1,0726077	334	0

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα τοποθετήσαμε τον φόρτο των οχημάτων στο δίκτυο και χαράξαμε την ελάχιστη διαδρομή από την ζώνη 16 στην ζώνη 1 .

Όλα Η Τίποτα



STOCH



Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις

Παρατηρώντας τις παραπάνω ελάχιστες διαδρομές από την ζωνή 16 στην 1 όπως αναμενόταν , προσεγγίζοντας τον φόρτο κάθε συνδέσμου με το μοντέλο όλα η τίποτα προκύπτει ότι και οι 1000 μετακινήσεις θα ακολουθήσουν εξ' ολοκλήρου την πιο σύντομη διαδρομή αγνοώντας τους άλλους συνδέσμους και αφήνοντάς τους αφόριστους. Αντιθέτως επαληθεύεται η θεώρηση Stoch σύμφωνα με την οποία ο εκάστοτε μετακινούμενος δεν θα απορρίψει τους συνδέσμους που δεν ανήκουν στην ελάχιστη διαδρομή . Όμως η πιθανότητα επιλογής τους μειώνεται εκθετικά σε σχέση την χρονική διαφορά της ελάχιστης διαδρομής .Συνεπώς με την χρήση του στοχαστικού μοντέλου προσδοκούμε ότι σχεδόν όλοι οι κόμβοι θα φορτιστούν επομένως θα εξυπηρετούν μετακινήσεις με διαφορά ότι η πλειοψηφία των μετακινούμενων θα επιλέξει την ελάχιστη δυνατή διαδρομή . Χαρακτηριστικό παράδειγμα που επαληθεύει τις παρατηρήσεις μας , αν παρατηρήσουμε τον τελικό κόμβο "5-1" στην μέθοδο όλα η τίποτα θα δούμε ότι φορτίζεται εξ-ολοκλήρου με τις 1000 μετακινήσεις , αντίθετα με βάση τον stoch παρατηρούμαι ότι ο "5-1" δέχεται 713 μετακινήσεις και τις υπόλοιπες 287 (άθροισμα 1000) τις εξυπηρετεί ο κόμβος "2-1"