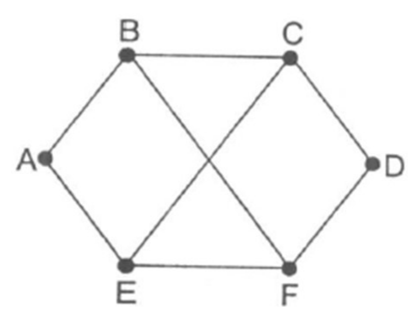
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ 2021-2022
6ο ΕΞΑΜΗΝΟ

Διδάσκων
Γεώργιος Δ. Σταμούλης
Βοηθοί: Ιάκωβος Πιτταράς, Διονύσης Δαμασιώτης, Θεοδόσης Γιαννόπουλος
Επιμέλεια Ασκήσεων: Μαριλένα Μήνου, Θεοδόσης Γιαννόπουλος

Άσκηση 1

Να θεωρήσετε το διπλανό δίκτυο. Σε αυτό χρησιμοποιείται **δρομολόγηση με διανύσματα απόστασης** και έχουν μόλις φτάσει τα ακόλουθα διανύσματα στο δρομολογητή C: από τον B το (5, 0, 8, 12, 16, 2), από τον D το (16, 12, 6, 0, 9, 10) και από τον E το (7, 6, 3, 9, 0, 4). Οι καθυστερήσεις που έχουν μετρηθεί προς τους B, D και E είναι 6, 3 και 5 αντίστοιχα. Ποιος είναι ο νέος πίνακας δρομολόγησης του C; Να παρουσιάσετε και την εξερχόμενη γραμμή που θα χρησιμοποιείται για κάθε άλλο κόμβο και την εκτιμώμενη καθυστέρηση.



Λύση

Για τον A είναι $\min\{C_{CB} + D_{BA}, C_{CD} + D_{DA}, C_{CE} + D_{EA}\} = \min\{6 + 5, 3 + 16, 5 + 7\} = \min\{11,19,12\} = 11$ με nextHop τον κόμβο B

Για τον B είναι $\min\{C_{CB} + D_{BB}, C_{CD} + D_{DB}, C_{CE} + D_{EB}\} = \min\{6 + 0, 3 + 12, 5 + 6\} = \min\{6,15,11\} = 6$ με nextHop τον κόμβο B.

Για τον C είναι 0

Για τον D είναι $\min\{C_{CB} + D_{BD}, C_{CD} + D_{DD}, C_{CE} + D_{ED}\} = \min\{6 + 12, 3 + 0, 5 + 9\} = \min\{18,3,14\} = 3$ με nextHop τον κόμβο D.

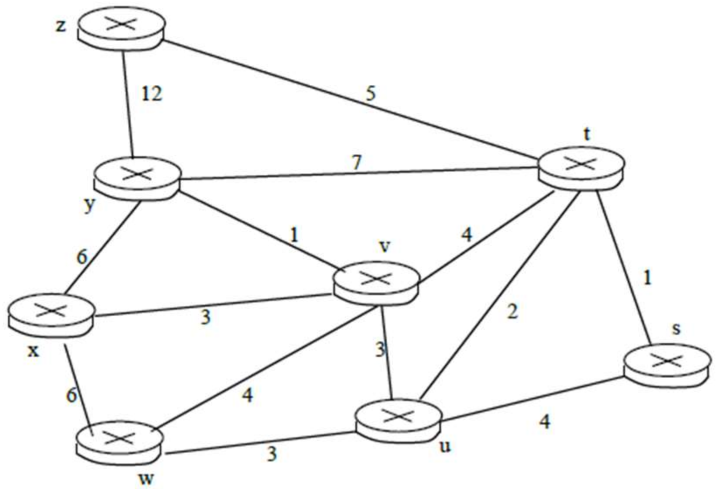
Για τον E είναι $\min\{C_{CB} + D_{BE}, C_{CD} + D_{DE}, C_{CE} + D_{EE}\} = \min\{6 + 16, 3 + 9, 5 + 0\} = \min\{22,12,5\} = 5$ με nextHop τον κόμβο E

Για τον F είναι $\min\{C_{CB} + D_{BF}, C_{CD} + D_{DF}, C_{CE} + D_{EF}\} = \min\{6 + 2, 3 + 10, 5 + 4\} = \min\{8,13,9\} = 8$ με nextHop τον κόμβο B

To	Next Hop	Delay
A	B	11
B	B	6
C	C	0
D	D	3
E	E	5
F	B	8

Άσκηση 2

Να θεωρήσετε το ακόλουθο δίκτυο. Με βάση τα υποδεικνυόμενα κόστη συνδέσεων να χρησιμοποιήστε τον αλγόριθμο shortest-path του Dijkstra για να υπολογίσετε i. την συντομότερη διαδρομή από τον κόμβο x προς όλους τους δικτυακούς κόμβους. ii. την συντομότερη διαδρομή από τον κόμβο y προς όλους τους δικτυακούς κόμβους. Να δείξτε πως εκτελείται ο αλγόριθμος παρουσιάζοντας αναλυτικά τα βήματά του.



Άσκηση 2

Λύση

Αρχικοποίηση:

$Done = \{\quad\}$,

$D(x) = 0$

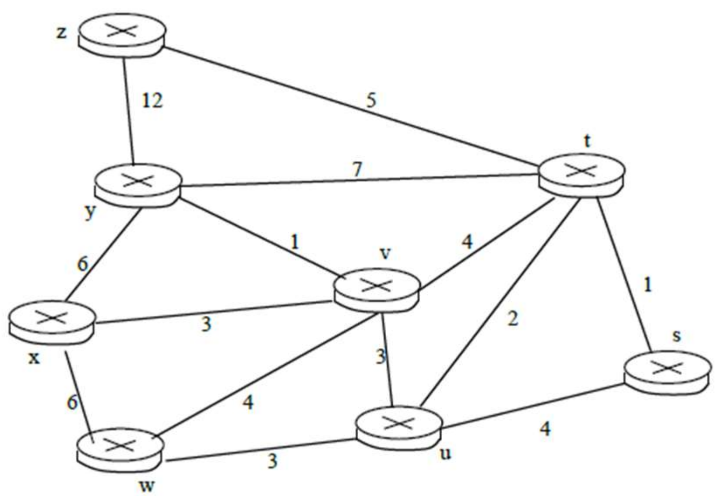
$D(i) = \infty$ για $i \neq x$

Βήμα 1

$$D(w) = \min\big(D(w), D(x) + L(x, w)\big) =$$
$$= \min(\infty, 6) = 6$$

Όμοια

$$D(v) = 3, D(y) = 6$$
$$P(u) = P(v) = P(y) = x$$
$$Done = \{x\}$$

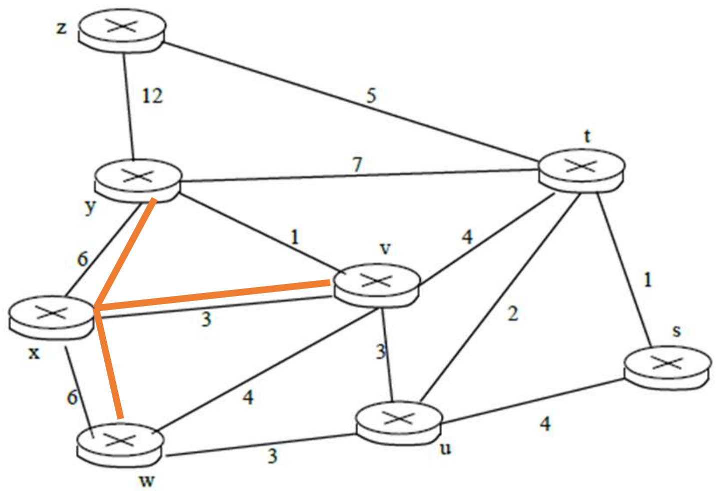


Βήμα 2
Επιλέγουμε τον κόμβο v (γιατί;)

$$D(y) = \min\big(D(y), D(v) + L(v,y)\big) =$$
$$= \min(6,4) = 4$$
$$P(y) = v$$

Όμοια

$$D(w) = 6, D(t) = 7, D(u) = 6$$
$$P(u) = P(t) = v$$
$$Done = \{x, v\}$$

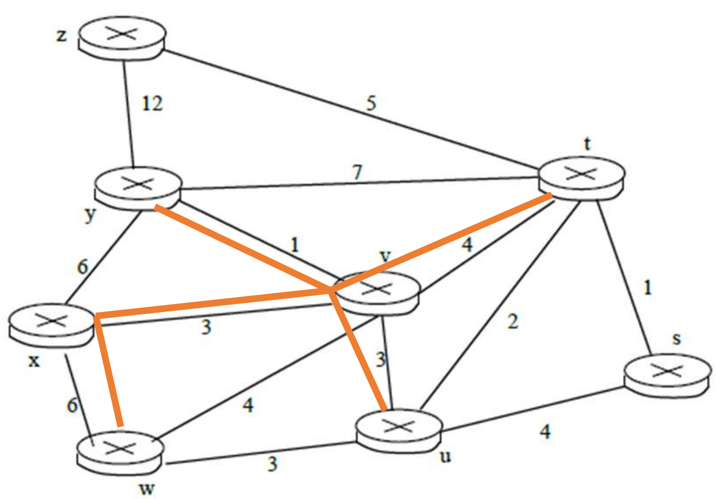


Βήμα 3
Επιλέγουμε τον κόμβο y

$$D(z) = \min\big(D(z), D(y) + L(y,z)\big) =$$
$$= \min(\infty, 16) = 16$$
$$P(z) = y$$

Όμοια

$$D(t) = 7,$$
$$Done = \{x, v, y\}$$

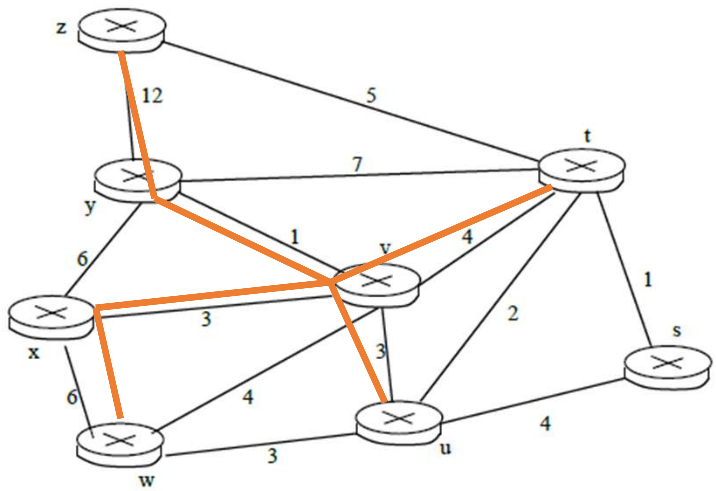


Βήμα 3
Επιλέγουμε τον κόμβο w

$$D(u) = \min\big(D(u), D(w) + L(w,u)\big) =$$
$$= \min(6,9) = 6$$
$$Done = \{x, v, y, w\}$$

Βήμα 4
Επιλέγουμε τον κόμβο u

$$D(t) = \min\big(D(t), D(u) + L(u,t)\big) =$$
$$= \min(7,8) = 7$$
$$D(s) = 10$$
$$P(s) = u$$
$$Done = \{x, v, y, w, u\}$$



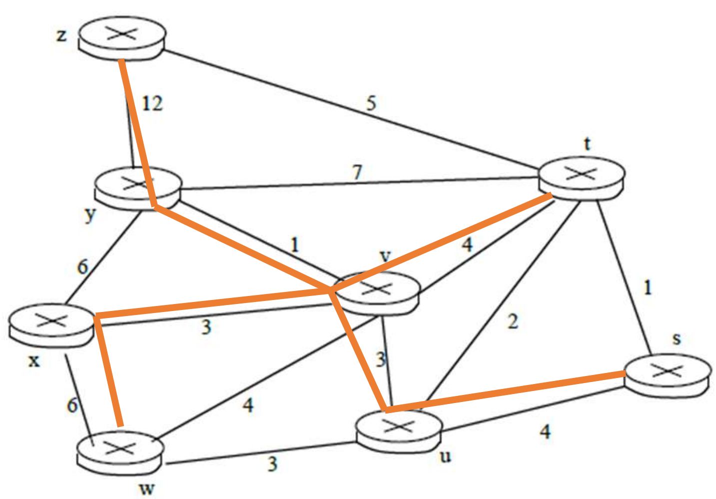
Βήμα 5
Επιλέγουμε τον κόμβο t

$$D(s) = \min\big(D(s), D(t) + L(t,s)\big) =$$
$$= \min(10,8) = 8$$
$$P(s) = t$$

Όμοια

$$D(z) = 12$$
$$P(z) = t$$

$$Done = \{x, v, y, w, u, t\}$$



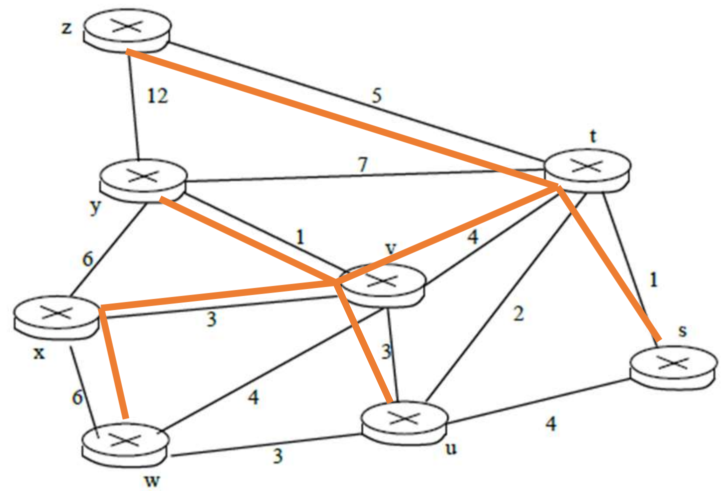
Βήμα 5
Επιλέγουμε τον κόμβο t

$$D(s) = \min\big(D(s), D(t) + L(t,s)\big) = $$
$$= \min(10{,}8) = 8$$
$$P(s) = t$$

Όμοια

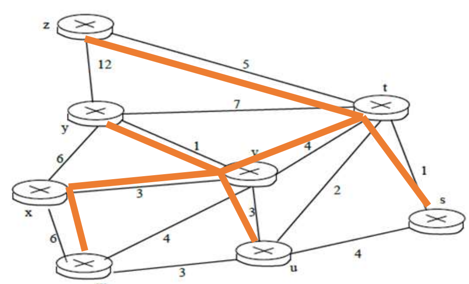
$$D(z) = 12$$
$$P(z) = t$$

$$Done = \{x, v, y, w, u, t\}$$



Βήμα 6
Επιλέγουμε τον κόμβο s
Δεν αλλάζει κάτι

Βήμα 7
Επιλέγουμε τον κόμβο z
Δεν αλλάζει κάτι.



Step	N’	D(s),p(s)	D(t),p(t)	D(u),p(u)	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	x	∞	∞	∞	**3,x**	6,x	6,x	∞
1	xv	∞	7,v	6,v	3,x	6,x	**4,v**	∞
2	xvy	∞	7,v	**6,v**	3,x	6,x	4,v	16,y
3	xvyu	10,u	7,v	6,v	3,x	**6,x**	4,v	16,y
4	xvyuw	10,u	7,v	6,v	3,x	6,x	4,v	16,y
5	xvyuwt	8,t	**7,v**	6,v	3,x	6,x	4,v	12,t
6	xvyuwts	**8,t**	7,v	6,v	3,x	6,x	4,v	12,t
7	xvyuwtsz	8,t	7,v	6,v	3,x	6,x	4,v	**12,t**

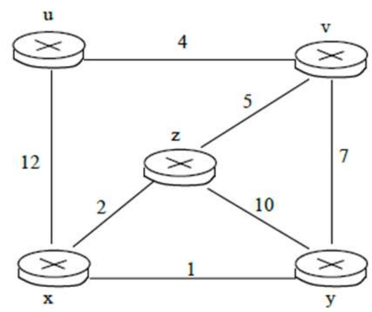
Άσκηση 3

Να θεωρήσετε το ακόλουθο δίκτυο και να υποθέστε ότι αρχικά κάθε κόμβος γνωρίζει τα κόστη των συνδέσμων προς καθένα από τους γείτονές του. Να υποθέσετε τη χρήση του αλγορίθμου **distance vector** και παρουσιάσετε τις εγγραφές του πίνακα αποστάσεων του κόμβου z.

U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
V	∞	∞	∞	∞	∞
X	∞	∞	∞	∞	∞

V	U	V	X	Y	Z
U	∞	∞	∞	∞	∞
V	4	0	∞	7	5
Y	∞	∞	∞	∞	∞
Z	∞	∞	∞	∞	∞

X	U	V	X	Y	Z
U	∞	∞	∞	∞	∞
X	12	∞	0	1	2
Y	∞	∞	∞	∞	∞
Z	∞	∞	∞	∞	∞



Y	U	V	X	Y	Z
V	∞	∞	∞	∞	∞
X	∞	∞	∞	∞	∞
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	∞	∞	∞	∞

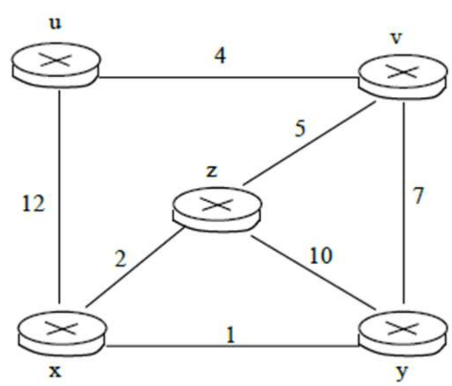
Z	U	V	X	Y	Z
V	∞	∞	∞	∞	∞
X	∞	∞	∞	∞	∞
Y	∞	∞	∞	∞	∞
Z	∞	5	2	10	0

Οι πίνακες περιέχουν τον κόμβο και τους γείτονές του στις γραμμές και όλους τους κόμβους του δικτύου στις στήλες.

Βήμα 1

U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2

U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	$11V$	$9V$
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2



V	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
V	4	0	∞	7	5
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	5	2	10	0

V	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
V	4	0	$7Z$	7	5
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	5	2	10	0

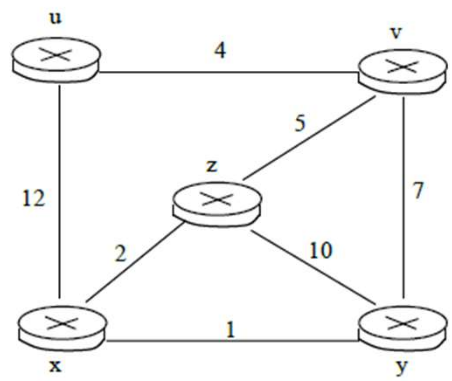
Βήμα 1

X	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
X	12	∞	0	1	2
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	5	2	10	0

X	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	∞	∞
X	12	7Z	0	1	2
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	5	2	10	0

Y	U	V	X	Y	Z
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2
Y	∞	7	1	0	10
Z	∞	5	2	10	0

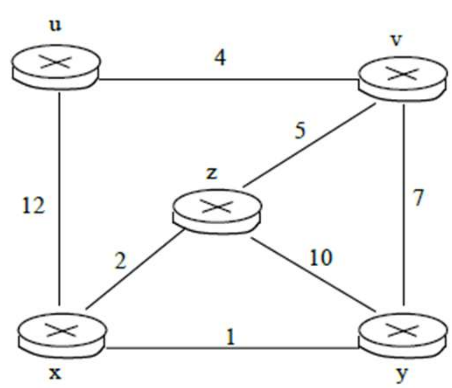
Y	U	V	X	Y	Z
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2
Y	11V	7	1	0	3X
Z	∞	5	2	10	0



Βήμα 1

Z	U	V	X	Y	Z
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2
Y	∞	7	1	0	10
Z	9	5	2	10	0

Z	U	V	X	Y	Z
V	4	0	∞	7	5
X	12	∞	0	1	2
Y	∞	7	1	0	10
Z	9V	5	2	3X	0

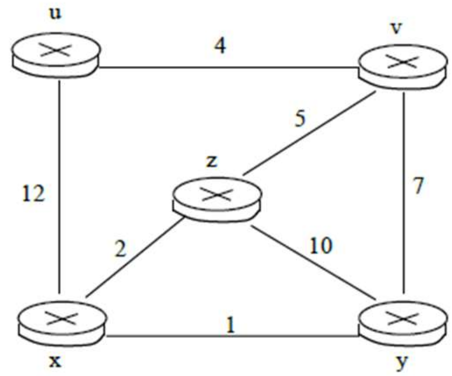


Βήμα 2

U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	11V	9V
V	4	0	7	7	5
X	12	7	0	1	2

U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	11V	11V	9V
V	4	0	7	7	5
X	12	7	0	1	2

V	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	11	9
V	4	0	7Z	7	5
Y	11	7	1	0	3
Z	9	5	2	3	0



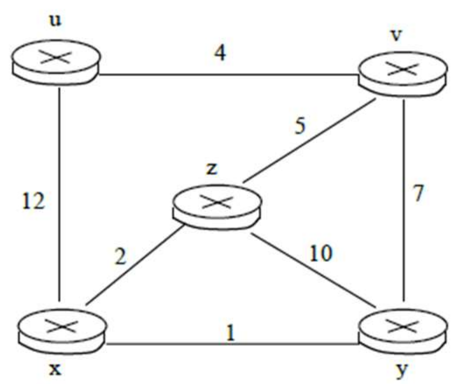
Βήμα 2

X	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	11V	9
X	12	7Z	0	1	2
Y	11	7	1	0	3
Z	9	5	2	3	0

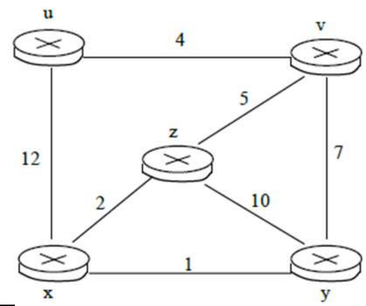
X	U	V	X	Y	Z
U	0	4	12	11V	9
X	11Z	7Z	0	1	2
Y	11	7	1	0	3
Z	9	5	2	3	0

Y	U	V	X	Y	Z
V	4	0	7	7	5
X	12	7	0	1	2
Y	11V	7	1	0	3X
Z	9	5	2	3	0

Z	U	V	X	Y	Z
V	4	0	7	7	5
X	12	7	0	1	2
Y	11	7	1	0	3
Z	9V	5	2	3X	0



Βήμα 3



U	U	V	X	Y	Z
U	0	4	$11V$	$11V$	$9V$
V	4	0	7	7	5
X	11	7	0	1	2

V	U	V	X	Y	Z
U	0	4	11	11	9
V	4	0	$7Z$	7	5
Y	11	7	1	0	3
Z	9	5	2	3	0

X	U	V	X	Y	Z
U	0	4	11	11	9
X	$11Z$	$7Z$	0	1	2
Y	11	7	1	0	3
Z	9	5	2	3	0

Y	U	V	X	Y	Z
V	4	0	7	7	5
X	11	7	0	1	2
Y	$11V$	7	1	0	3X
Z	9	5	2	3	0

Z	U	V	X	Y	Z
V	4	0	7	7	5
X	11	7	0	1	2
Y	11	7	1	0	3
Z	$9V$	5	2	3X	0

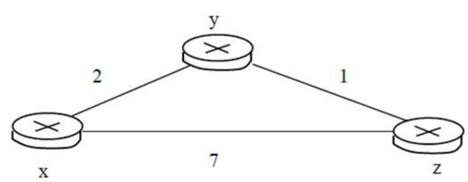
Άσκηση 4
Να θεωρήσετε την τοπολογία τριών κόμβων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Να υποθέσετε τη χρήση του αλγορίθμου distance vector και να υπολογίσετε τους πίνακες απόστασης μετά το βήμα αρχικοποίησης και μετά από κάθε επανάληψη μιας σύγχρονης εκτέλεσης του αλγορίθμου διανυσμάτων απόστασης.

Αρχικά

X	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	∞	∞	∞
Z	∞	∞	∞

Y	X	Y	Z
X	∞	∞	∞
Y	2	0	1
Z	∞	∞	∞

Z	X	Y	Z
X	∞	∞	∞
Y	∞	∞	∞
Z	7	1	0



B1 Αρχικά

X	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	∞	∞	∞
Z	∞	∞	∞

Y	X	Y	Z
X	∞	∞	∞
Y	2	0	1
Z	∞	∞	∞

Z	X	Y	Z
X	∞	∞	∞
Y	∞	∞	∞
Z	7	1	0

Βήμα 2 Αποστολή

X	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	2	0	1
Z	7	1	0

Y	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	2	0	1
Z	7	1	0

Z	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	2	0	1
Z	7	1	0

Βήμα 2 Ενημέρωση

X	X	Y	Z
X	0	2	3Y
Y	2	0	1
Z	7	1	0

Y	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	2	0	1
Z	7	1	0

Z	X	Y	Z
X	0	2	7
Y	2	0	1
Z	3Y	1	0

Βήμα 3 Αποστολή

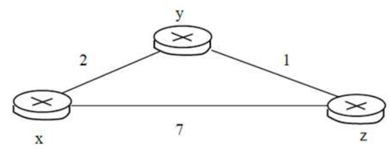
X	X	Y	Z
X	0	2	3Y
Y	2	0	1
Z	3	1	0

Y	X	Y	Z
X	0	2	3
Y	2	0	1
Z	3	1	0

Z	X	Y	Z
X	0	2	3
Y	2	0	1
Z	3	1	0

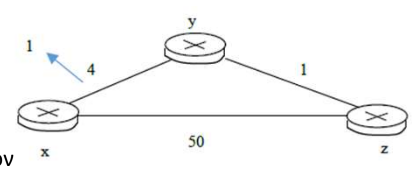
Βήμα 3 Ενημέρωση

Παραμένουν ως έχουν οπότε ο αλγόριθμος τερματίζεται.



Άσκηση 5

Να θεωρήσετε την τοπολογία τριών κόμβων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου το κόστος ζεύξης **από τον y προς τον x** (**προς αυτή την κατεύθυνση μόνο**) α) αλλάζει από 4 σε 1 και β) αλλάζει από 4 σε 60. Να υπολογίστε τις αποστάσεις προς τον κόμβο x μετά το βήμα αρχικοποίησης και μετά από κάθε επανάληψη μιας σύγχρονης έκδοσης του αλγορίθμου διανύσματος στις δύο περιπτώσεις.



α) Μείωση κόστους $y \to x$ από 4 σε 1

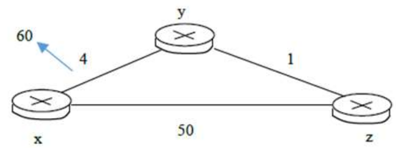
Σε χρόνο t_0 , ο y ανιχνεύει την αλλαγή του κόστους ζεύξης, τροποποιεί το κόστος διαδρομής ελαχίστους κόστους του προς τον x σε $D_y(x) = 1$ και πληροφορεί τους γείτονες του για αυτή την αλλαγή, εφόσον έχει αλλάξει.

Σε χρόνο t_1, ο z δέχεται την ενημέρωση από τον y και μετά ενημερώνει τον πίνακα του. Υπολογίζει τη νέα ελάχιστη απόσταση προς τον x (που έχει πλέον μειωθεί από 5 σε 2) και στέλνει το νέο διάνυσμα απόστασης στους γείτονες του με $D_z(x) = 2$. Επίσης ο x δέχεται την ίδια ενημέρωση από τον y, η οποία όμως δεν επηρεάζει τις εκτιμήσεις ελαχίστων αποστάσεων του προς τους άλλους κόμβους.

Στη συνέχεια, σε χρόνο t_2, ο y δέχεται την ενημέρωση του z και ενημερώνει τον πίνακα αποστάσεών του. Όμως, οι εκτιμήσεις ελαχίστων αποστάσεων του y δεν αλλάζουν και έτσι ο y δεν στέλνει κανένα μήνυμα στους γείτονες του. Επίσης ο x δέχεται την ίδια ενημέρωση από τον z, η οποία όμως δεν επηρεάζει τις εκτιμήσεις ελαχίστων αποστάσεων του προς τους άλλους κόμβους.
Ο αλγόριθμος τερματίζει, έως ότου προκύψει κάποια νέα αλλαγή στο κόστος ενός από τους συνδέσμους.

Άσκηση 5

Να θεωρήσετε την τοπολογία τριών κόμβων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου το κόστος ζεύξης **από τον y προς τον x** (**προς αυτή την κατεύθυνση μόνο**) α) αλλάζει από 4 σε 1 και β) αλλάζει από 4 σε 60. Να υπολογίστε τις αποστάσεις προς τον κόμβο x μετά το βήμα αρχικοποίησης και μετά από κάθε επανάληψη μιας σύγχρονης έκδοσης του αλγορίθμου διανύσματος στις δύο περιπτώσεις.



β) Αύξηση κόστους $\boldsymbol{y} \rightarrow \boldsymbol{x}$ από 4 σε 60
Πριν αλλάξει το κόστος ζεύξης έχουμε
$D_y(x) = D_x(y) = 4, D_y(z) = D_z(y) = 1, D_z(x) = D_x(z) = 5$ μέσω του y.

Σε χρόνο t_0, ο y ανιχνεύει την αλλαγή του κόστους ζεύξης, υπολογίζει τη νέα διαδρομή του ελαχίστου κόστους προς τον x,

$$D_y(x) = \min\{c(y,x), c(y,z) + D_z(x)\} = \min\{60, 1+5\} = 6$$

Ο y στέλνει στους x και z τις το νέο διάνυσμα αποστάσεων $\vec{y} = (6,0,1)$
Σε χρόνο t_1, οι κόμβοι x και z λαμβάνουν το διάνυσμα των αποστάσεων του y. Το διάνυσμα αποστάσεων του κόμβου x παραμένει $\vec{x} = (0,4,5)$ ενώ του z γίνεται $\vec{z} = (7,1,0)$.
Σε χρόνο t_2, οι κόμβοι θα λάβουν το ενημερωμένο διανύσματα απόστασης του κόμβου z οπότε ο κόμβος y θα ενημερώσει το διάνυσμα απόστασής του $\vec{y} = (8,0,1)$.
Σε χρόνο t_3, y στέλνει στους x και z τις το νέο διάνυσμα αποστάσεων οπότε ενημερώνεται το διάνυσμα του z σε $\vec{z} = (9,1,0)$. Αυτό θα συνεχιστεί μέχρι το σημείο που το διάνυσμα του y γίνει $\vec{y} = (50,0,1)$ οπότε ο z θα ενημερώσει το δικό του διάνυσμα από $\vec{z} = (49,1,0)$ σε $\vec{z} = (50,1,0)$ και τέλος ο y θα καταλήξει με το διάνυσμα $\vec{y} = (51,0,1)$. Θα χρειαστούν λοιπόν 46 γύροι ενημερώσεων.

Άσκηση 6

Δώστε έναν απλό εμπειρικό κανόνα για την εύρεση δύο διαδρομών μέσω ενός δικτύου από μια συγκεκριμένη προέλευση προς έναν συγκεκριμένο προορισμό οι οποίες να μην έχουν κοινές γραμμές.

Απάντηση:

Αρχικά βρίσκουμε μια ελάχιστη διαδρομή από την προέλευση στον προορισμό πχ χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Dijkstra. Έπειτα διαγράφουμε κάθε γραμμή αυτής της διαδρομής και ξανατρέχουμε τον αλγόριθμο.