



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

2^η Σειρά Εκπαίδευσης

4^ο σεμινάριο

11 Νοεμβρίου 2014



OpenStreetMap

- Το OpenStreetMap (OSM) αποτελεί ένα συνεργατικό έργο για τη δημιουργία ενός ελεύθερου και επεξεργάσιμου χάρτη του κόσμου.
- Υποστηρίζεται από το OpenStreetMap Foundation το οποίο είναι μη κερδοσκοπικός οργανισμός
- Έμπνευση για το έργο αποτέλεσε η Wikipedia.
- Βασικοί λόγοι για την ανάπτυξη του:
 - Οι ισχύοντες περιορισμοί σχετικά με τη χρήση ή τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών χάρτη σε πολλά μέρη του κόσμου και
 - Η εισαγωγή των φθηνών συσκευών δορυφορικής πλοήγησης
- Πηγές δεδομένων του OSM αποτελούν
 - δεδομένα μέσω συσκευών GPS,
 - αεροφωτογραφίες
 - άλλες ελεύθερες πηγές
- Τα OSM δεδομένα διατίθενται με την ανοιχτή άδεια “Open Database License”



OpenStreetMap

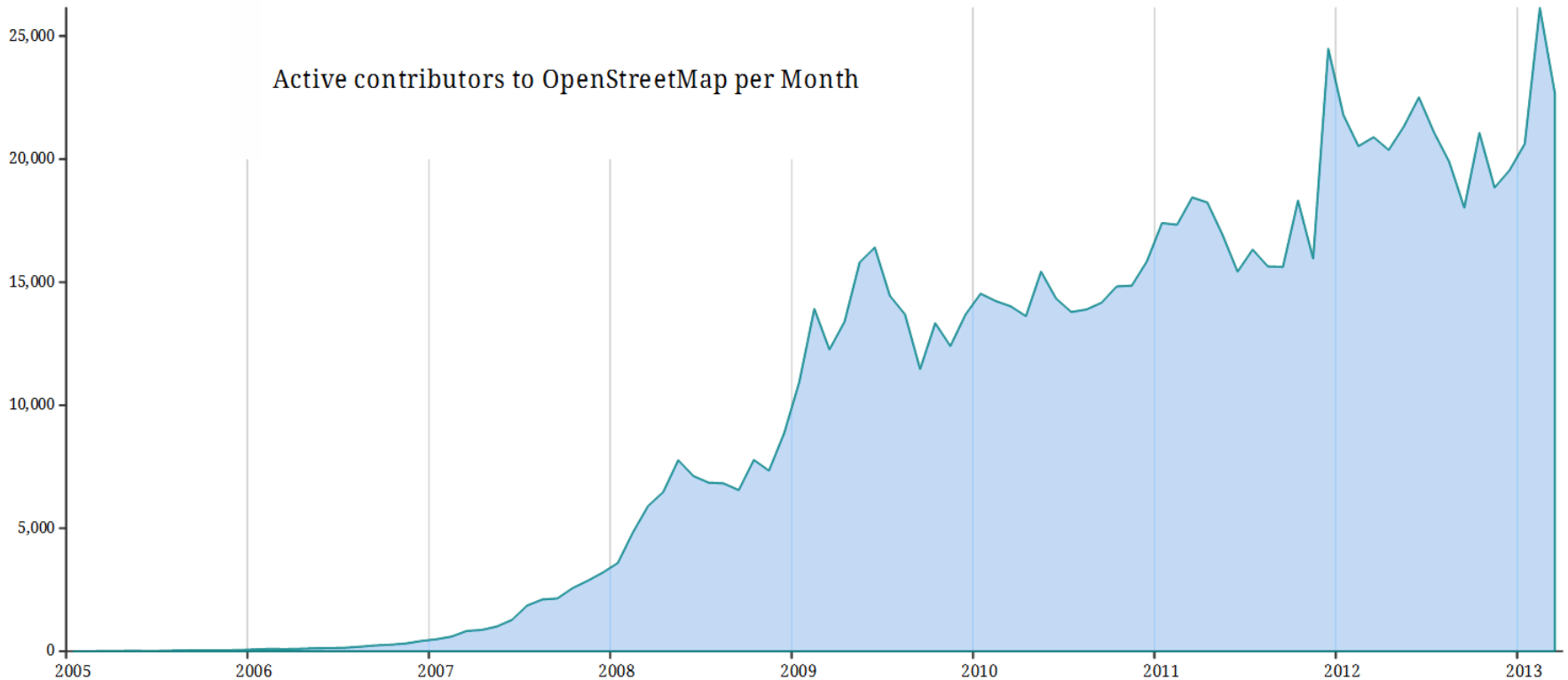
Τρέχοντα μεγέθη

	<i>11/11/2014</i>	<i>(20/6/2014)</i>
Αριθμός χρηστών	1.857.896	(1.673.271)
Αριθμός ανεβασμένων σημείων GPS	4.391.307.816	(4.049.635.358)
Αριθμός κόμβων	2.602.728.997	(2.400.668.561)
Αριθμός γραμμικών τμημάτων	259.860.229	(239.744.612)
Αριθμός σχέσεων	2.915.526	(2.640.707)



OpenStreetMap

Μοναδικοί συνεισφέροντες ανά μήνα



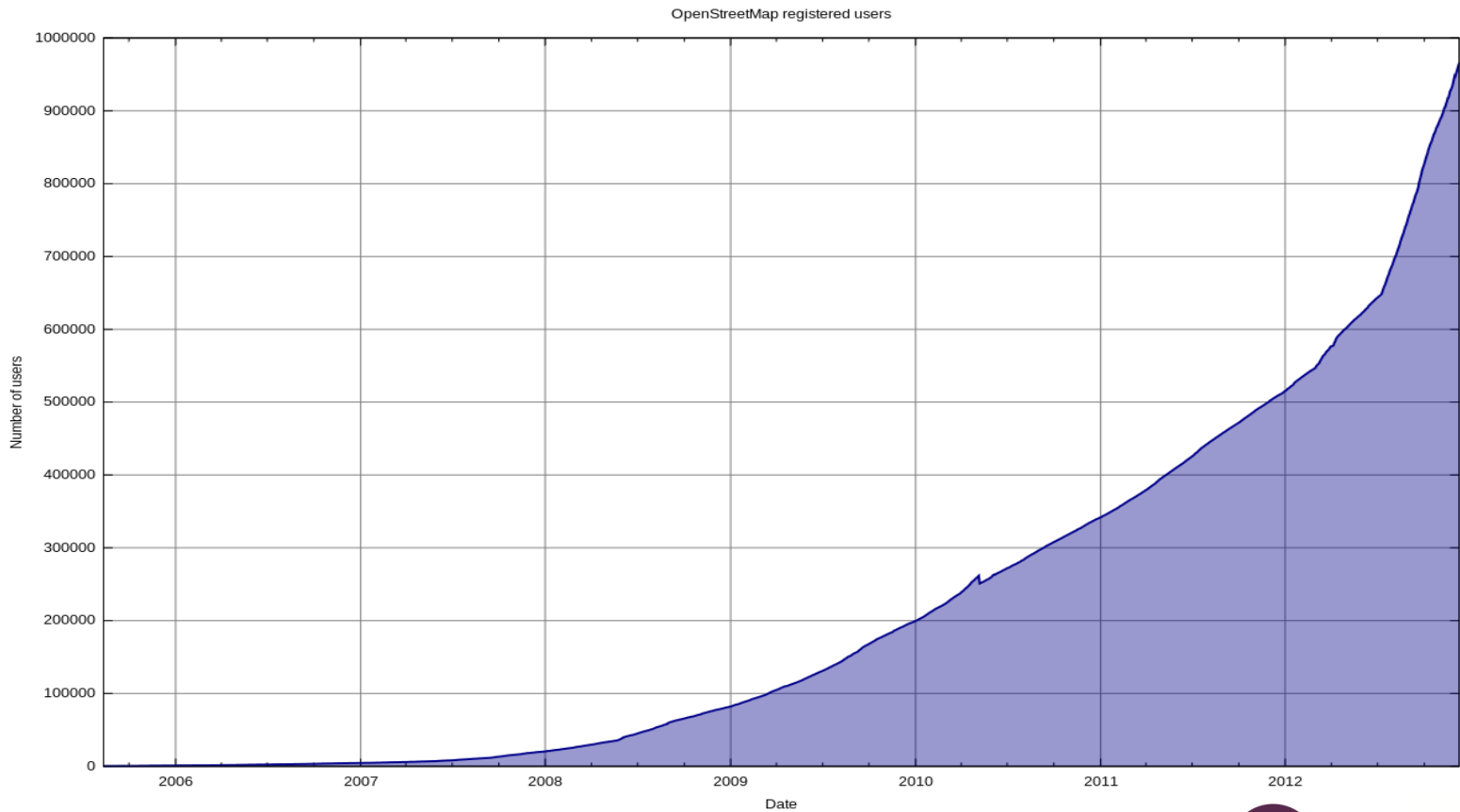
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΕΩΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

OpenStreetMap

Εγγεγραμμένοι χρήστες

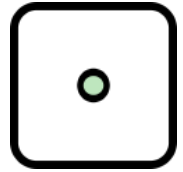


OSM σχήμα δεδομένων

- Το OpenStreetMap χρησιμοποιεί τοπολογική δομή δεδομένων του που βασίζεται σε τρία βασικά στοιχεία:
- **Κόμβοι (Nodes)**
- **Ευθύγραμμα τμήματα (Ways)**
- **Σχέσεις (Relations)**
- Κάθε ένα από τα παραπάνω είδη στοιχείων μπορεί να περιγραφεί από μια σειρά από ετικέτες (tags) κλειδιού-τιμής (key-value). Οι ετικέτες αποθηκεύουν περιγραφικές πληροφορίες για τα αντικείμενα χάρτη.



OSM κόμβοι



- Ένας κόμβος αποτελείται από ένα μόνο σημείο στο χώρο.
- Ορίζεται από το αναγνωριστικό του (id) αλλά και από τις συντεταγμένες του (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος). Σύστημα αναφοράς είναι το WGS 84
- Μπορεί σε ένα σημείο να οριστεί και η τρίτη διάσταση (ύψος) χρησιμοποιώντας την ετικέτα “Key:ele”.
- Ένα σημείο μπορεί να αποδοθεί και σε διαφορετικά επίπεδα με την ετικέτα “Key:level. Π.χ.:
 - level=0 ισόγειο
 - level=1 πρώτος όροφος
 - level=-1 υπόγειο
- Μπορεί να αναπαριστούν αυθύπαρκτα σημειακά δεδομένα (π.χ. φανάρια κυκλοφορίας, POIs, κορυφές βουνών)
- Μπορεί να αποτελούν μέρη ενός ευθύγραμμου τμήματος.



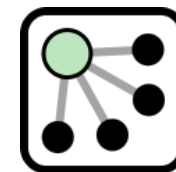
OSM ευθύγραμμο τμήματα



- Ένα ευθύγραμμο τμήμα είναι μια διατεταγμένη αλληλουχία κόμβων (2-2000).
- Έχει μια τουλάχιστον ετικέτα ή συμπεριλαμβάνεται σε μια σχέση.
- Ένα ευθύγραμμο τμήμα μπορεί να είναι ανοικτό ή κλειστό. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να ερμηνευτεί:
 - σαν κλειστή γραμμή 
 - σαν πολύγωνο 



OSM σχέση



Μια σχέση αποτελείται από μια ή περισσότερες ετικέτες και μια διατεταγμένη λίστα από έναν ή περισσότερους κόμβους και/ή ευθύγραμμα τμήματα τα οποία ορίζουν λογικές και γεωγραφικές σχέσεις μεταξύ στοιχείων.

Ένα μέλος μιας σχέσης μπορεί να έχει προαιρετικά και έναν ρόλο που υποδηλώνει το ρόλο του μέσα στη σχέση.

Βασικοί τύποι σχέσης:

- **Relation:route:** Περιγράφει αριθμημένους αυτοκινητόδρομους (π.χ. E26, A1, M6 κλπ) πεζοπορικά μονοπάτια, ποδηλατοδρόμους, λεωφορειόδρομους κλπ.
- **Relation:multipolygon:** Περιγράφει ευρύτερες περιοχές όπως όχθες ποταμού και διοικητικά όρια.
- **Relation:boundary:** Περιγράφει αποκλειστικά διοικητικά όρια
- **Relation:restriction:** Περιγράφει περιορισμούς όπως «απαγόρευση στροφής αριστερά», «απαγόρευση U-στροφής κλπ.»



Ετικέτες του OSM

Κατηγορίες:

- Aerialway
- Aeroway
- Amenities (Sustenance, Education, Transportation, Financial, Healthcare, Entertainment, Arts & Culture, Others)
- Barrier
- Boundary
- Building
- Craft
- Emergency
- Geological
- Highway (Roads, Paths, Lifecycle, Attributes, Other features)
- Historic
- Landuse



Ετικέτες του OSM

Κατηγορίες:

- Landuse
- Leisure
- Man Made
- Military
- Natural
- Office
- Places
- Power
- Public Transport
- Railway
- Route



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΤΙΚΕΤΕΣ ΤΟΥ OSM

Κατηγορίες:

- Shop (Food, beverages, General store, department store, mall, Clothing, shoes, accessories, Discount store, charity, Health and beauty, Do-it-yourself, household, building materials, gardening, Furniture and interior, Electronics, Outdoors and sport, vehicles, Art, music, hobbies, Stationery, gifts, books, newspapers)
- Sport
- Tourism
- Waterway



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

XML σχήμα

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="CGImap 0.0.2">
<bounds minlat="54.0889580" minlon="12.2487570" maxlat="54.0913900" maxlon="12.2524800"/>
<node id="298884269" lat="54.0901746" lon="12.2482632" user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
<node id="261728686" lat="54.0906309" lon="12.2441924" user="PikoWinter" uid="36744" visible="true" version="1" changeset="323878" timestamp="2008-05-03T13:39:23Z"/>
<node id="1831881213" version="1" changeset="12370172" lat="54.0900666" lon="12.2539381" user="lafkor" uid="75625" visible="true" timestamp="2012-07-20T09:43:19Z">
  <tag k="name" v="Neu Broderstorf"/>
  <tag k="traffic_sign" v="city_limit"/>
</node>
...
<node id="298884272" lat="54.0901447" lon="12.2516513" user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
<way id="26659127" user="Masch" uid="55988" visible="true" version="5" changeset="4142606" timestamp="2010-03-16T11:47:08Z">
  <nd ref="292403538"/>
  <nd ref="298884289"/>
  ...
  <nd ref="261728686"/>
  <tag k="highway" v="unclassified"/>
  <tag k="name" v="Pastower Straße"/>
</way>
<relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true" version="28" changeset="6947637" timestamp="2011-01-12T14:23:49Z">
  <member type="node" ref="294942404" role=""/>
  ...
  <member type="node" ref="364933006" role=""/>
  <member type="way" ref="4579143" role=""/>
  ...
  <member type="node" ref="249673494" role=""/>
  <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
  <tag k="network" v="VWV"/>
  <tag k="operator" v="Regionalverkehr Küste"/>
  <tag k="ref" v="123"/>
  <tag k="route" v="bus"/>
  <tag k="type" v="route"/>
</relation>
...
</osm>
```



Εργαλεία ψηφιοποίησης

- **JOSM:** “Java OpenStreetMap Editor”
 - Desktop εφαρμογή
 - Διαθέτει μια σειρά από plugins και θεωρείται σταθερή εφαρμογή που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι έμπειροι χρήστες.
- **iD:**
 - Διαδικτυακή εφαρμογή γραμμένη σε JavaScript
 - Τρέχει από browser (π.χ. από τον χάρτη του OSM επιλέγοντας “edit”) και έχει σχεδιαστεί να είναι απλή και φιλική.
- **Potlatch 2 (P2):**
 - Αποτελούσε πριν το iD τη βασική διαδικτυακή εφαρμογή τροποποίησης των OSM χαρτών.
 - Διαδικτυακή εφαρμογή που βασίζεται στο Adobe Flash
 - Δεν υποστηρίζει κάποιους browsers



Δρομολόγηση

Η δρομολόγηση (routing) είναι η διαδικασία εύρεσης των «καλύτερων» μονοπατιών σε δίκτυα μεταξύ σημείων αφετηρίας και σημείων προορισμού.

Χρησιμοποιείται τόσο σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα (τηλεφωνικά, δεδομένων) όσο και σε δίκτυα μεταφορών.



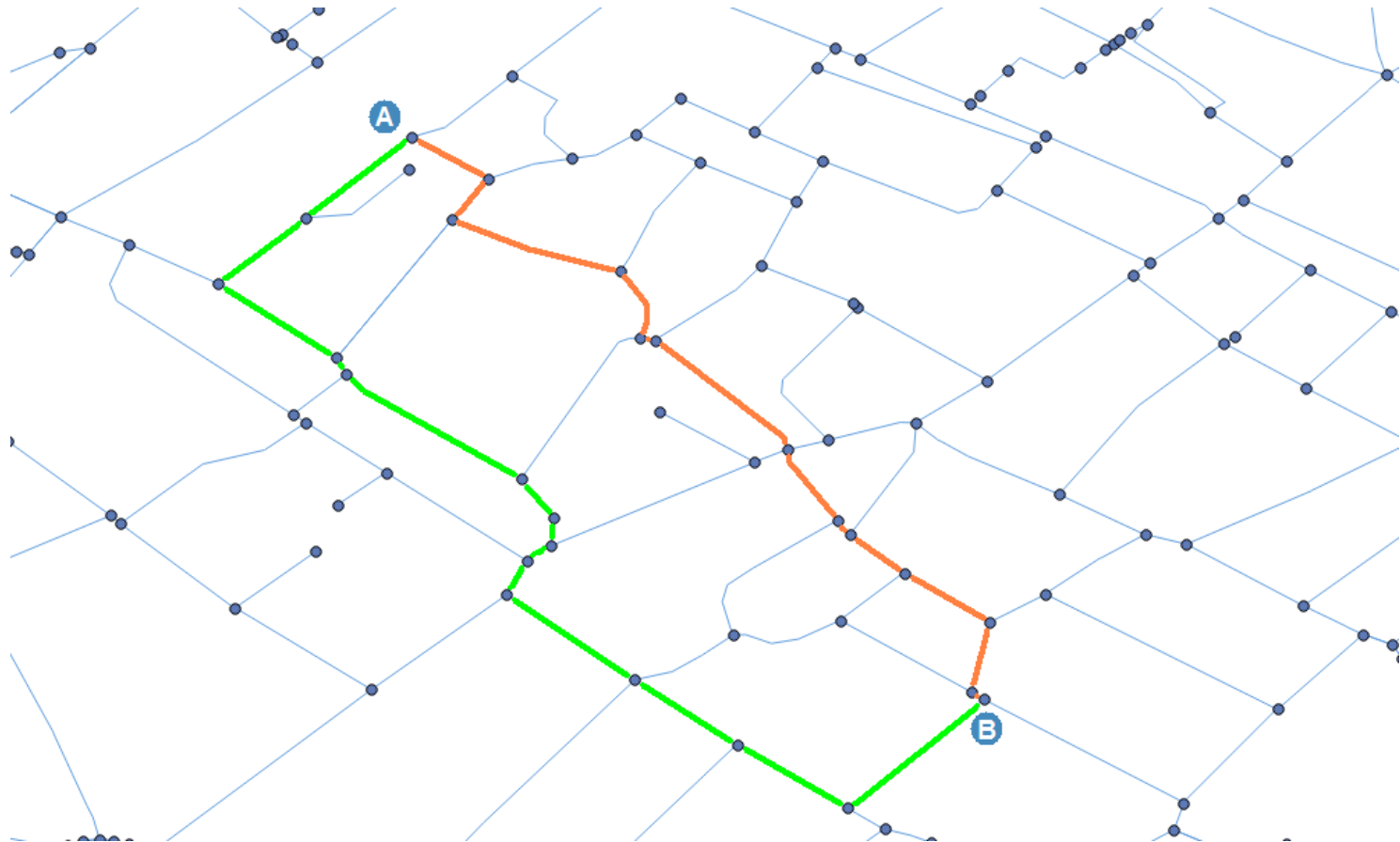
Δρομολόγηση

Η δρομολόγηση εκτελείται πάνω σε ένα δίκτυο (π.χ. οδικό) που αποτελείται από:

- **κόμβους** (π.χ. σημεία διασταύρωσης δρόμων) και
- **ακμές** (π.χ. μεμονωμένα τμήματα του οδικού δικτύου όπου τα άκρα τους είναι κόμβοι όπου δεν υπάρχει η επιλογή αλλαγής κατεύθυνσης μεταξύ αυτών)



Δρομολόγηση



Αλγόριθμοι Δρομολόγησης

Για τη δρομολόγηση χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι δρομολόγησης όπως οι:

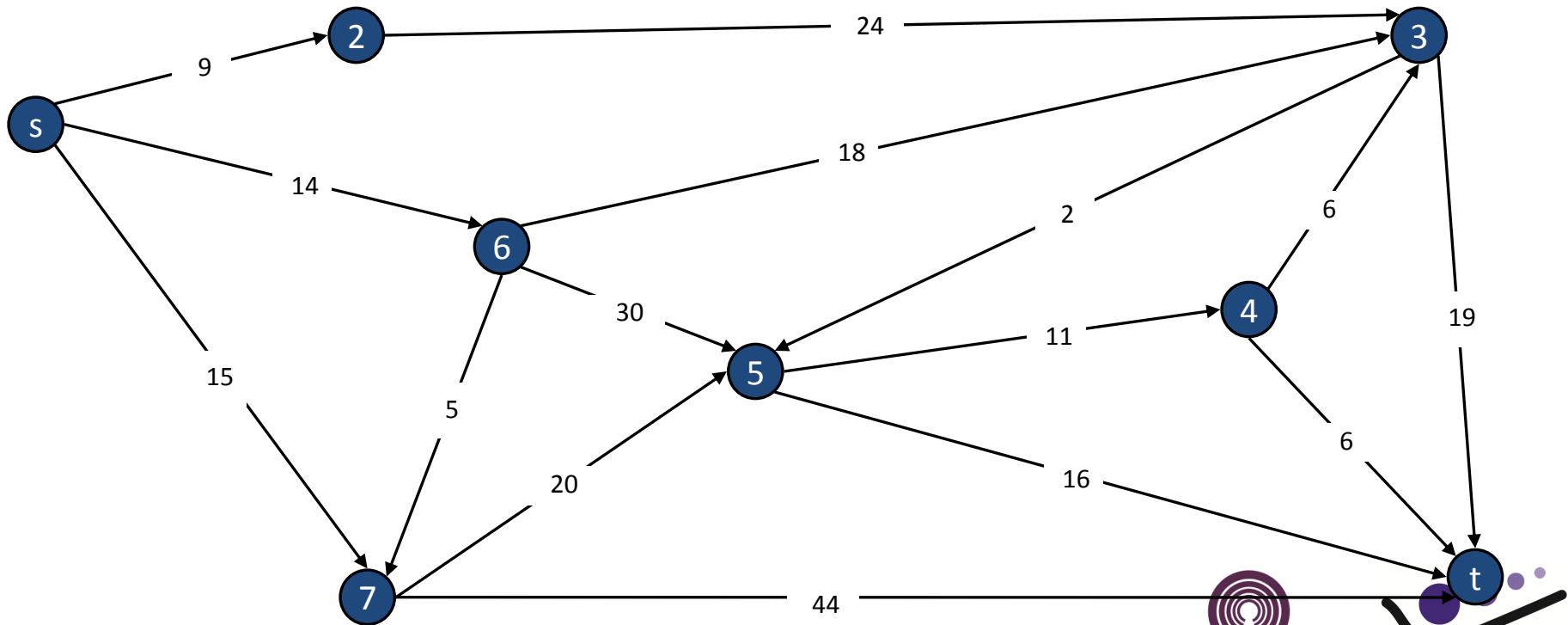
- Dijkstra
- Bellman-Ford
- Floyd-Warshall
- A-star
- Shooting Star

Οι αλγόριθμοι αυτοί θεωρούν ένα δίκτυο από κόμβους (ή από ακμές) στο οποίο κάποιος μπορεί να μεταβεί από τον έναν στον αλλά αρκεί να έχουν μια κοινή ακμή (ή κοινό κόμβο)

Στις αποφάσεις επιλογής μονοπατιού σημασία έχουν «**βάρη**» που αποδίδονται σε ακμές ή κόμβους. Τα βάρη αντιπροσωπεύουν το κόστος διάσχισης μιας πλευράς ή κόμβου. Στα δίκτυα μεταφορών βάρος μπορεί να αποτελεί π.χ. το μήκος μιας ακμής, ο χρόνος διάσχισης που απαιτείται, το χρηματικό αντίτιμο για τη διάσχισή της κλπ.



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

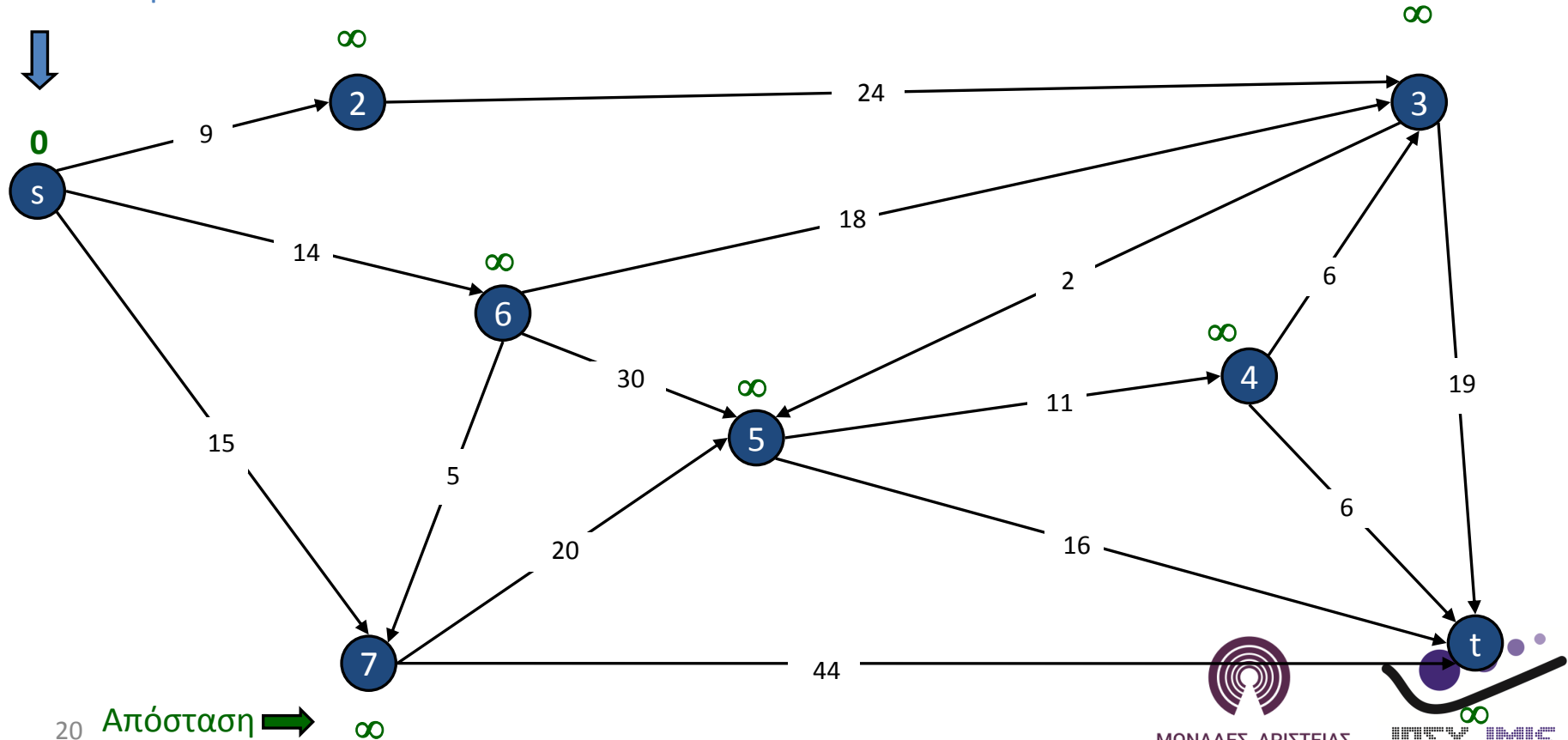


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{ \}$

$PQ = \{ s, 2, 3, 4, 5, 6, 7, t \}$

Ελάχιστη
απόσταση



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

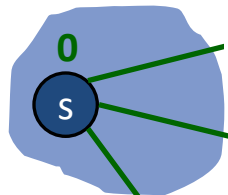
$S = \{s\}$

$PQ = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, t\}$

Ανανέωση απόστασης



~~∞~~ 9



9



24

∞



14



~~∞~~ 14

18

30

∞



2

11

∞



6

6

15



20

44

19

∞

t

21 Απόσταση → ~~∞~~ 15

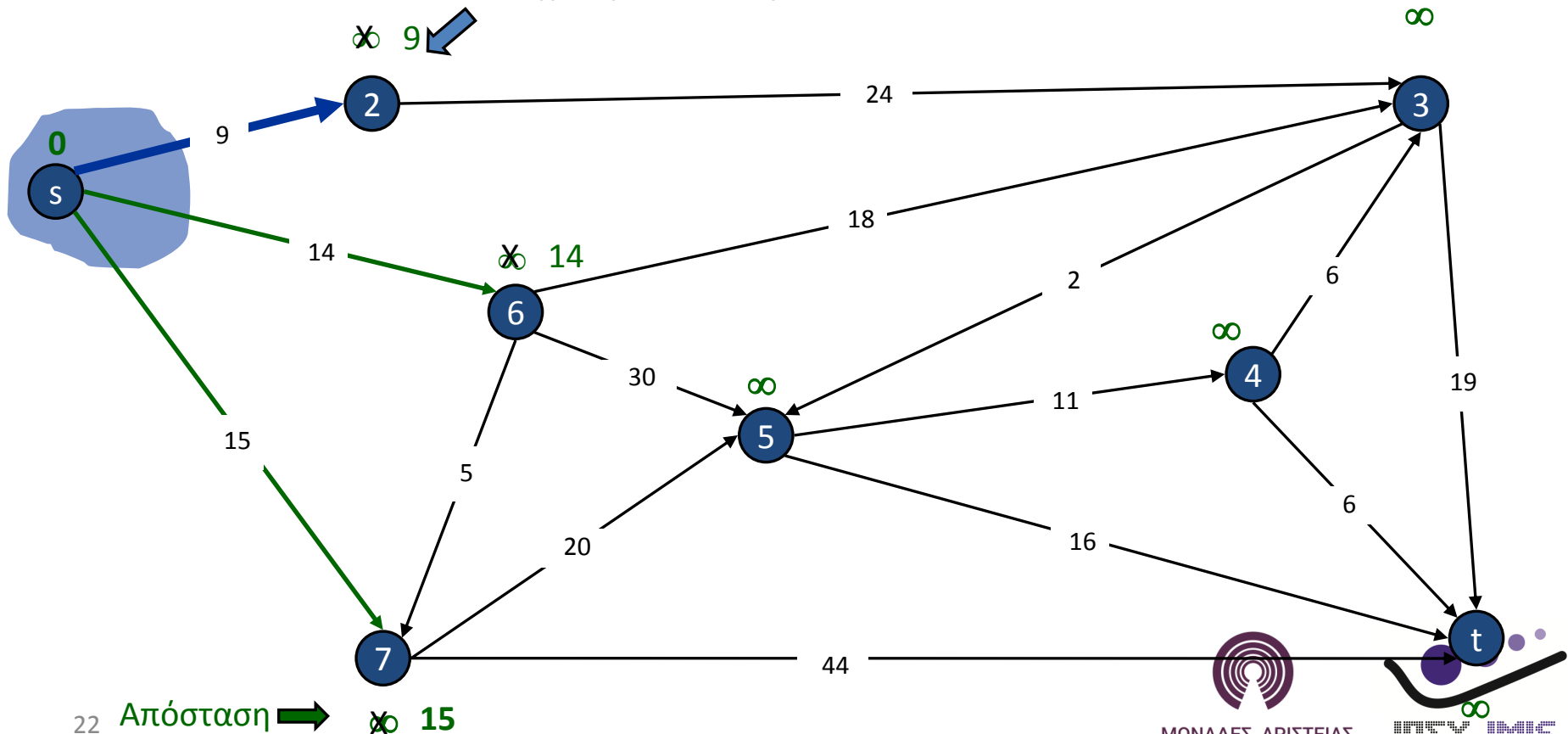


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{ \}$

$PQ = \{s, 2, 3, 4, 5, 6, 7, t\}$

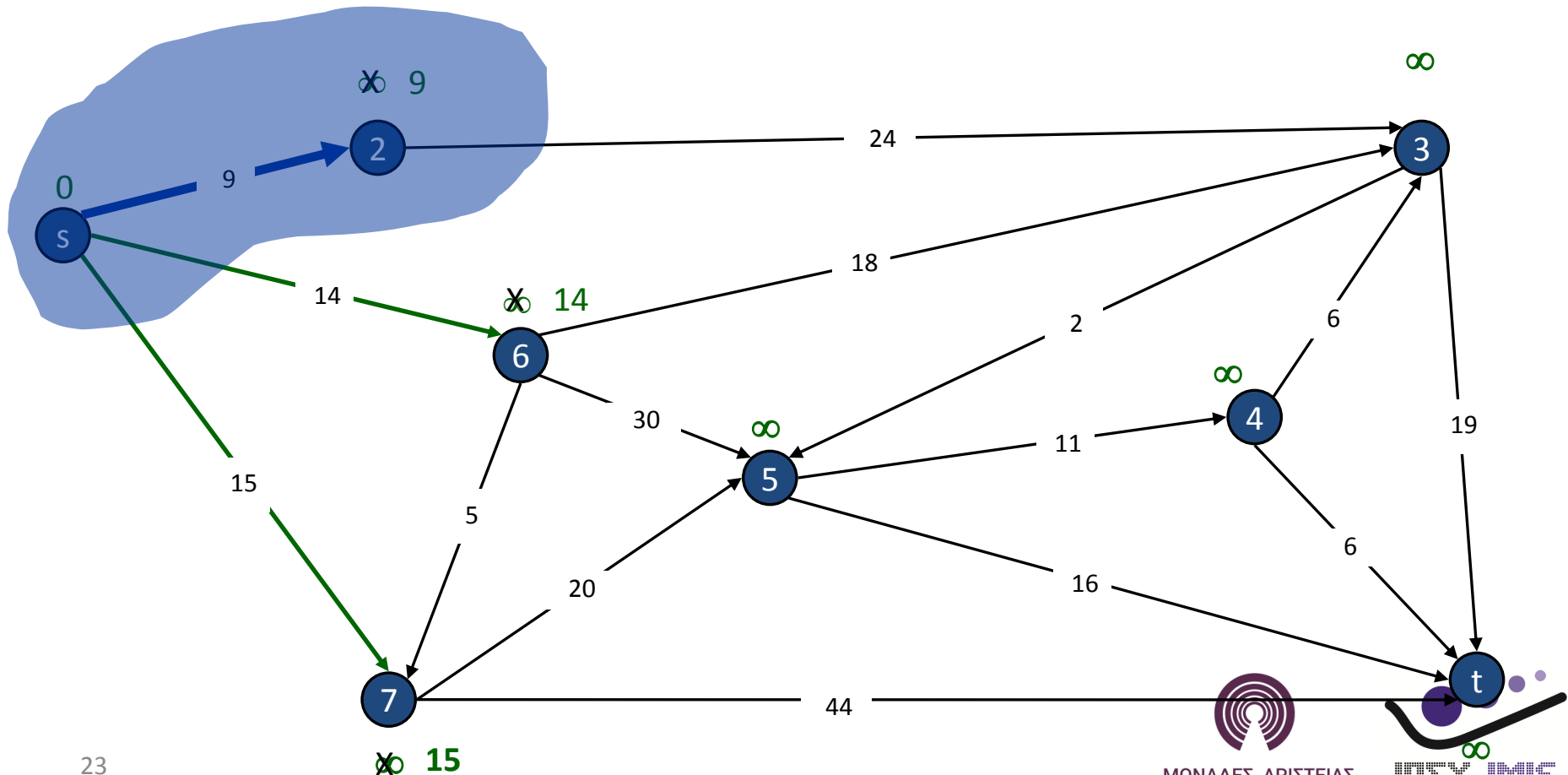
Ελάχιστη απόσταση



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$

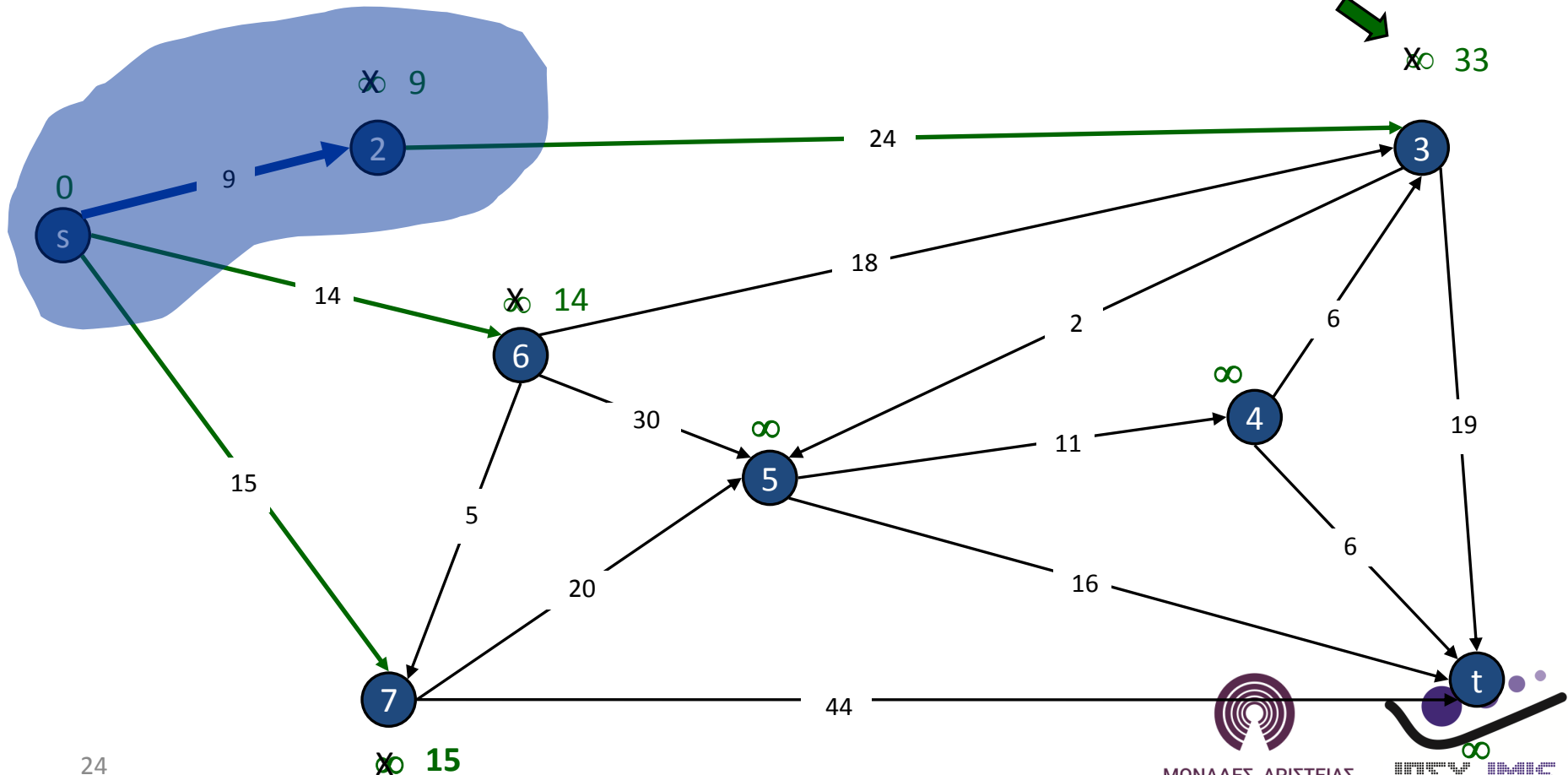


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$

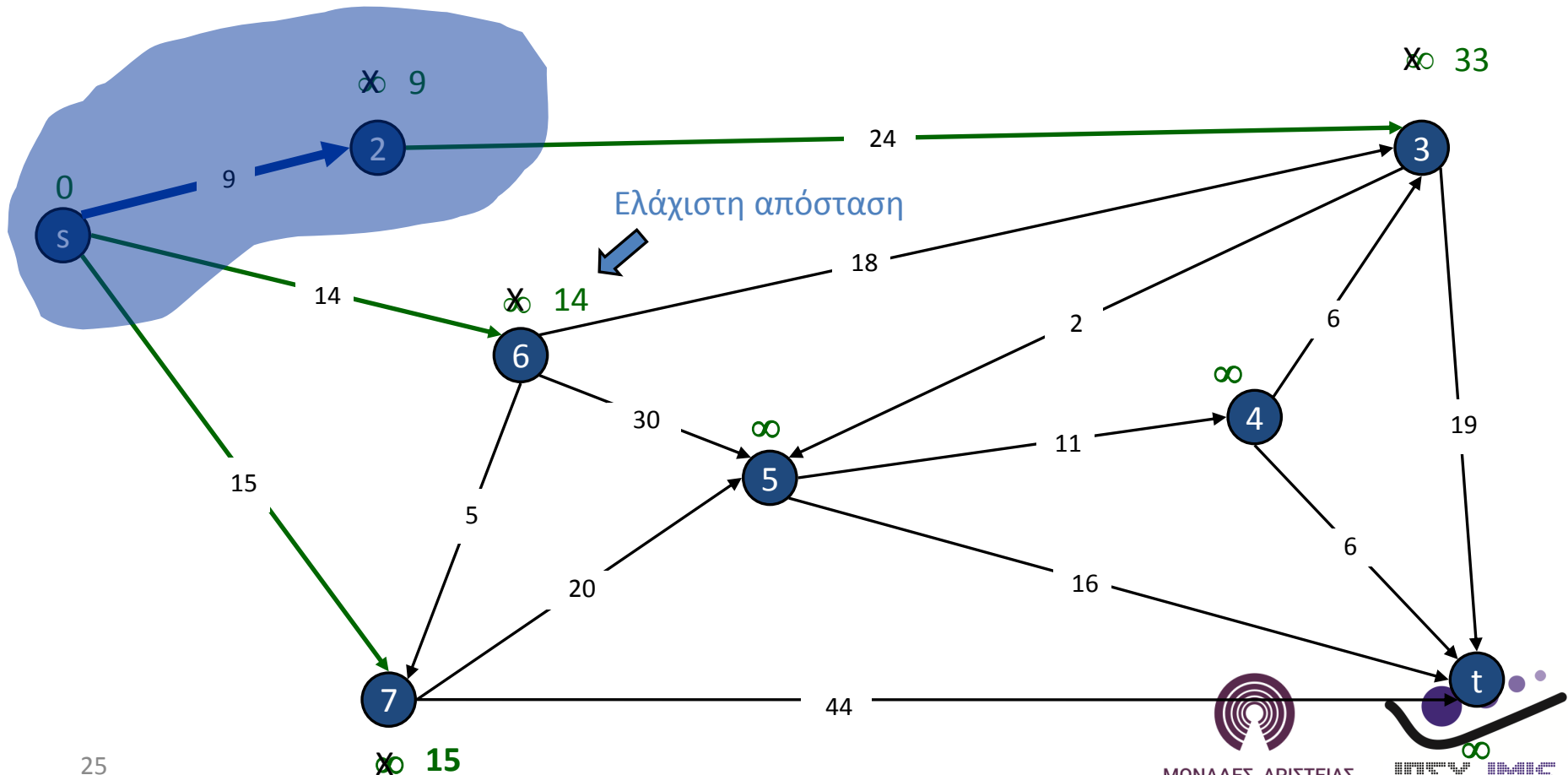
Ενημέρωση απόστασης



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

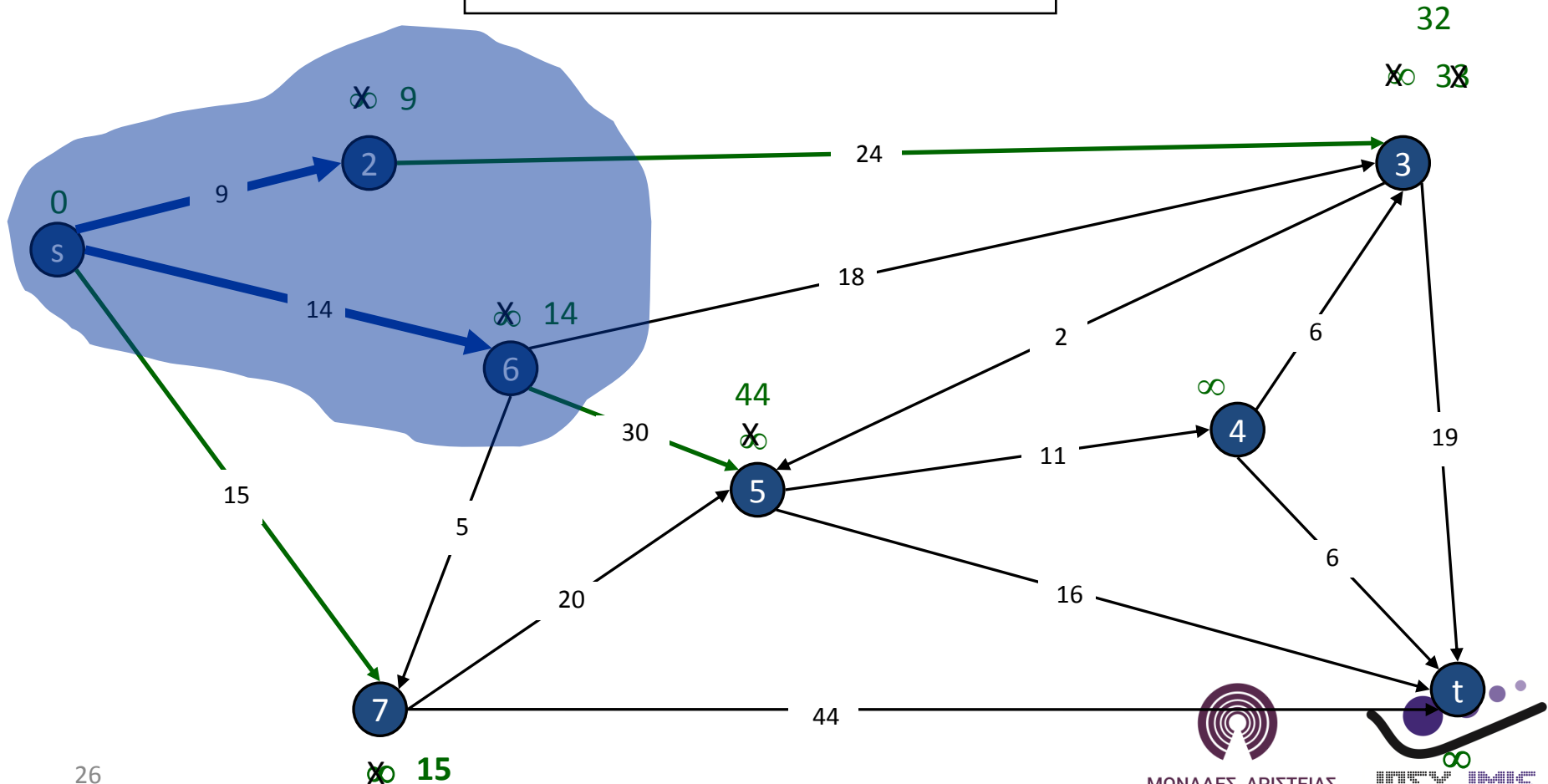
$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 6\}$

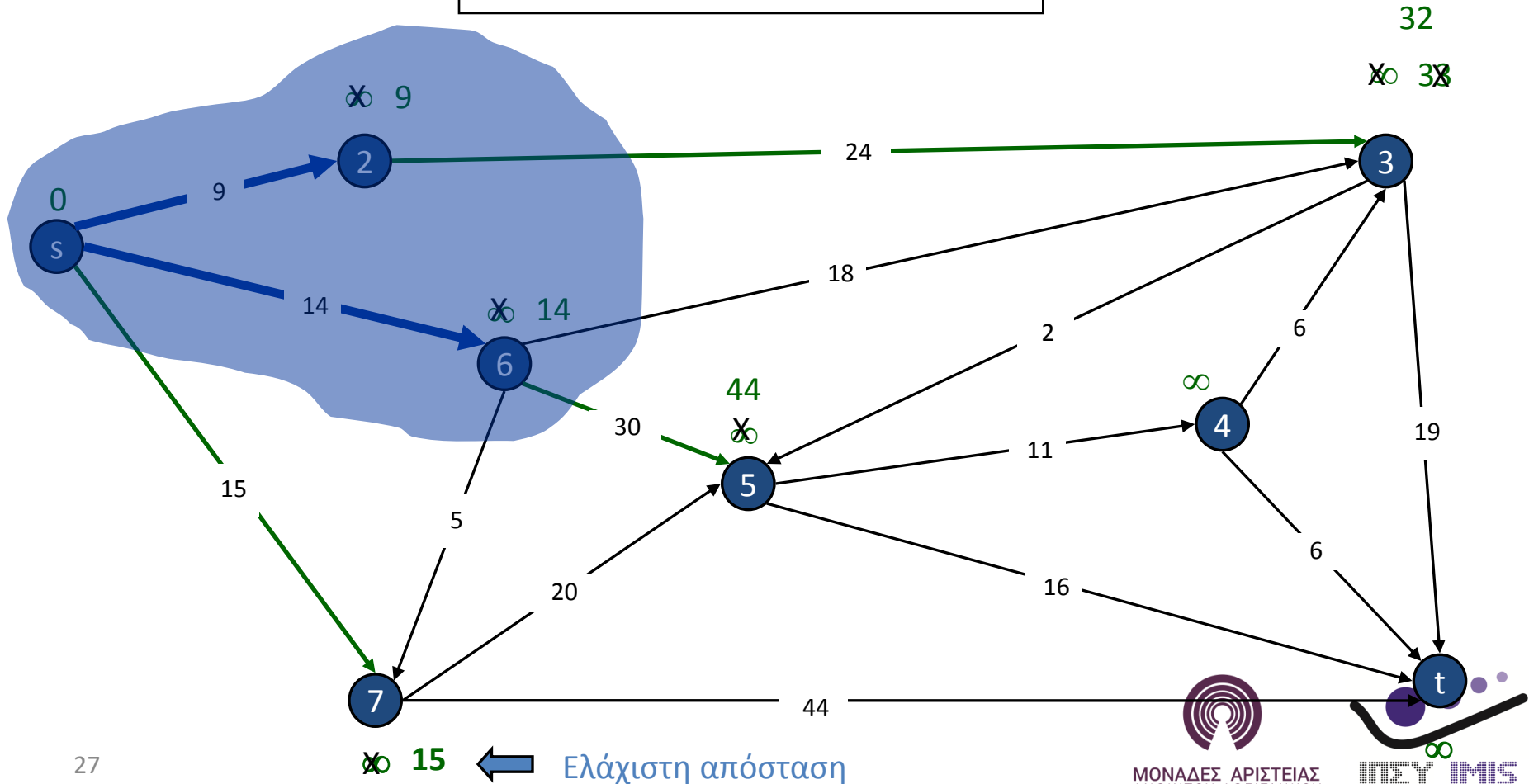
$PQ = \{3, 4, 5, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 6\}$

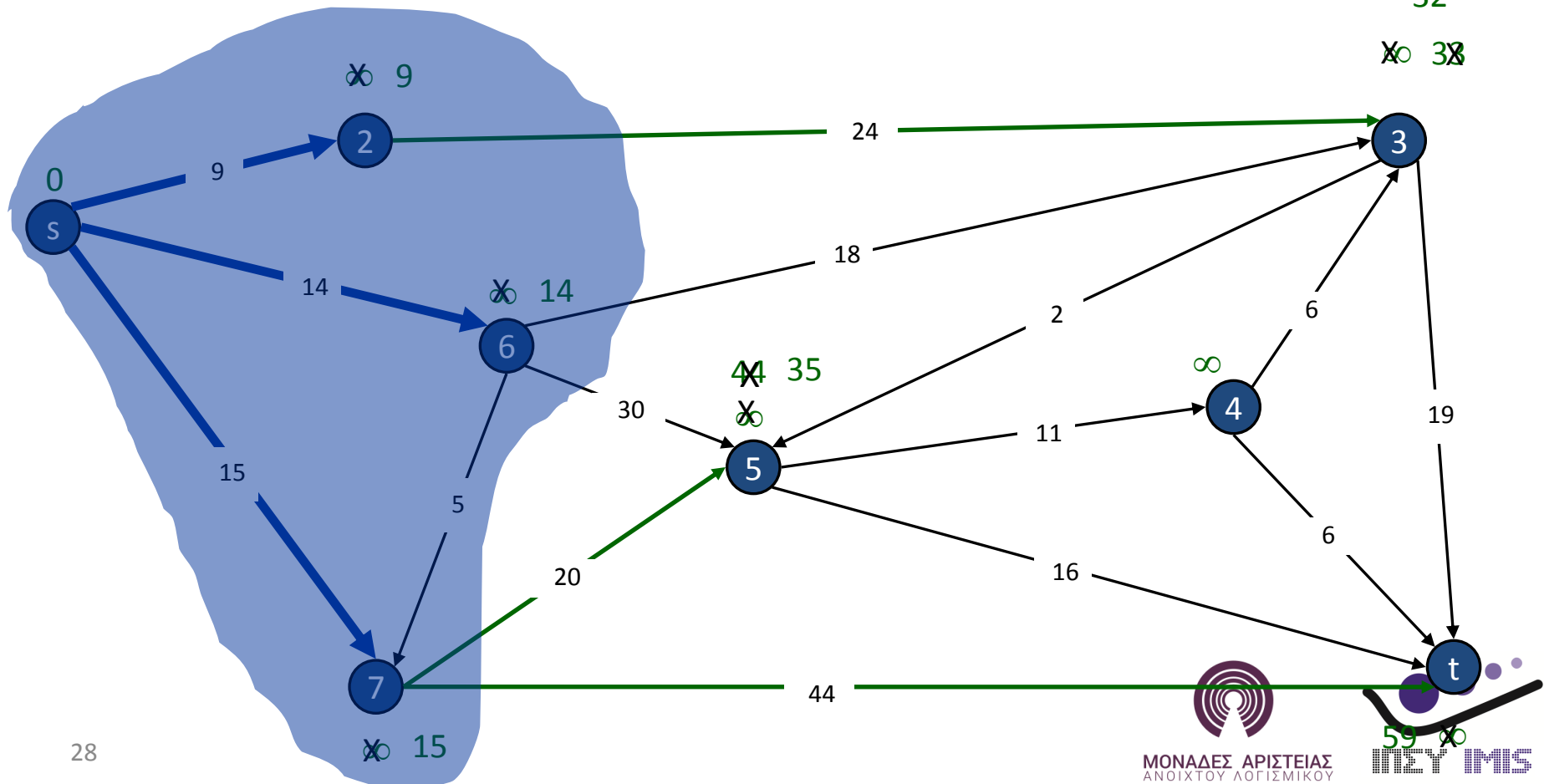
$PQ = \{3, 4, 5, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 6, 7\}$

$PQ = \{3, 4, 5, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

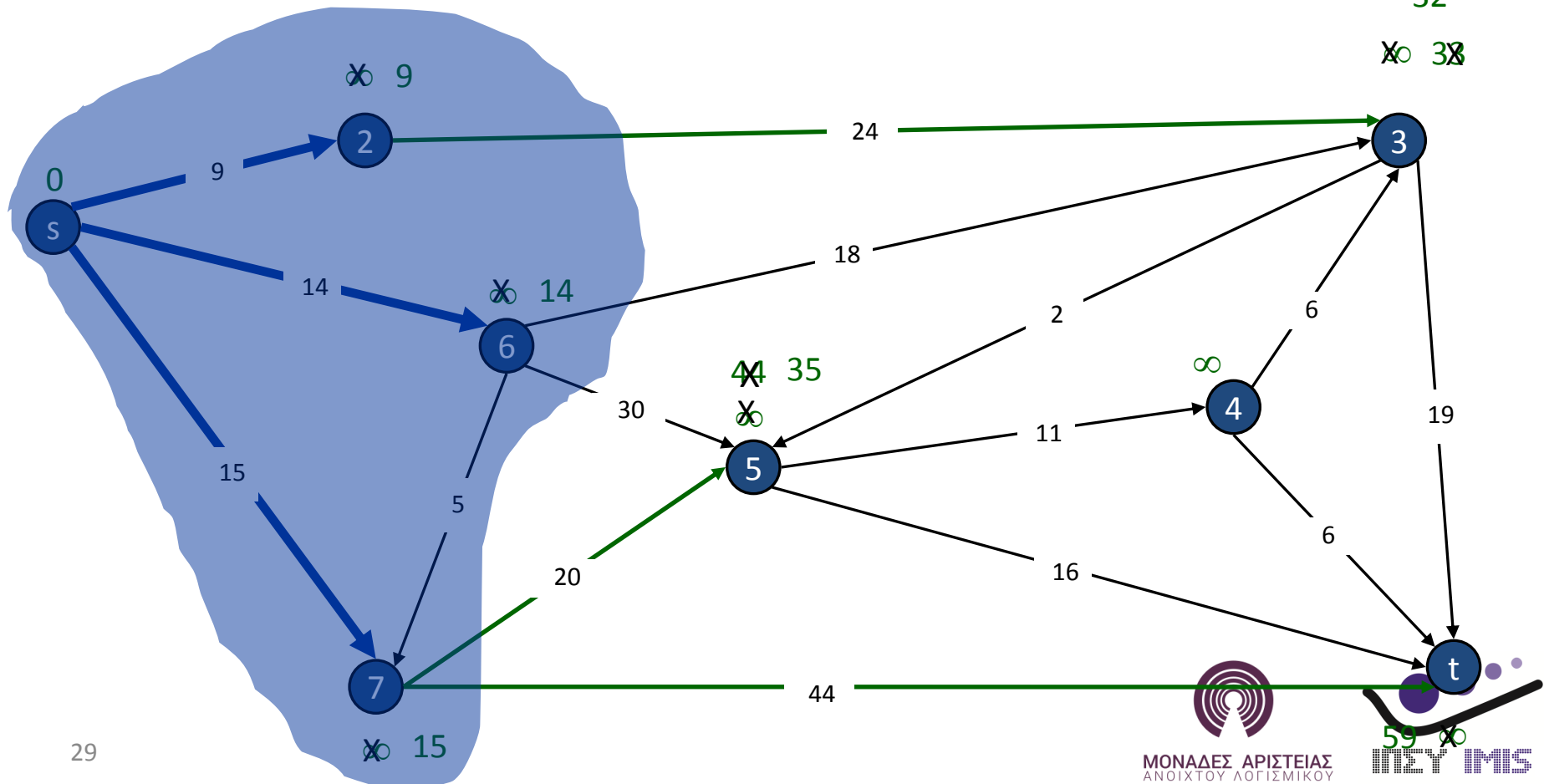
$S = \{s, 2, 6, 7\}$

$PQ = \{3, 4, 5, t\}$

Ελάχιστη απόσταση

32

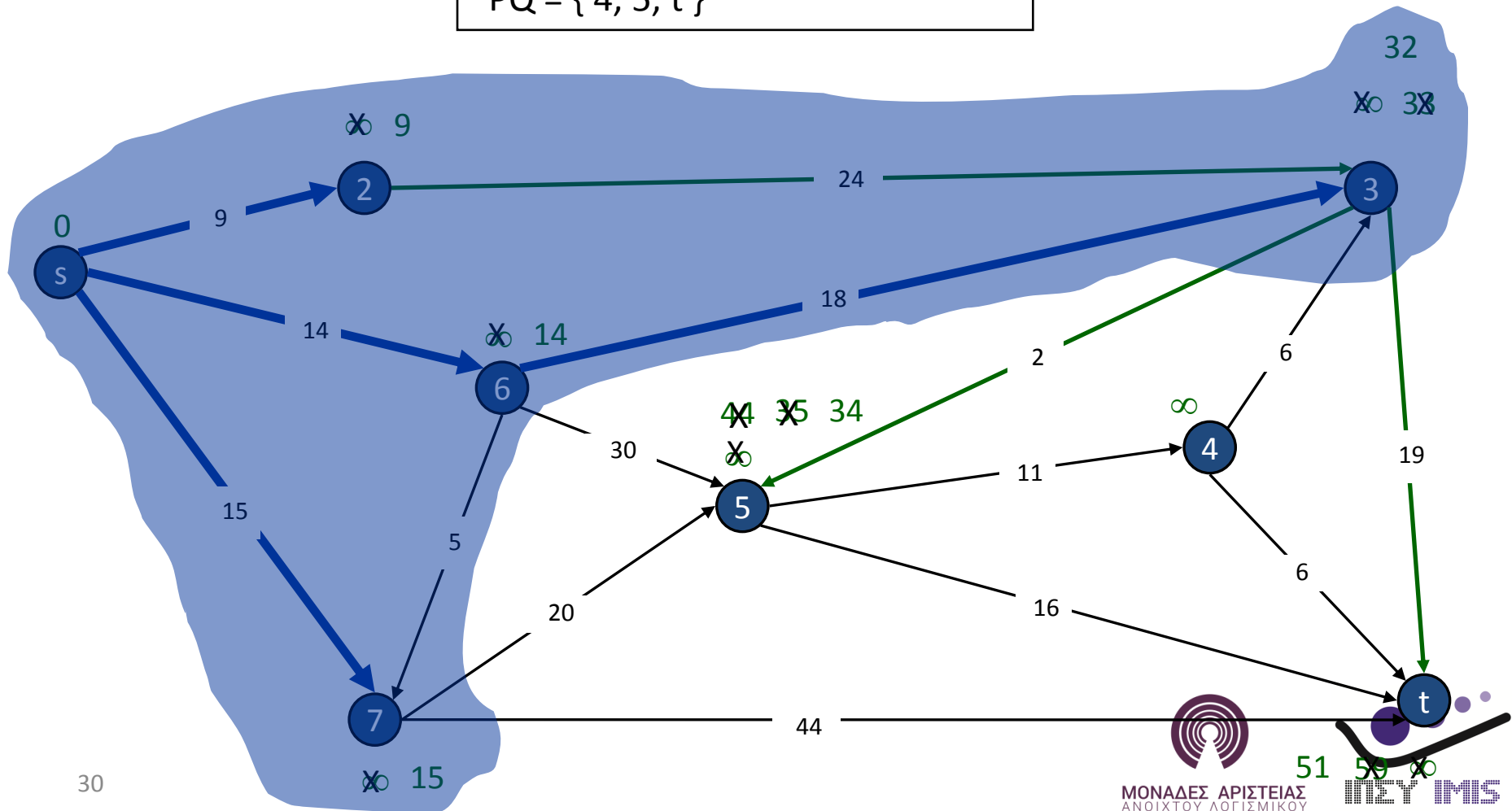
~~30~~



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$

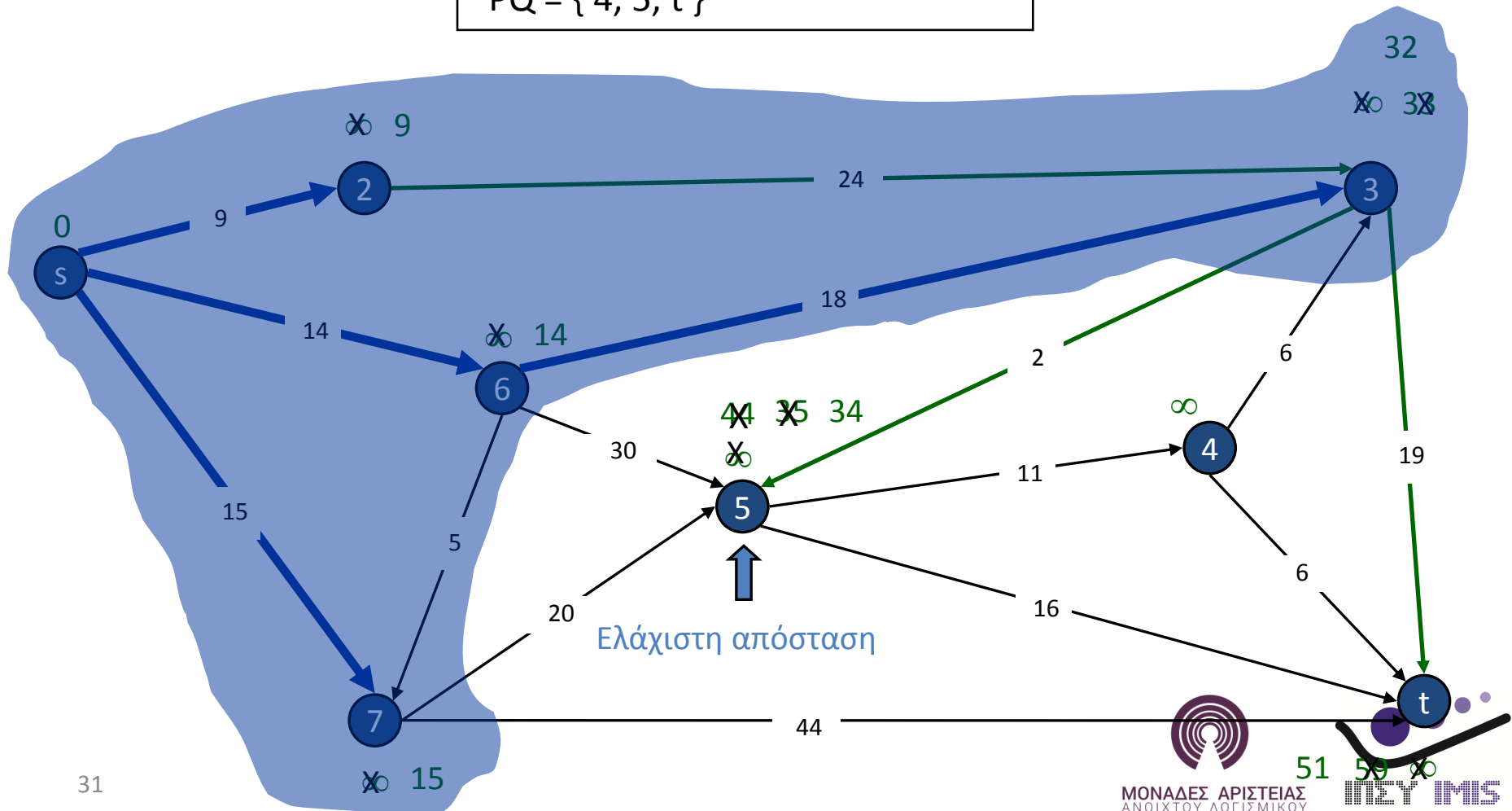
$PQ = \{4, 5, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$

$PQ = \{4, 5, t\}$



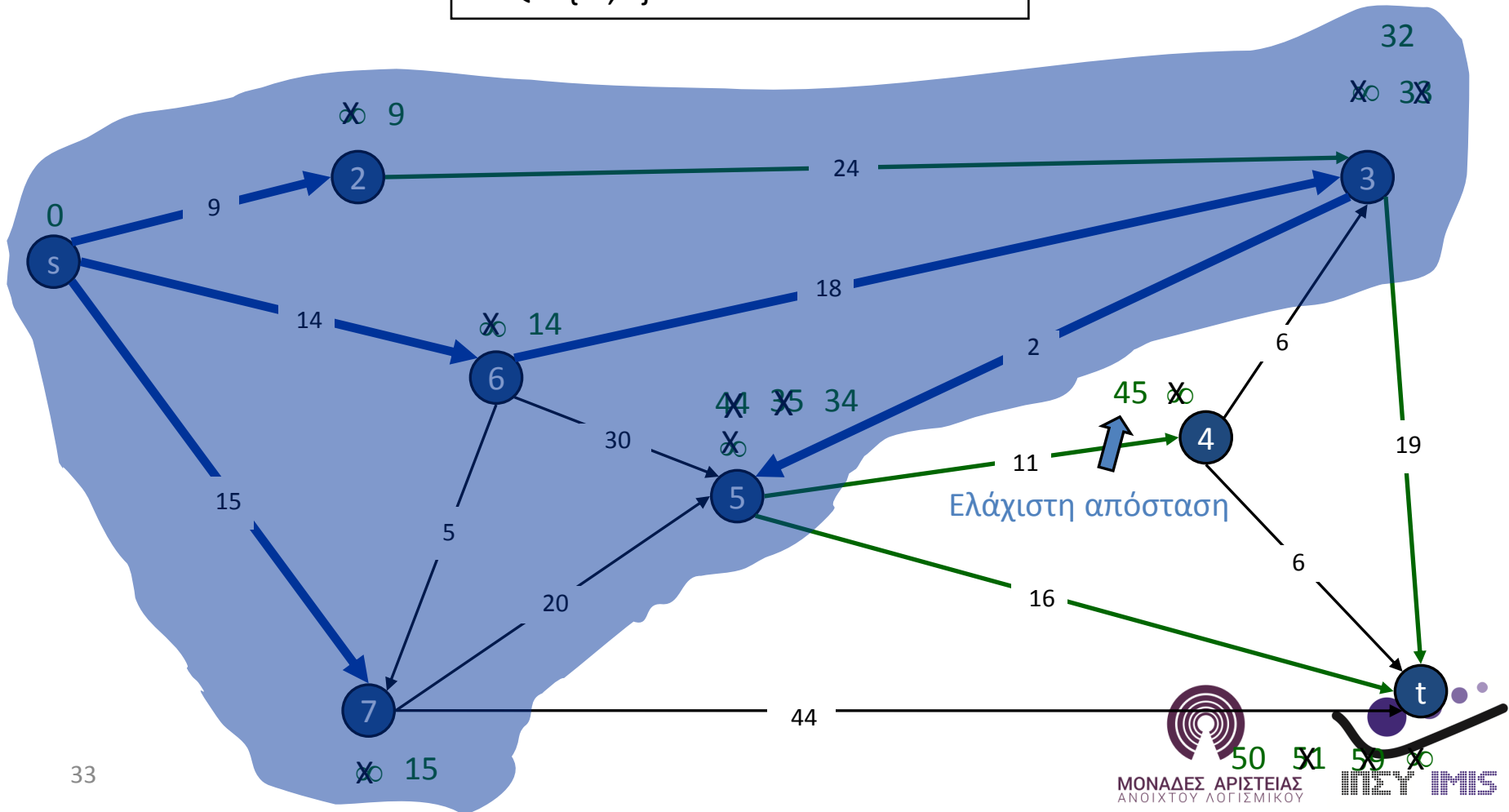
32

$$PQ = \{4, t\}$$


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7\}$

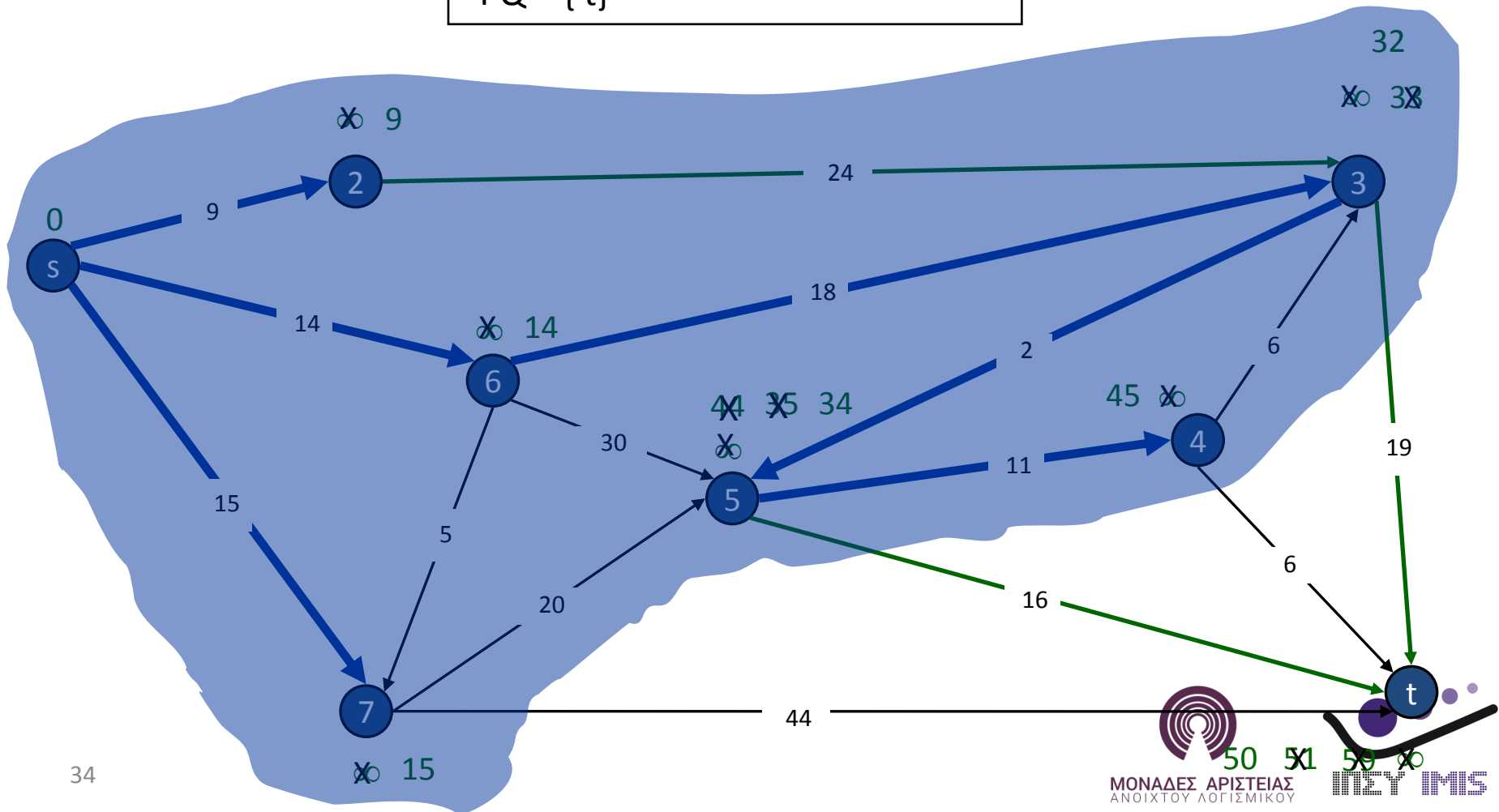
$PQ = \{4, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7, 4\}$

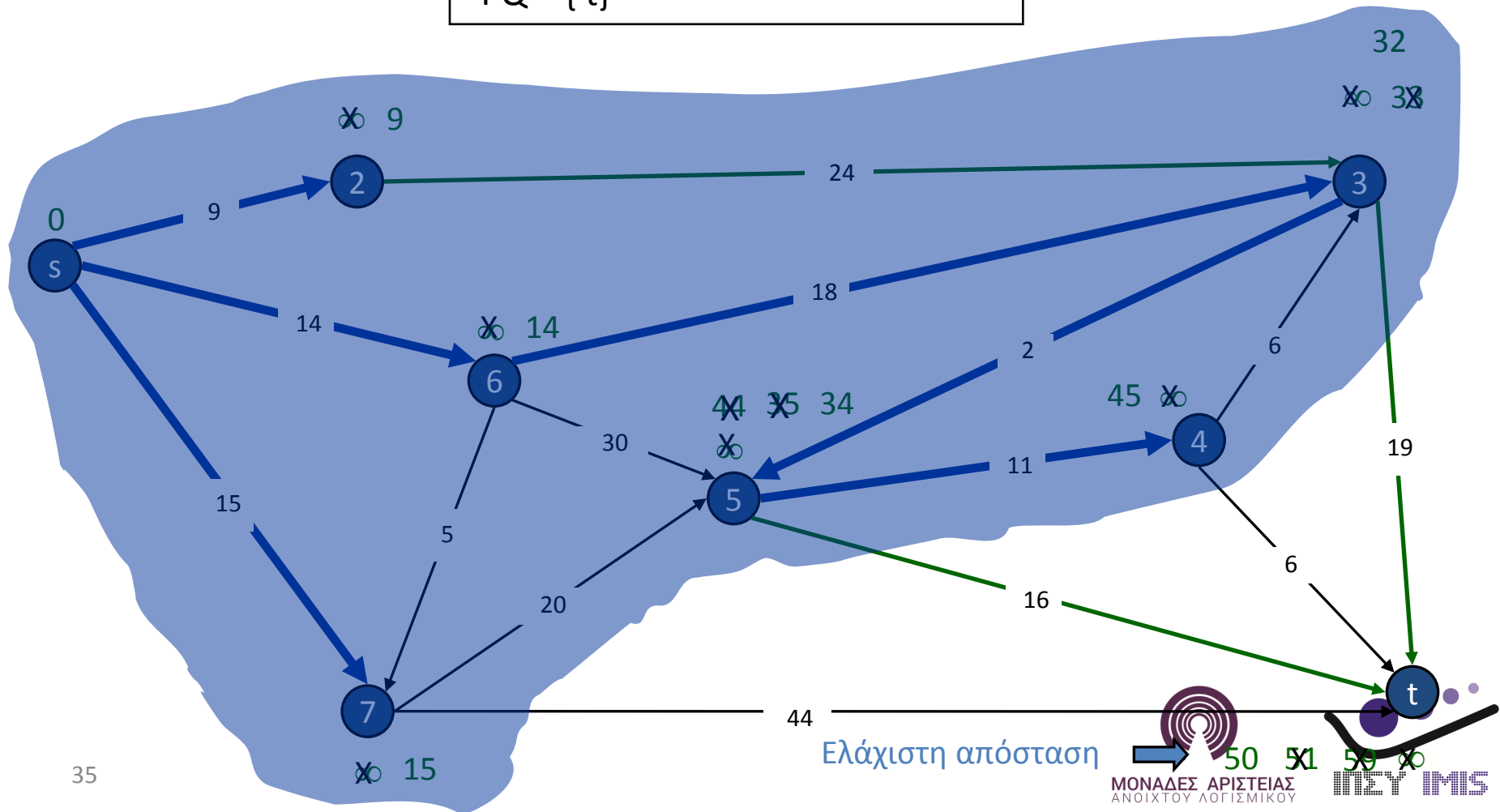
$PQ = \{t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7, 4\}$

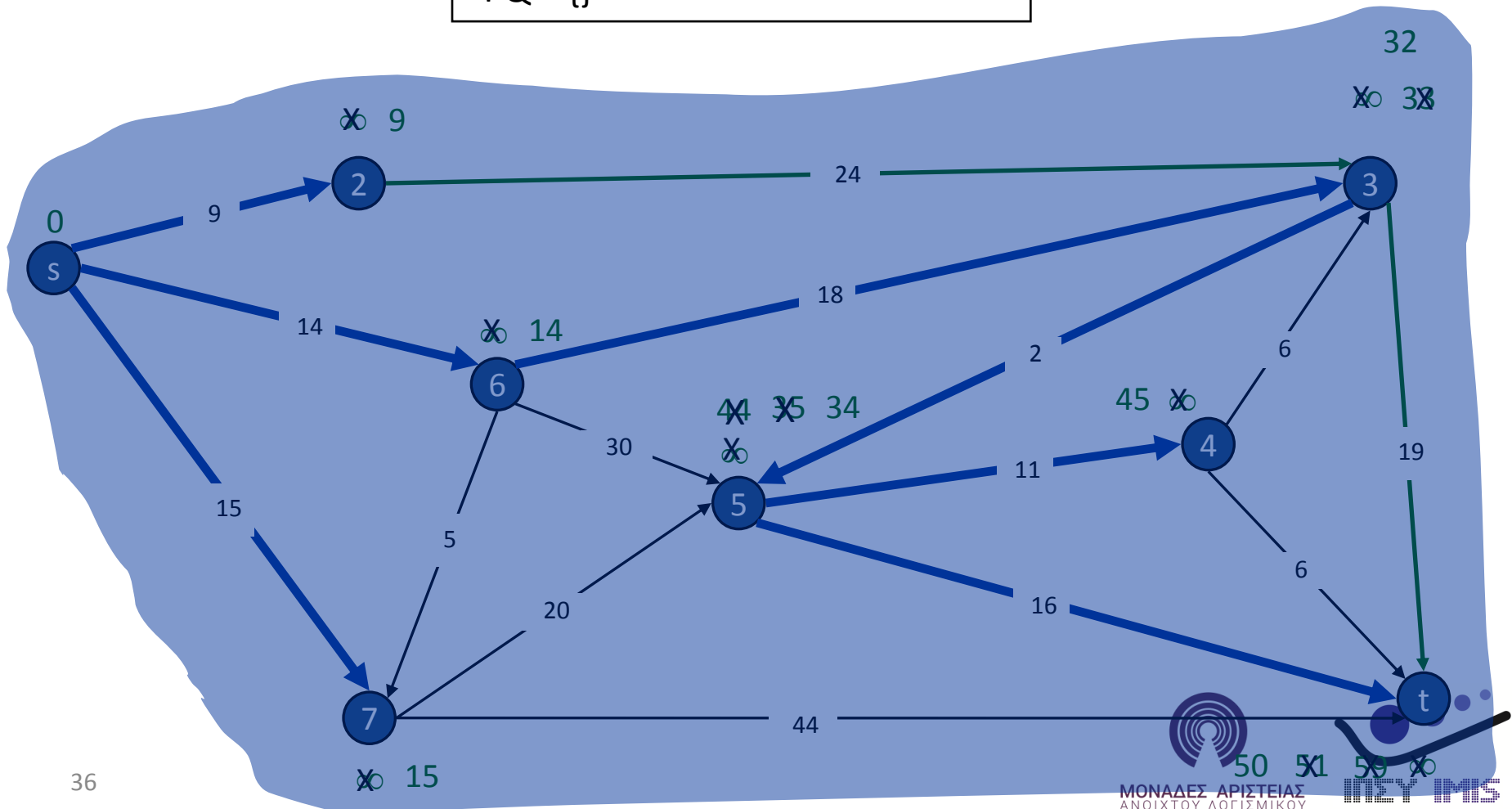
$PQ = \{t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7, 4, t\}$

$PQ = \{\}$



pgRouting

Το **pgRouting** είναι λογισμικό ΕΛΛΑΚ το επεκτείνει την γεωχωρική βάση δεδομένων PostGIS/PostgreSQL δίνοντας τη δυνατότητα εκτέλεσης ερωτημάτων δρομολόγησης.

Το μεταφορικό δίκτυο αποθηκεύεται σε βάση PostgreSQL. Αυτό δίνει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Τα δεδομένα μπορούν να τροποποιηθούν από πολλά λογισμικά GIS όπως το QGIS, και το uDig. Οι τροποποιήσεις μπορεί να γίνονται είτε από PCs είτε από φορητές συσκευές.
- Οι αλλαγές στα δεδομένα αποτυπώνονται απευθείας χωρίς να απαιτείται προεπεξεργασία.
- Τα βάρη μπορούν να υπολογίζονται δυναμικά με SQL ερωτήματα συνυπολογίζοντας τιμές από διαφορετικές στήλες ή/και πίνακες.

Το pgRouting είναι λογισμικό ΕΛ/ΛΑΚ και διατίθεται με την άδεια GPLv2



Εισαγωγή δεδομένων και επεξεργασία

Σημαντικές πηγές δεδομένων: OpenStreetMap

Για τη χρήση OSM δεδομένων χρησιμοποιείται το λογισμικό **OSMOSIS** το οποίο μπορεί να προεπεξεργαστεί τα OSM δεδομένα (π.χ. περικοπή δεδομένων)

Τα OSM δεδομένα εισάγονται με το **osm2pgrouting**. Τα είδη του οδικού δικτύου που θα επιλεγούν καθορίζονται από το αρχείο **config.xml**.



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

Dijkstra

Υπολογίζει το συντομότερο μονοπάτι από έναν κόμβο αφετηρία προς όλους τους άλλους (και προς τον κόμβο στόχο).

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION shortest_path(  
    sql text,  
    source_id integer,  
    target_id integer,  
    directed boolean,  
    has_reverse_cost boolean)  
    RETURNS SETOF path_result
```

Το ερώτημα SQL πρέπει να επιστρέψει τα παρακάτω:
id, source, target, cost



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

Dijkstra

- **id**: an int4 identifier of the edge
- **source**: an int4 identifier of the source vertex
- **target**: an int4 identifier of the target vertex
- **cost**: an float8 value, of the edge traversal cost. (a negative cost will prevent the edge from being inserted in the graph).
- **reverse_cost** (optional): the cost for the reverse traversal of the edge. This is only used when the directed and has_reverse_cost parameters are true (see the above remark about negative costs).



Παράδειγμα

```
SELECT    vertex_id,    edge_id,    cost,    the_geom    FROM
shortest_path('
    SELECT gid AS id,
           source,
           target,
           to_cost AS cost
    FROM ways',
75351,
31356,
false,
false) AS foo, ways WHERE edge_id=gid;
```



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

A Star

Υπολογίζει το συντομότερο μονοπάτι από έναν κόμβο αφετηρία προς όλους τον κόμβο προορισμό. Σε κάθε αναζήτηση επιδιώκει να μειώσει τόσο το συνολικό μήκος του μονοπατιού που έχει ακολουθηθεί μέχρι στιγμής όσο και την απόσταση του ενδιάμεσου κόμβου από τον προορισμό.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION shortest_path_astar(  
    sql text,  
    source_id integer,  
    target_id integer,  
    directed boolean,  
    has_reverse_cost boolean)  
  
    RETURNS SETOF path_result
```

Το ερώτημα SQL πρέπει να επιστρέψει τα παρακάτω:

```
id, source, target, cost, x1, y1, x2, y2
```



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

A Star

- **id**: an int4 identifier of the edge
- **source**: an int4 identifier of the source vertex
- **target**: an int4 identifier of the target vertex
- **cost**: an float8 value, of the edge traversal cost. (a negative cost will prevent the edge from being inserted in the graph).
- **x1**: x coordinate of the start point of the edge
- **y1**: y coordinate of the start point of the edge
- **x2**: x coordinate of the end point of the edge
- **y2**: y coordinate of the end point of the edge
- **reverse_cost** (optional): the cost for the reverse traversal of the edge. This is only used when the directed and has_reverse_cost parameters are true (see the above remark about negative costs).



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

Shooting Star

Υπολογίζει το συντομότερο μονοπάτι από έναν κόμβο αφετηρία προς όλους τον κόμβο προορισμό. Δρομολογεί από ακμή σε ακμή (αντί από κόμβο σε κόμβο) επιτρέποντας την υλοποίηση πολύπλοκων πολιτικών περιορισμών (π.χ. «απαγορεύεται η στροφή δεξιά»)

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION shortest_path_shooting_star(  
    sql text,  
    source_id integer,  
    target_id integer,  
    directed boolean,  
    has_reverse_cost boolean)  
  
RETURNS SETOF path_result
```

Το ερώτημα SQL πρέπει να επιστρέψει τα παρακάτω:

id, source, target, cost, x1, y1, x2, y2, rule, to_cost



Υποστηριζόμενοι Αλγόριθμοι

Shooting Star

- **id**: an int4 identifier of the edge
- **source**: an int4 identifier of the source vertex
- **target**: an int4 identifier of the target vertex
- **cost**: double precision value of the edge traversal cost. (a negative cost will prevent the edge from being inserted in the graph).
- **reverse_cost** (optional): the cost for the reverse traversal of the edge. This is only used when the `directed` and `has_reverse_cost` parameters are true (see the above remark about negative costs).
- **directed**: true if the graph is directed
- **has_reverse_cost**: if true, the `reverse_cost` column of the SQL generated set of rows will be used for the cost of the traversal of the edge in the opposite direction.
- **x1**: double precision value of x coordinate for edge's start vertex
- **y1**: double precision value of y coordinate for edge's start vertex
- **x2**: double precision value of x coordinate for edge's end vertex
- **y2**: double precision value of y coordinate for edge's end vertex
- **rule**: a string with a comma separated list of edge ids which describes a rule for turning restriction (if you came along these edges, you can pass through the current one only with the cost stated in `to_cost` column)
- **to_cost**: a cost of restricted passage (can be very high in a case of turn restriction or comparable with an edge cost in a case of traffic light)



Εργαλεία

- **osmosis**

- Επεξεργασία OSM δεδομένων

```
./osmosis --read-xml <path_to_osm_file>/<osm_file> --bounding-box  
top=<north> left=<west> bottom=<south> right=<bottom>  
completeWays=yes --write-xml <path_to_osm_output_file  
>/<osm_output_file>
```

- **osm2pgrouting**

- Φόρτωση OSM δεδομένων για δρομολόγηση

```
./osm2pgrouting -file <path_to_osm_file>/<osm_file> -conf  
mapconfig.xml -dbname <routing_database_name> -user  
<postgres_user_name> -passwd '<postgres_user_password>' -clean
```

