



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Μεταφορές - Ναυτιλία

3^η Σειρά Εκπαίδευσης

4^ο σεμινάριο

20 Μαΐου 2015



ITL IMIS

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.



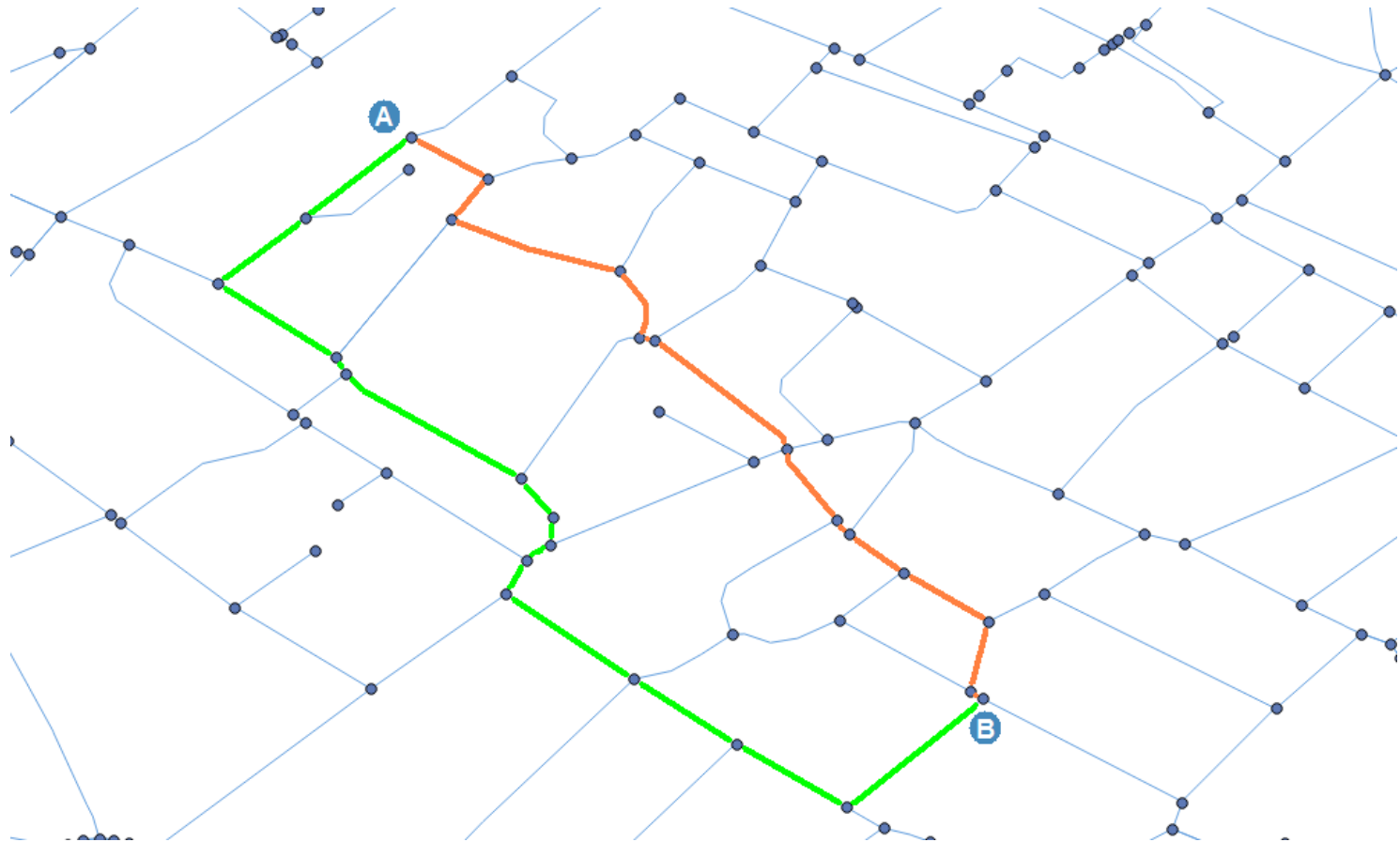
Δρομολόγηση

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:

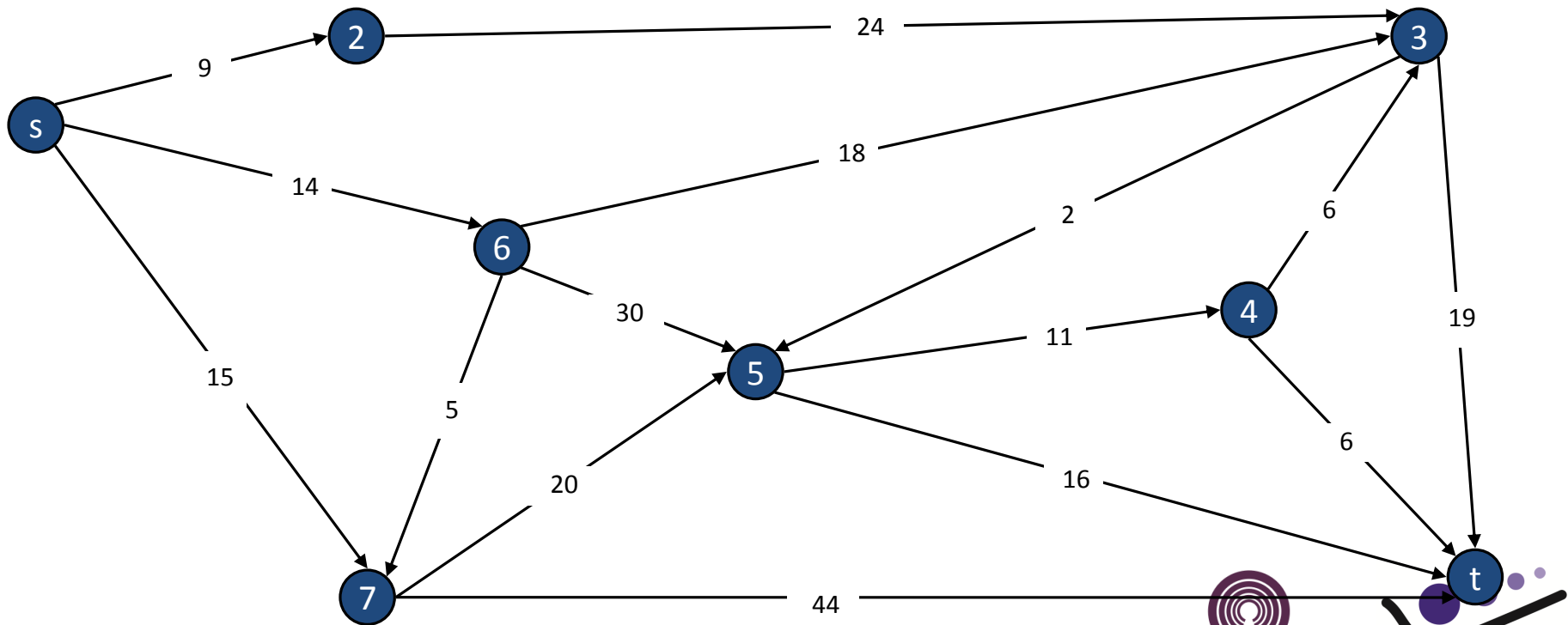
- Dijkstra
- Bellman-Ford
- Floyd-Warshall
- A-star
- Shooting Star

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

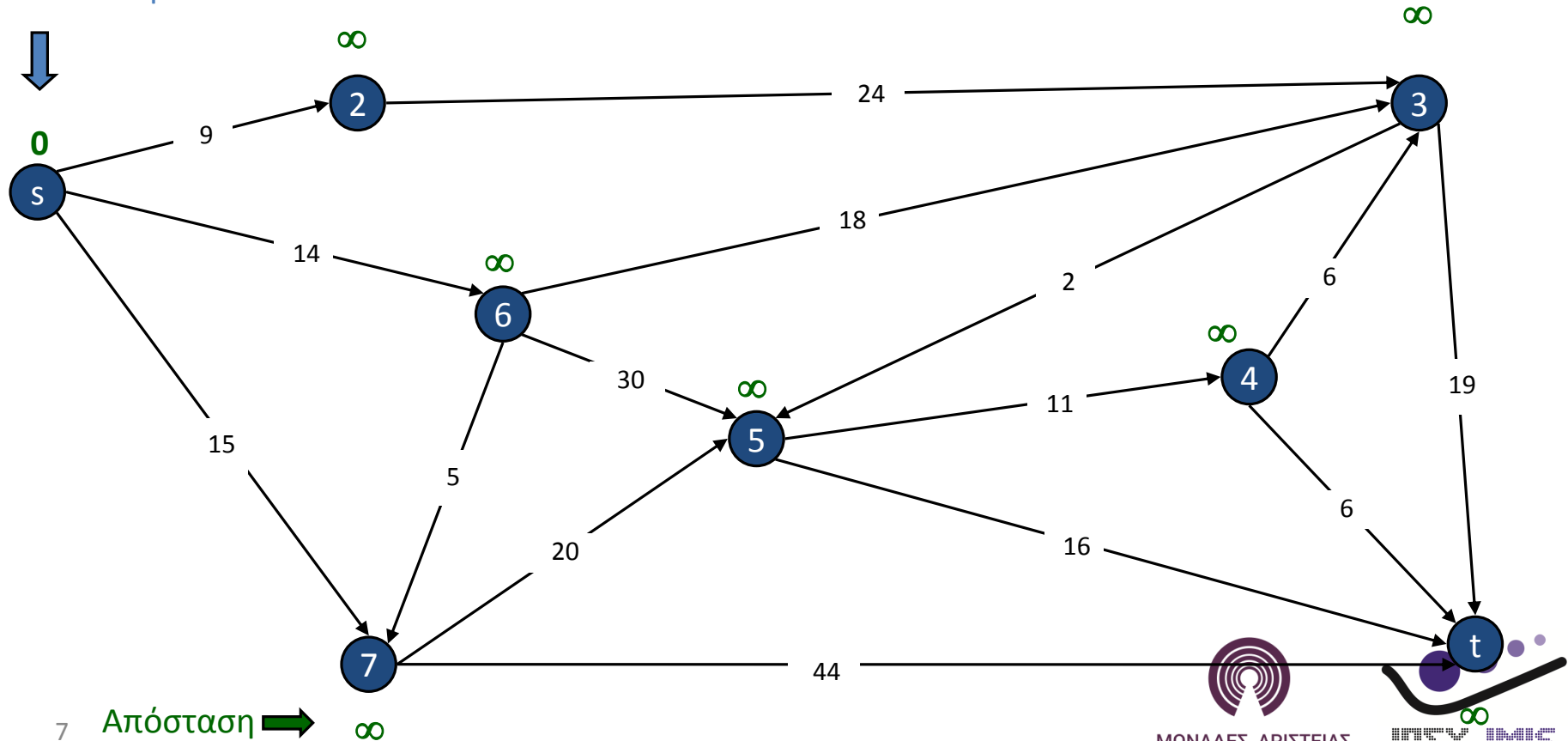


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{ \}$

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

Ελάχιστη απόσταση

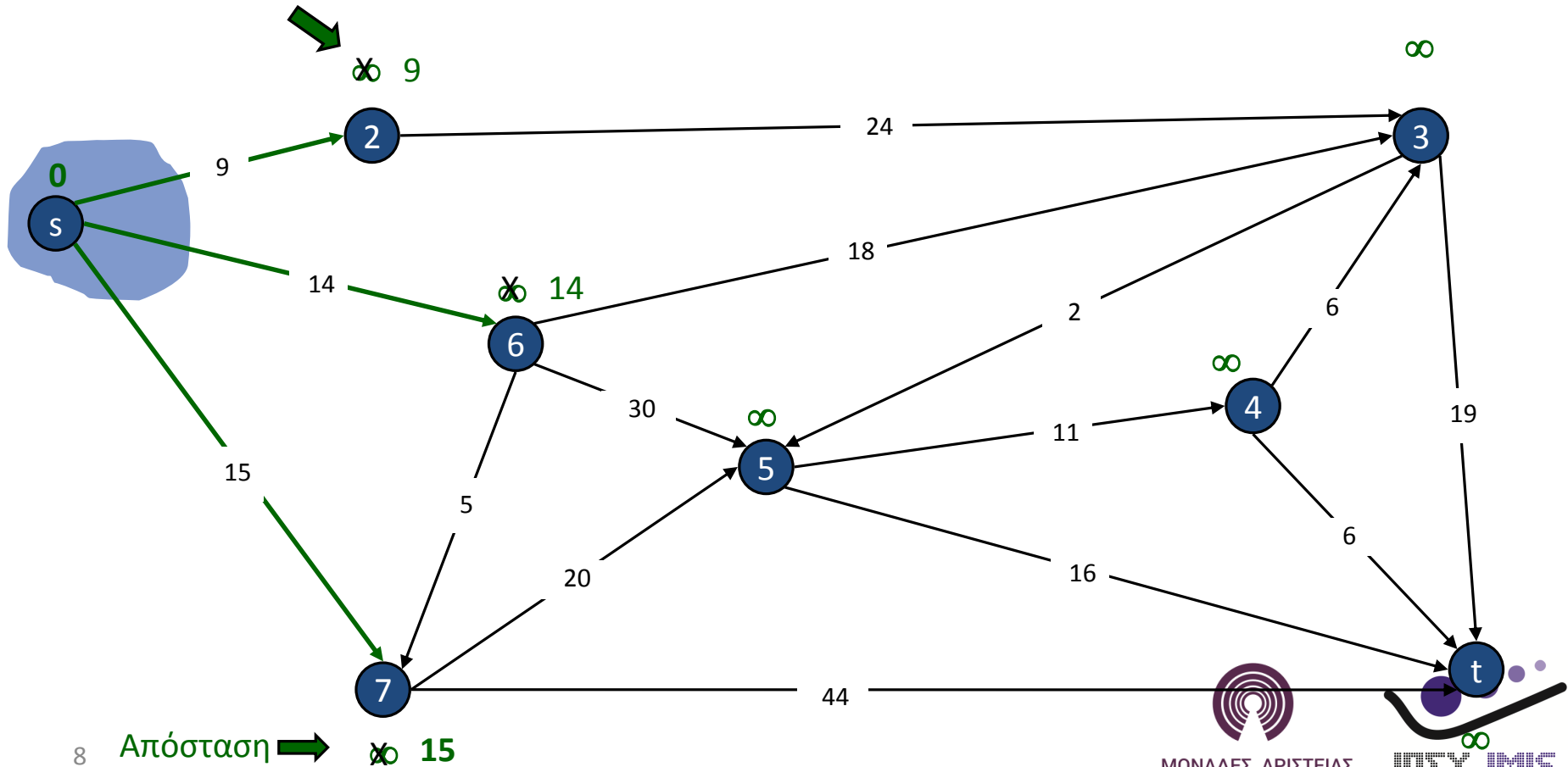


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s\}$

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

Ανανέωση απόστασης

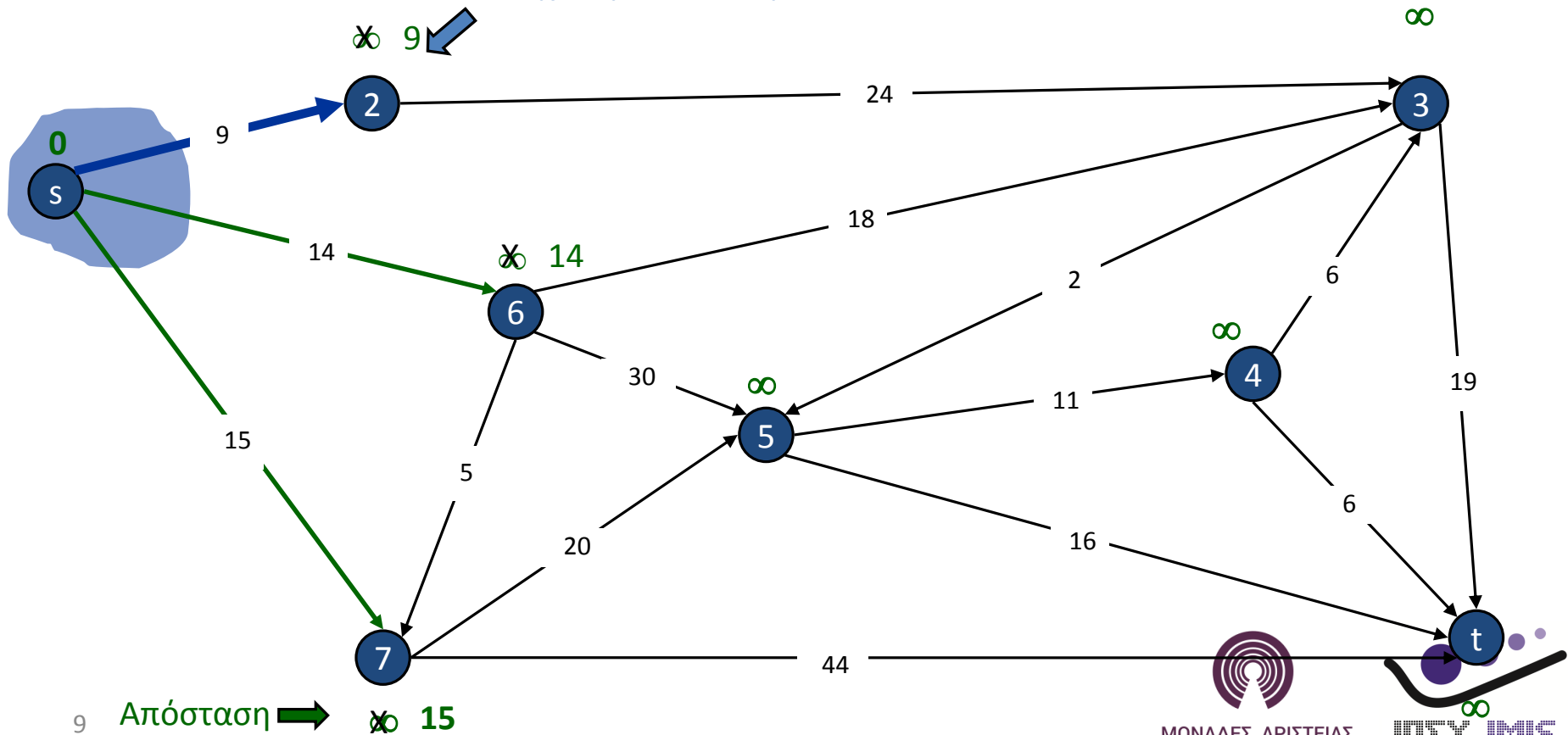


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{ \}$

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

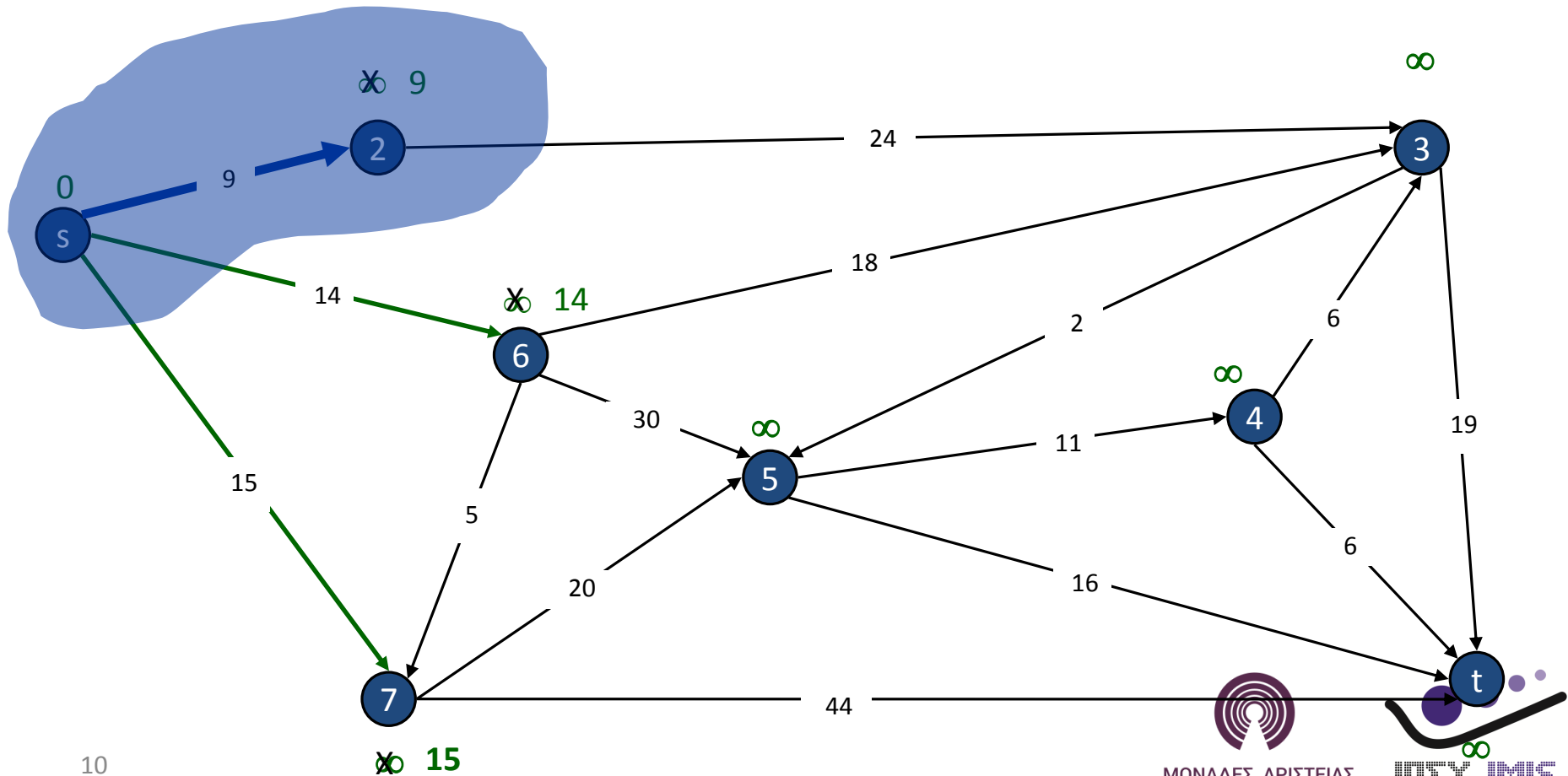
Ελάχιστη απόσταση



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

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

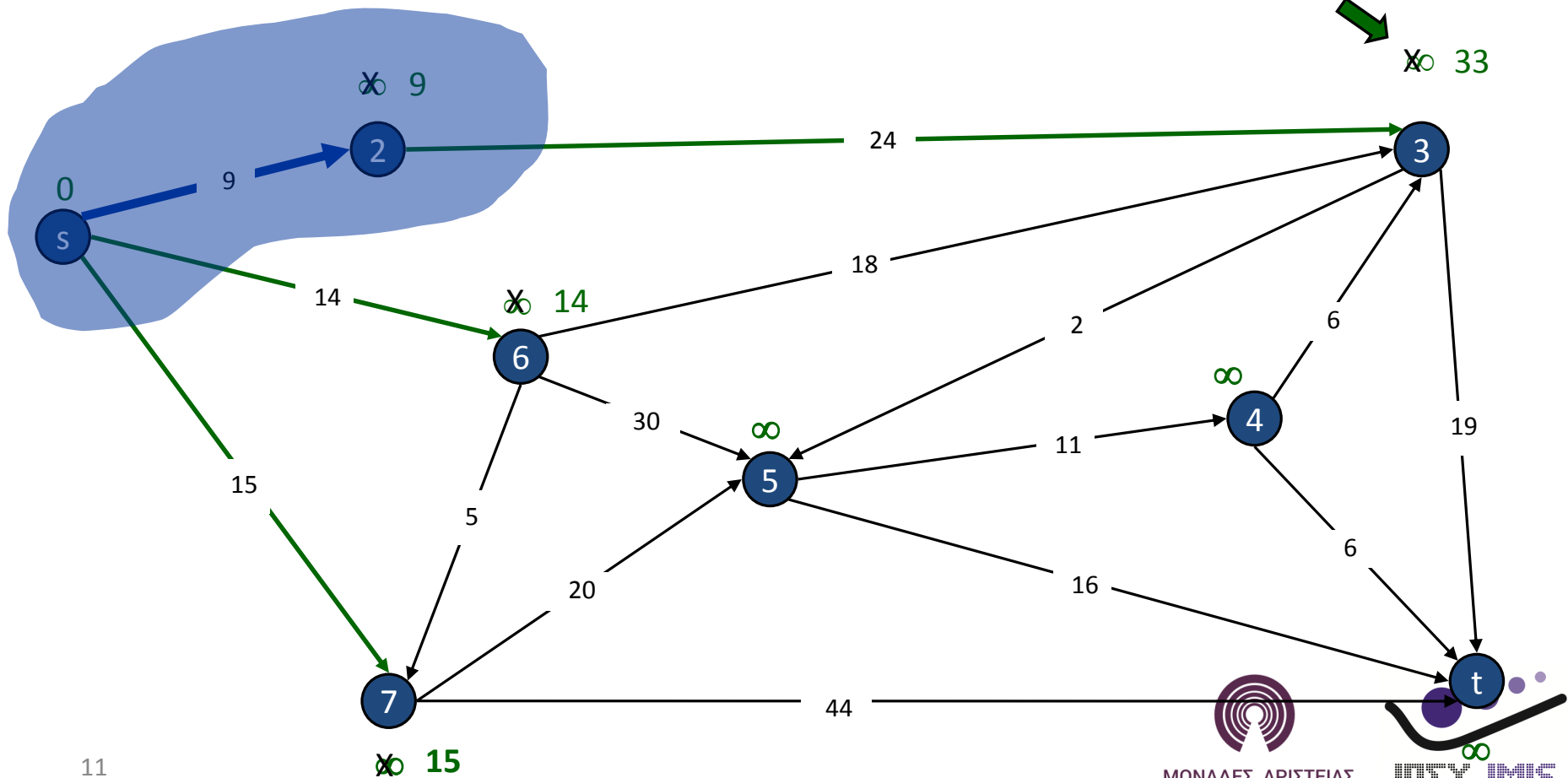


Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

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

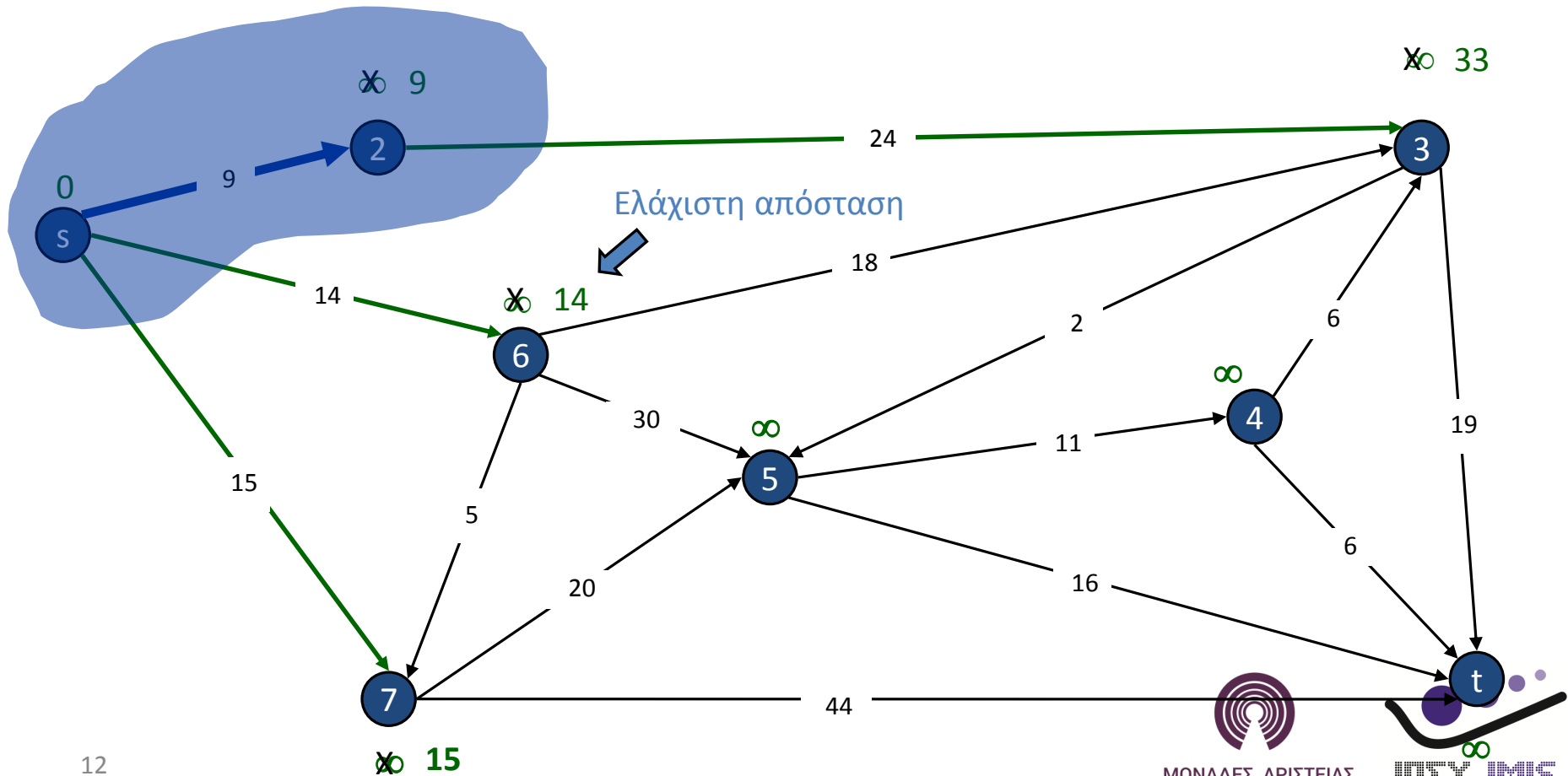
Ενημέρωση απόστασης



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

$S = \{s, 2\}$

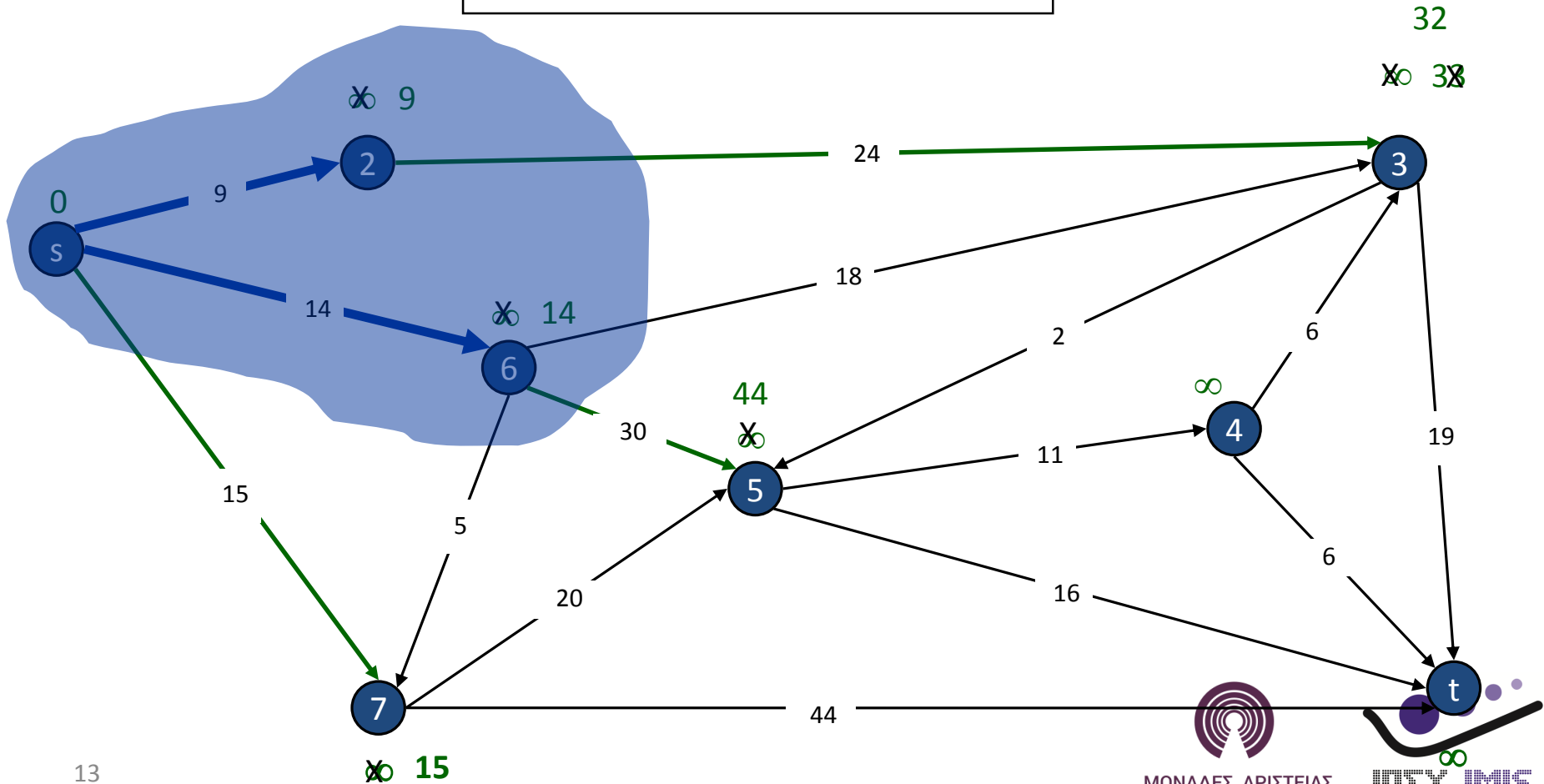
$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

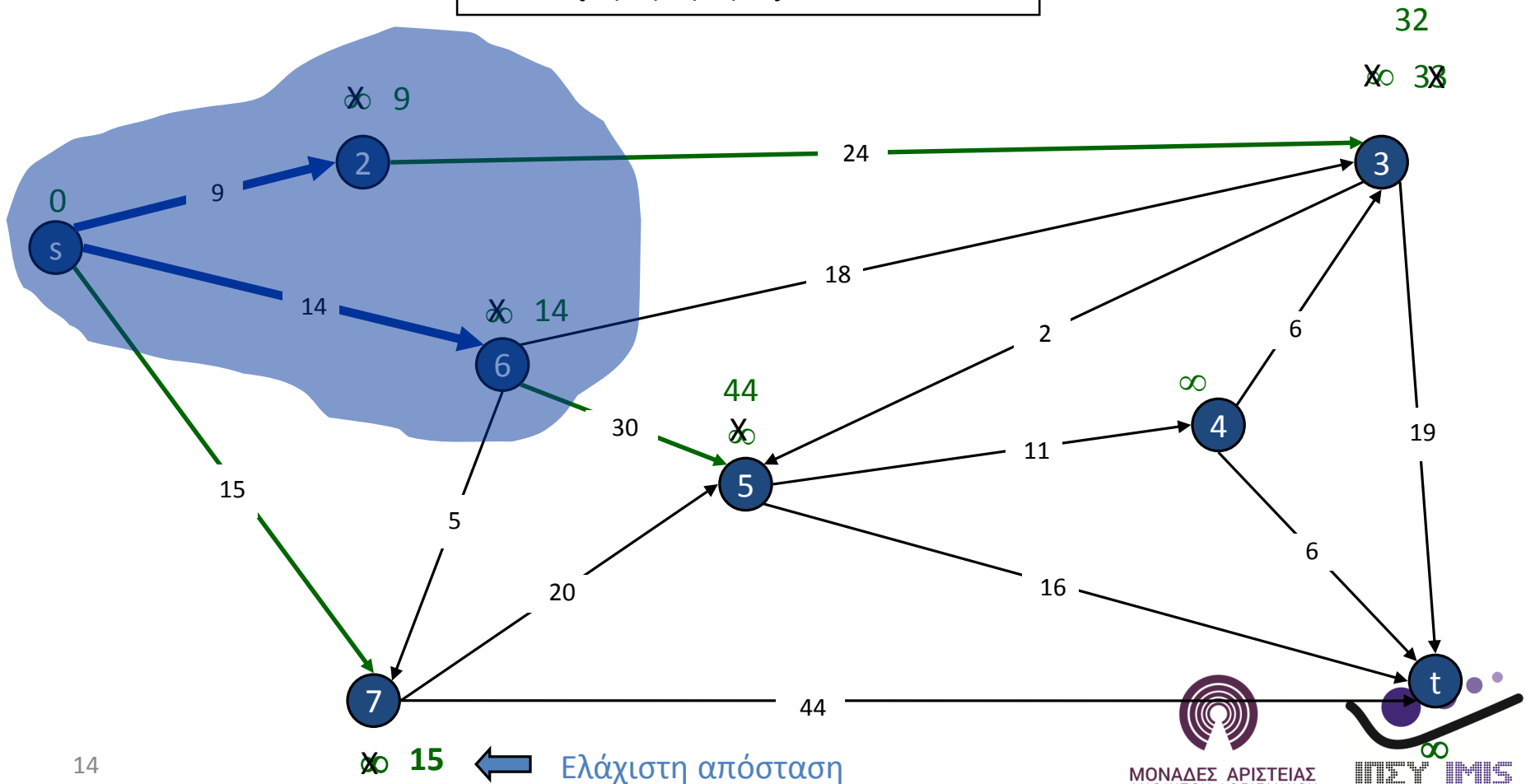
$PQ = \{3, 4, 5, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

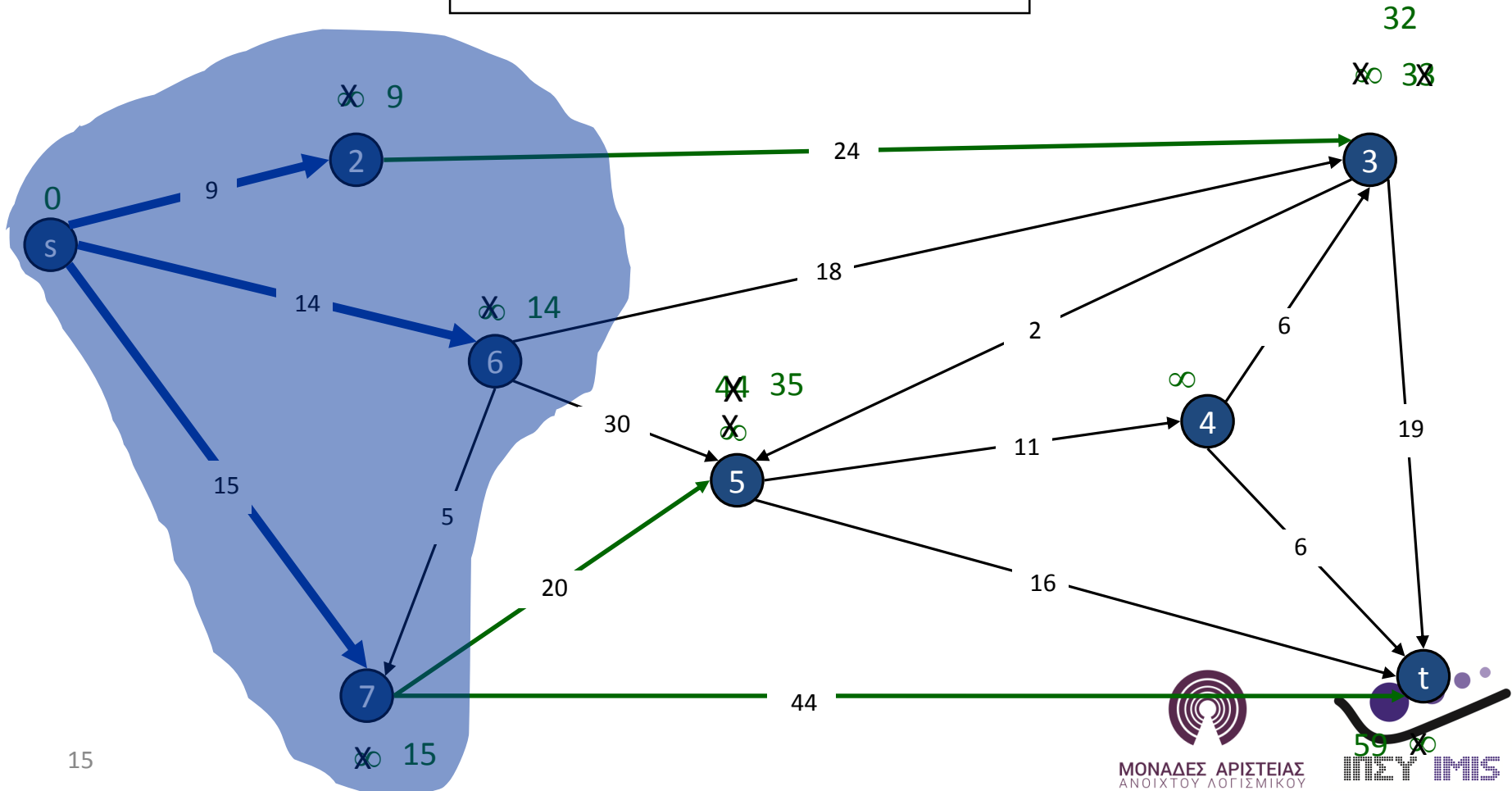
$PQ = \{3, 4, 5, 7, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

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



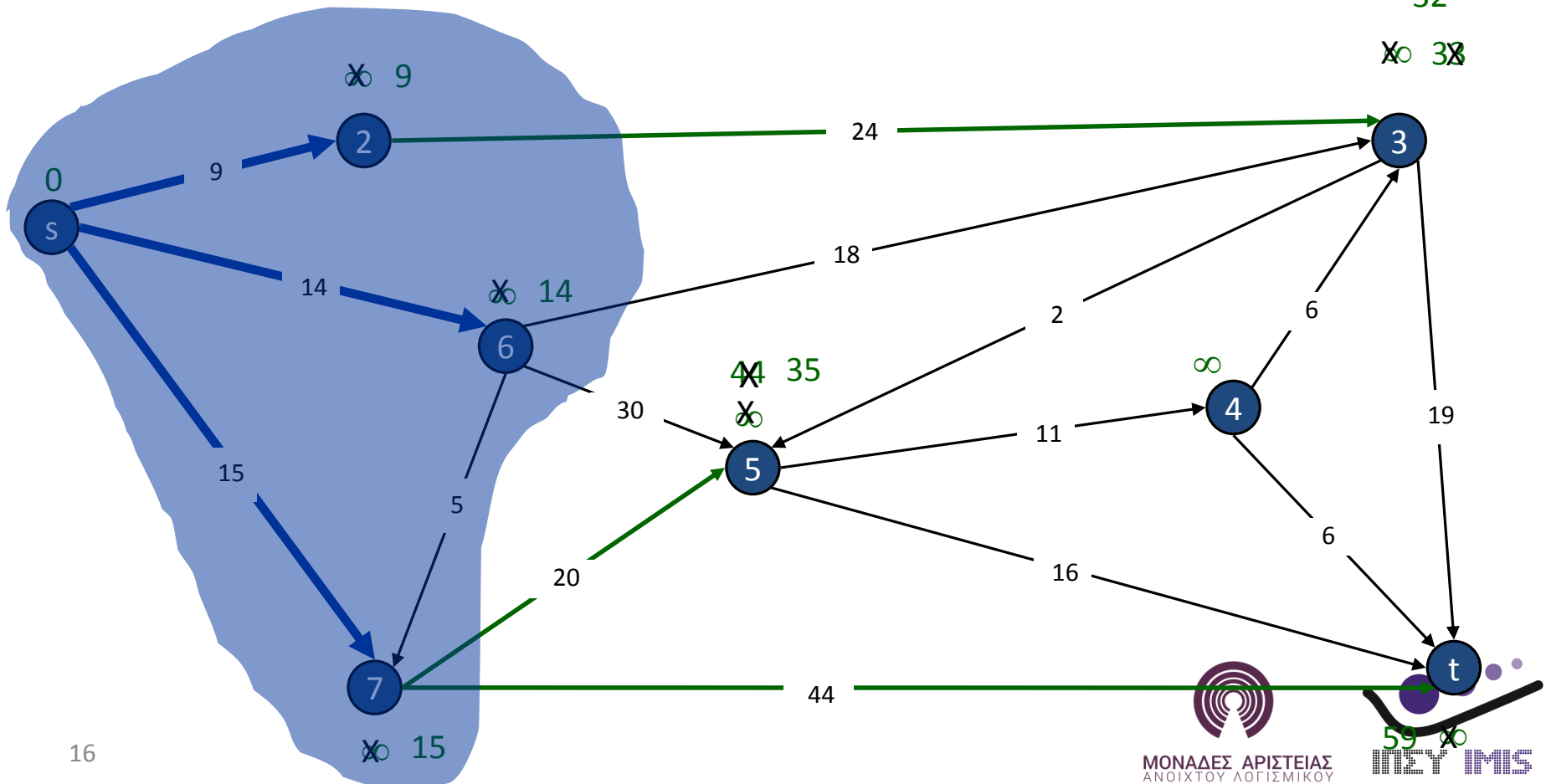
Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

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

Ελάχιστη απόσταση

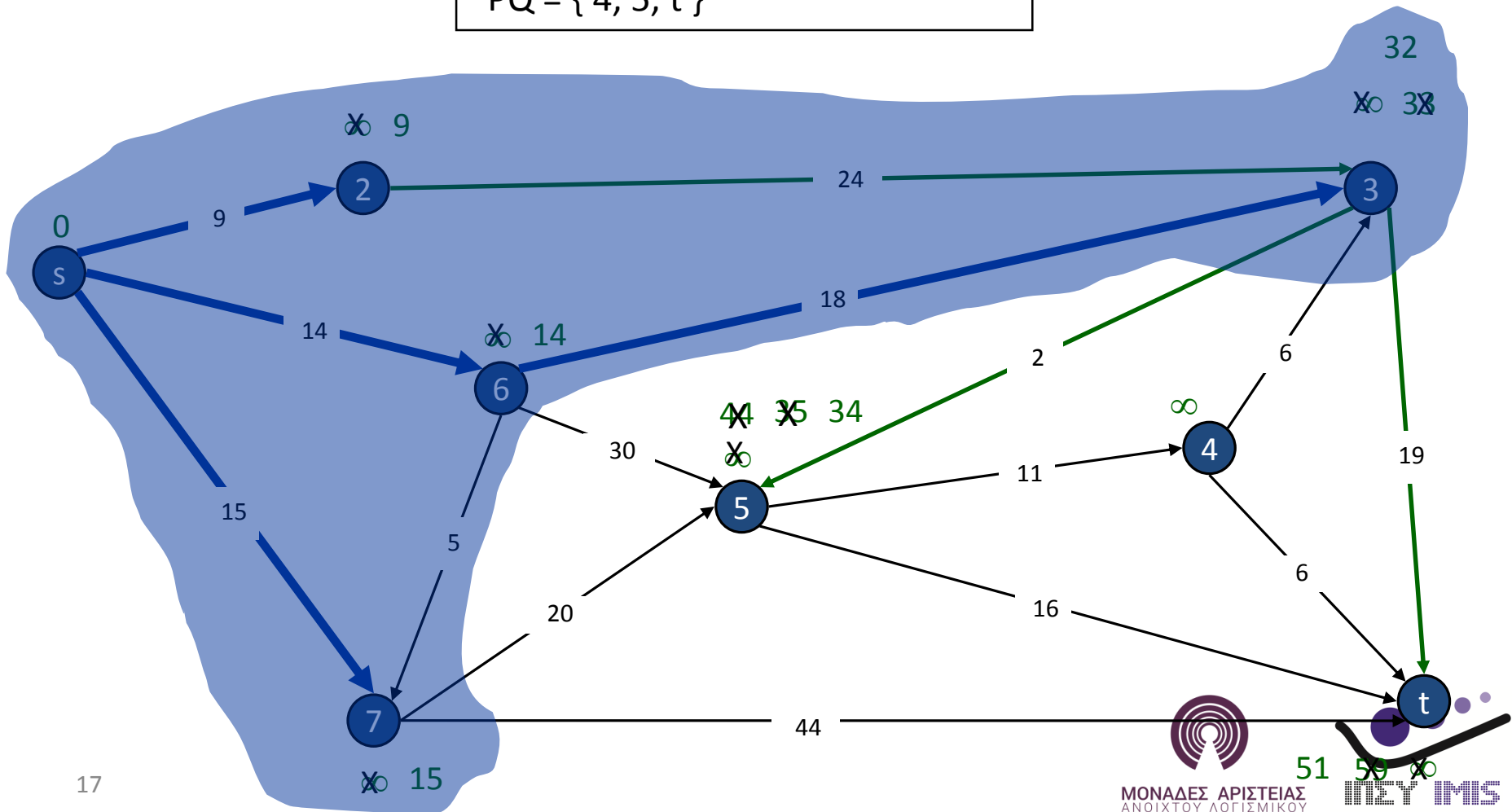
32
~~38~~



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

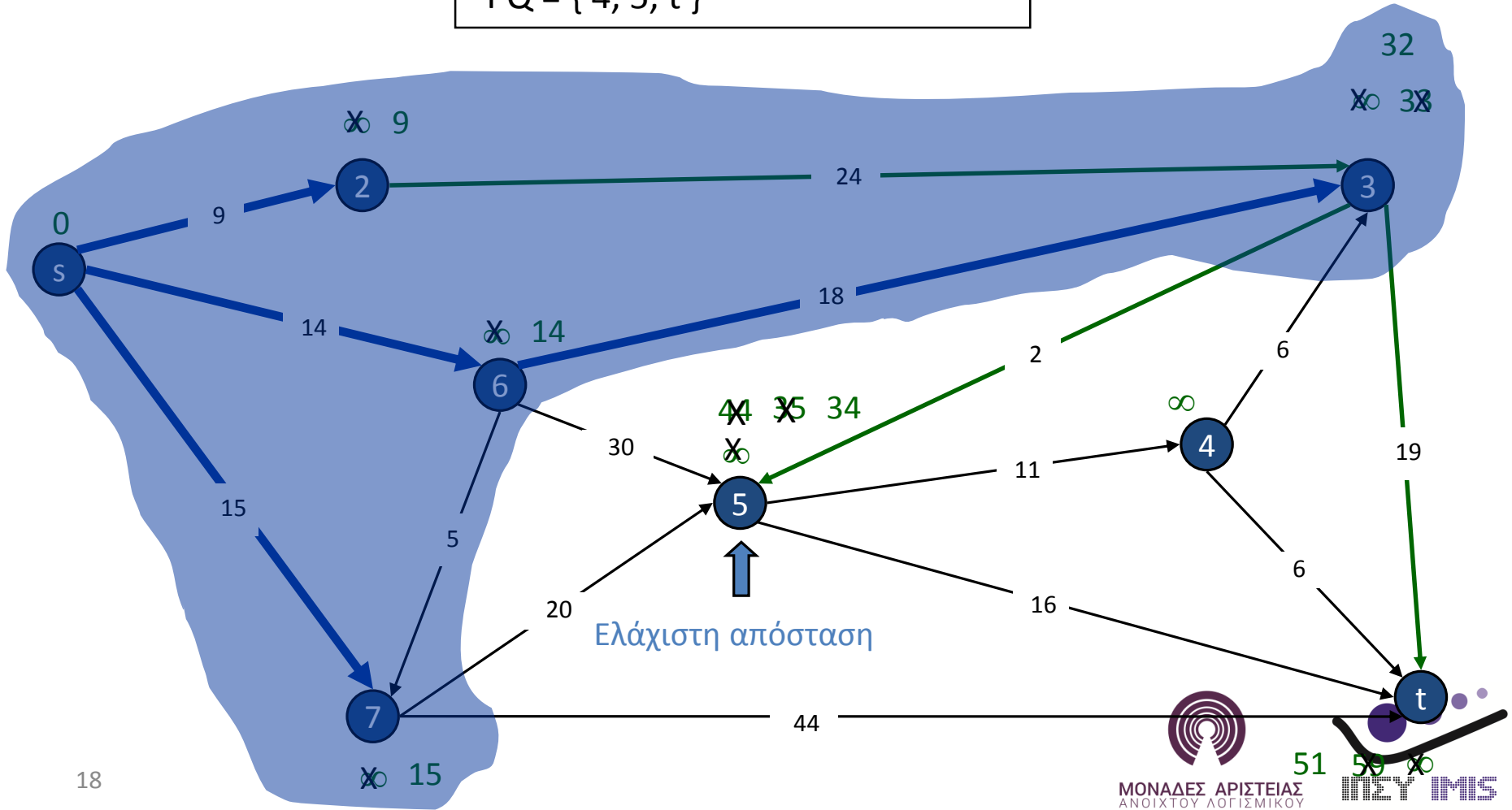
$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$

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



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

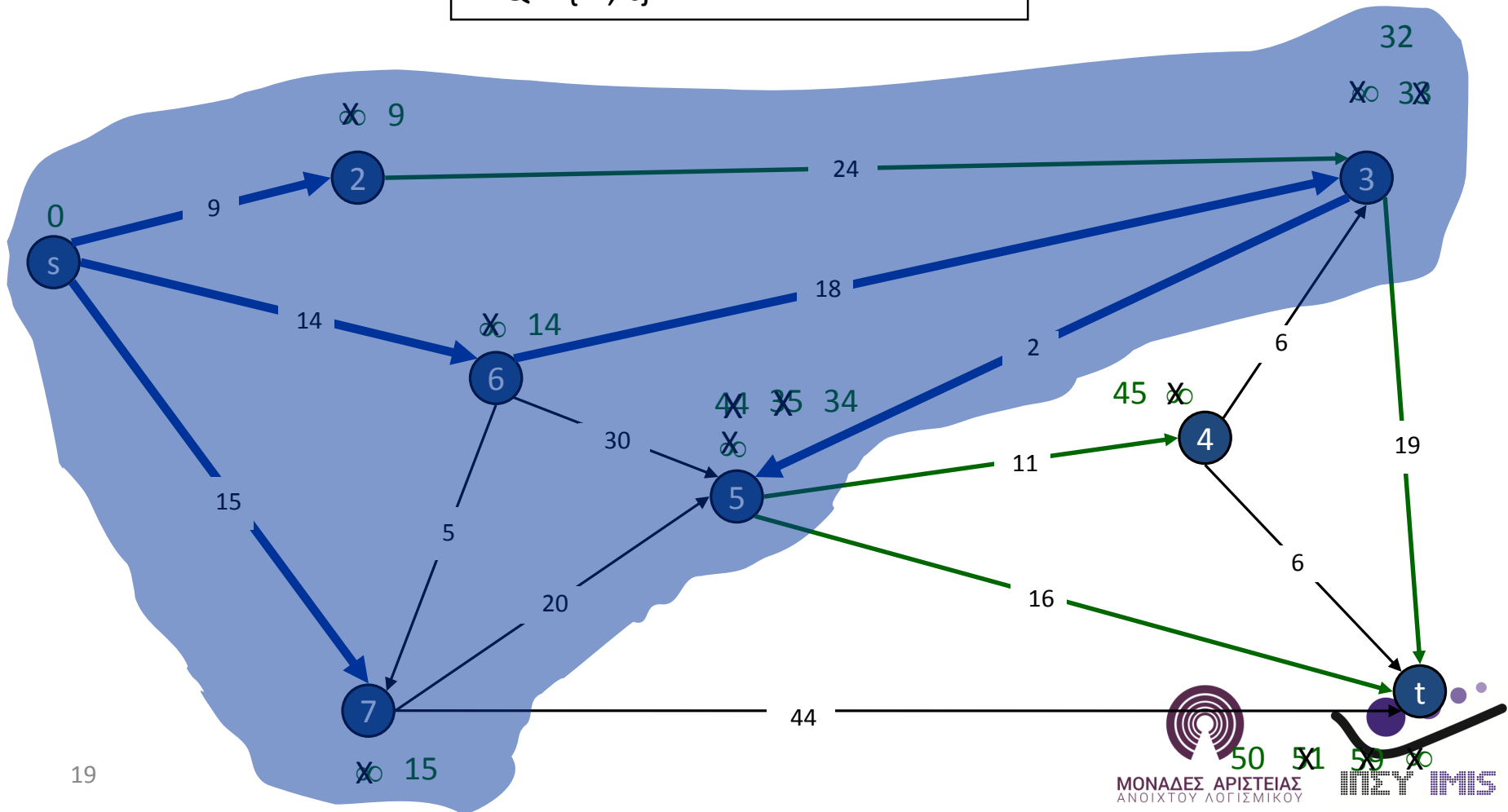
$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$
 $PQ = \{4, 5, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

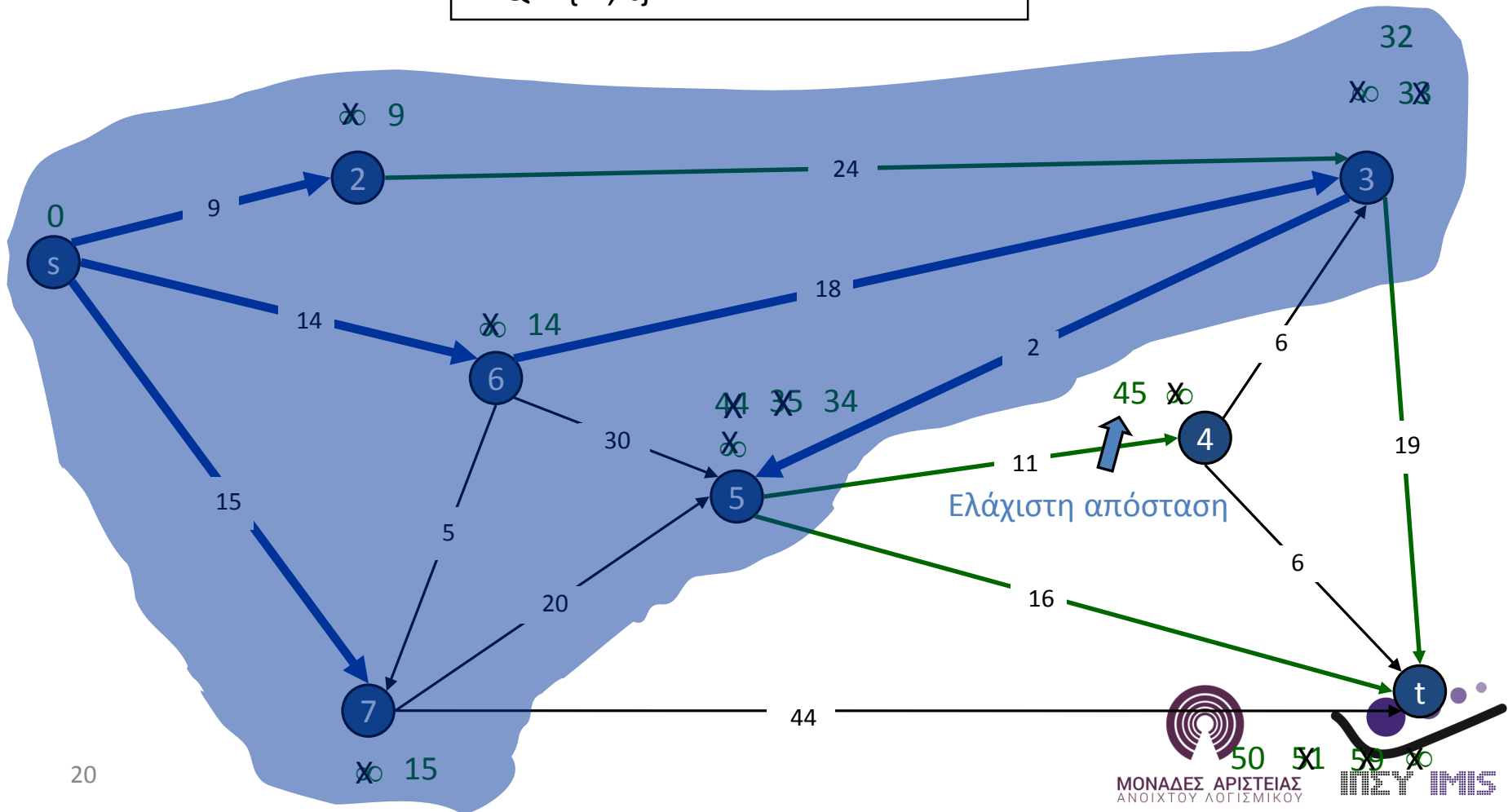
$PQ = \{4, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

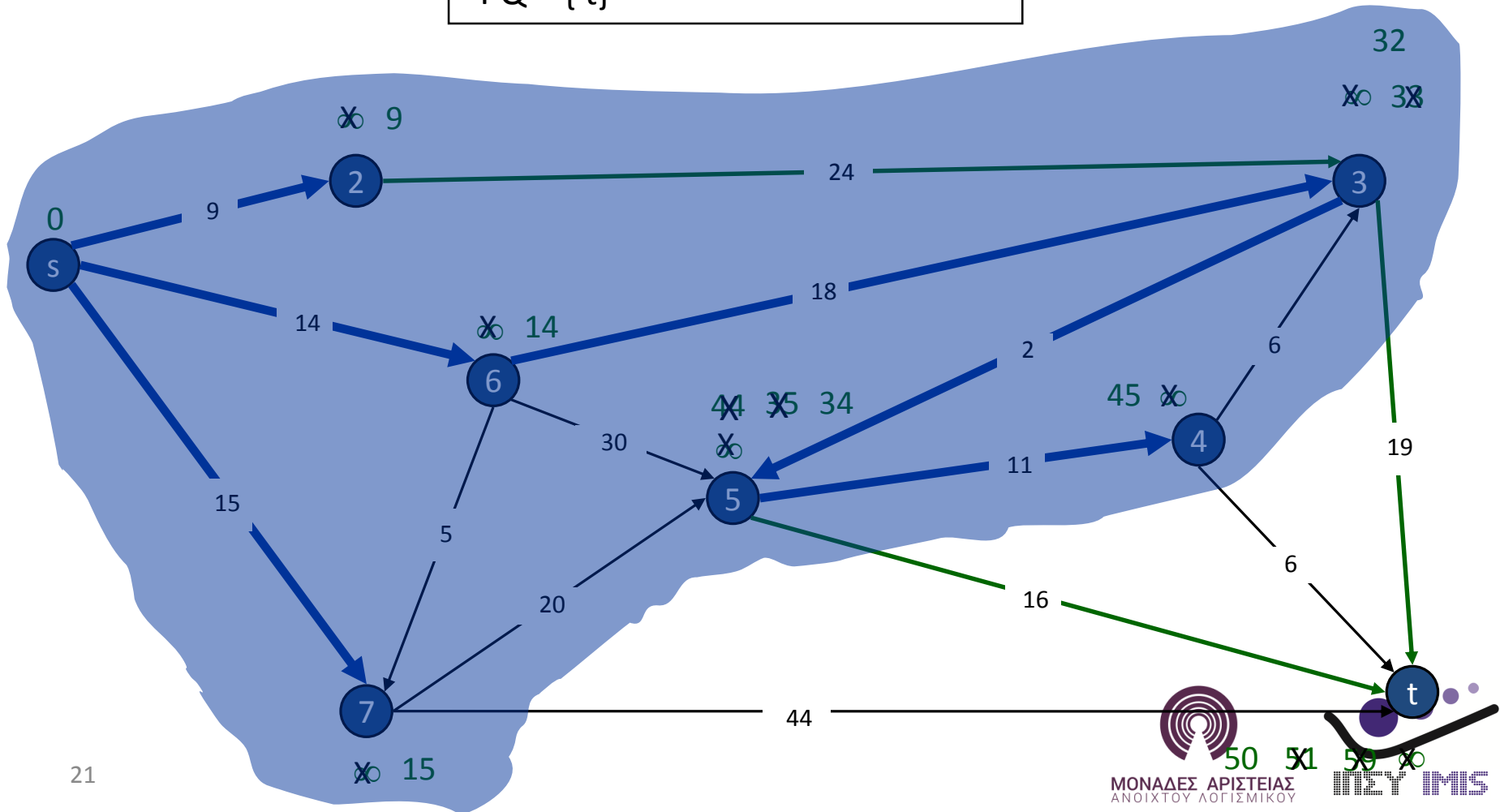
$PQ = \{4, t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

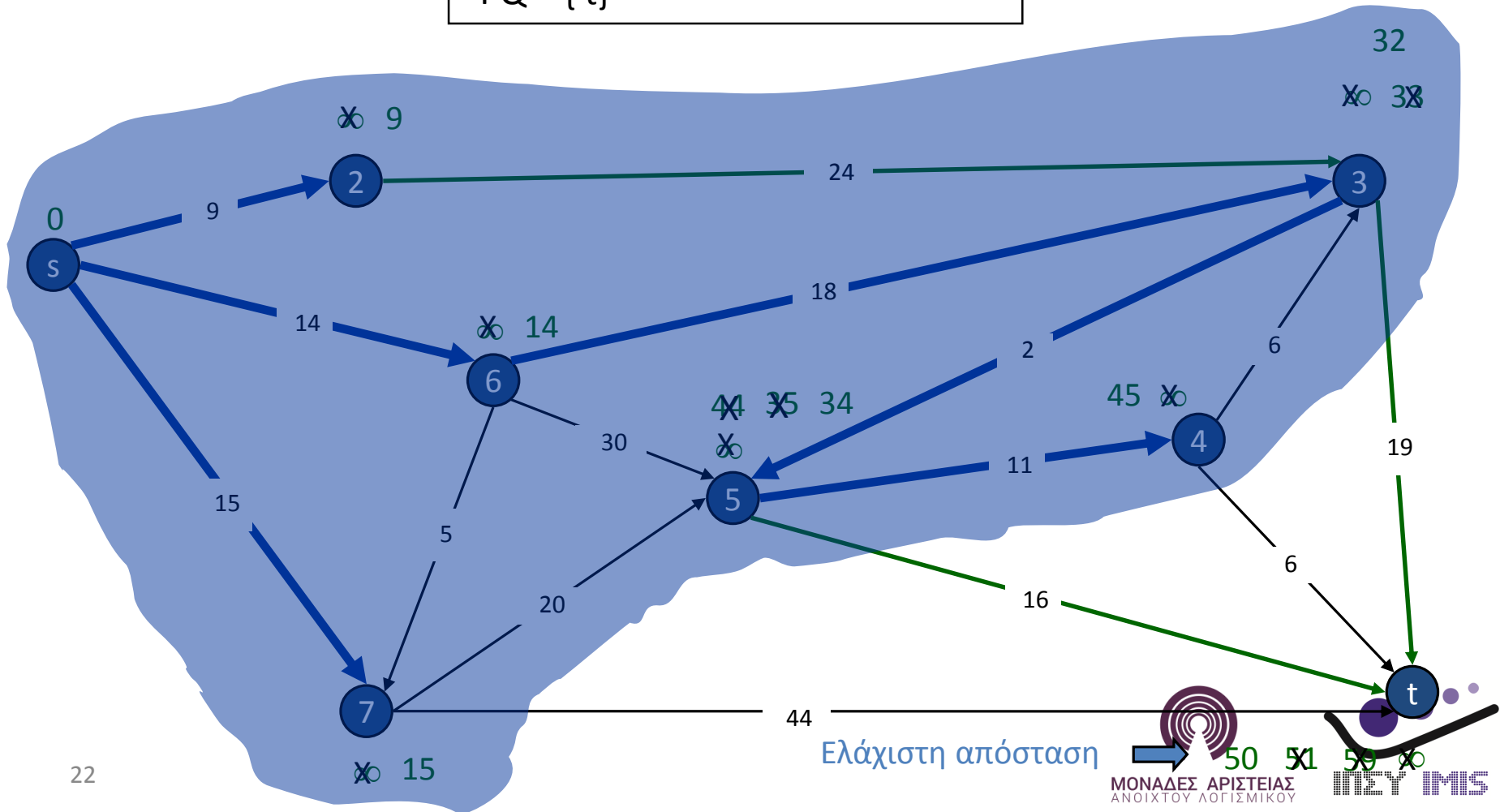
$PQ = \{t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

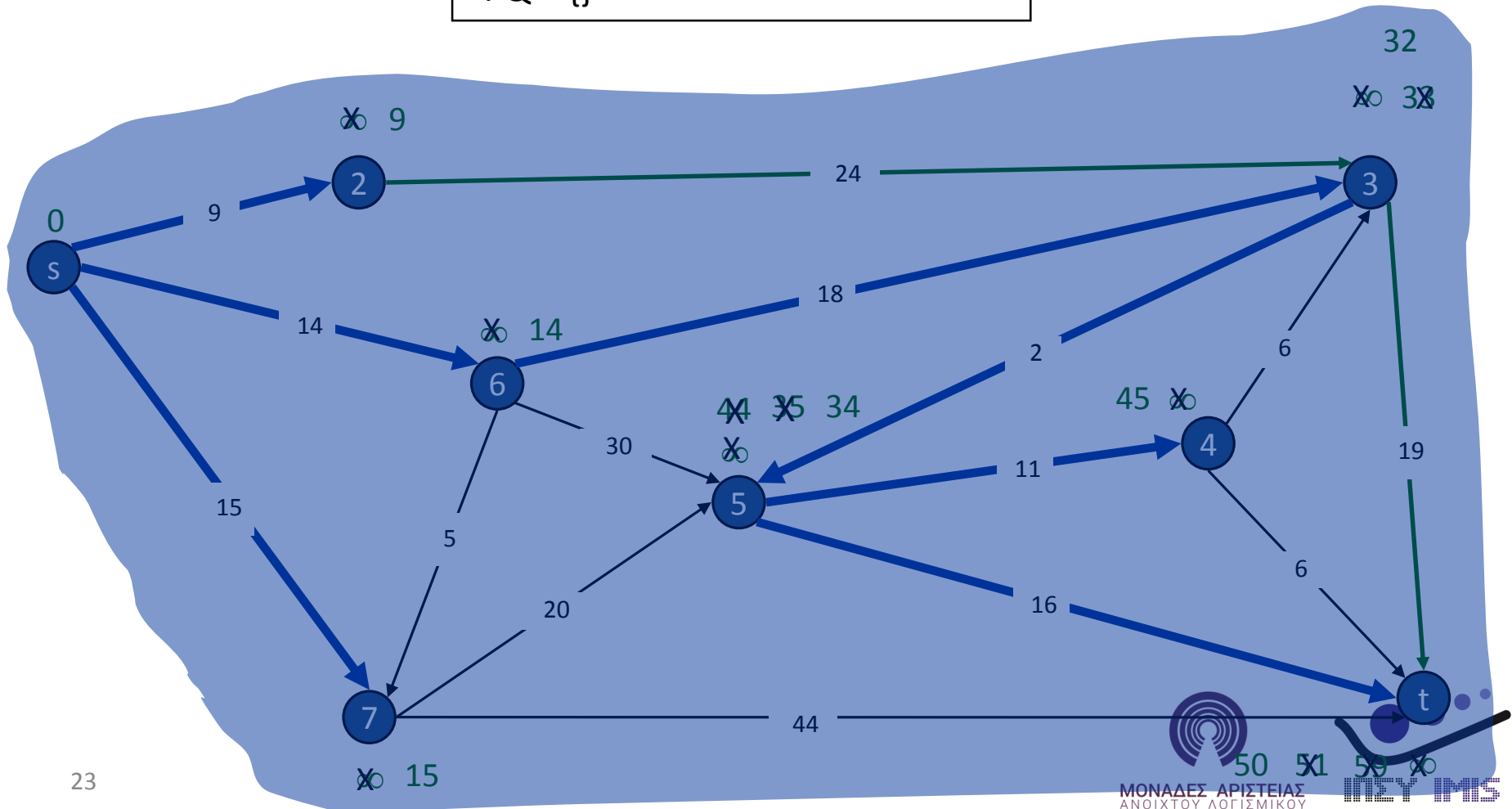
$PQ = \{t\}$



Εύρεση του συντομότερου μονοπατιού με τον αλγόριθμο Dijkstra

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

$PQ = \{\}$



pgRouting

Το **pgRouting** είναι λογισμικό ΕΛ/ΛΑΚ που 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 (QGIS, uDig). Οι τροποποιήσεις μπορεί να γίνονται είτε από PCs είτε από άλλες 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 pgr_dijkstra
(sql text, source_id integer, target_id integer,
directed boolean, has_reverse_cost boolean)
RETURNS SETOF pgr_costresult AS '$libdir/librouting',
'shortest_path';
```

Εκτελώντας ερώτημα SQL επί της pgr_dijkstra 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 double 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 seq, id1 AS node, id2 AS edge, cost FROM
pgr_dijkstra('SELECT id AS id,
              source::integer,
              target::integer,
              cost::double precision AS cost
              FROM edge_table',
              1, 5, false, false);
```



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 pgr_astar(  
sql text, source_id integer, target_id integer, directed  
boolean, has_reverse_cost boolean)  
RETURNS SETOF pgr_costresult AS '$libdir/librouting',  
'shortest_path_astar';
```

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 double 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).



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
```



Σύνδεσμοι

- <http://pgrouting.org/>



ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΡΙΣΤΕΙΑΣ
ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



INCY IMIS

GTFS

- Το GTFS ορίζει ένα κοινό πρότυπο για τα δρομολόγια μέσω μαζικής μεταφοράς και των αντίστοιχων γεωγραφικών πληροφοριών.
- Το GTFS επιτρέπει στους οργανισμούς μαζικής μεταφοράς να δημοσιεύουν δεδομένα μετάβασης και δρομολόγια και στους προγραμματιστές να γράφουν εφαρμογές που μπορούν να «καταναλώσουν» αυτά τα δεδομένα με διαλειτουργικό τρόπο.



Δομή δεδομένων GTFS

- agency
 - agency_name
 - agency_url
 - agency_timezone
- routes
 - route_id (primary key)
 - route_short_name
 - route_long_name
 - route_type
- trips
 - trip_id (primary key)
 - route_id (foreign key)
 - service_id (foreign key)
- stop_times
 - stop_id (primary key)
 - trip_id (foreign key)
 - arrival_time
 - departure_time
 - stop_sequence
- stops
 - stop_id (primary key)
 - stop_name
 - stop_lon
 - stop_lat
- calendar
 - service_id (primary key)
 - monday
 - tuesday
 - wednesday
 - thursday
 - friday
 - saturday
 - sunday
 - start_date
 - end_date

Παραδείγματα

agency.txt

```
agency_id, agency_name, agency_url, agency_timezone, agency_phone, agency_lang
FunBus, The Fun Bus, http://www.thefunbus.org, America/Los_Angeles, (310) 555-0222, en
```

stops.txt

```
stop_id, stop_name, stop_desc, stop_lat, stop_lon, stop_url, location_type, parent_station
S1, Mission St. & Silver Ave., The stop is located at the southwest corner of the intersection., 37.728631, -122.43128
S2, Mission St. & Cortland Ave., The stop is located 20 feet south of Mission St., 37.74103, -122.422482,,,
S3, Mission St. & 24th St., The stop is located at the southwest corner of the intersection., 37.75223, -122.418581,,,
S4, Mission St. & 21st St., The stop is located at the northwest corner of the intersection., 37.75713, -122.418982,,,
S5, Mission St. & 18th St., The stop is located 25 feet west of 18th St., 37.761829, -122.419382,,,
S6, Mission St. & 15th St., The stop is located 10 feet north of Mission St., 37.766629, -122.419782,,,
S7, 24th St. Mission Station,, 37.752240, -122.418450,,, S8
S8, 24th St. Mission Station,, 37.752240, -122.418450, http://www.bart.gov/stations/stationguide/stationoverview_24st.
```

routes.txt

```
route_id, route_short_name, route_long_name, route_desc, route_type
A, 17, Mission, "The "A" route travels from lower Mission to Downtown.", 3
```

trips.txt

```
route_id, service_id, trip_id, trip_headsign, block_id
A, WE, AWE1, Downtown, 1
A, WE, AWE2, Downtown, 2
```



Τρόπος εμφάνισης - διασύνδεσης

Route Short Name

Options ▾ Alternate routes ▲

Suggested trips with upcoming departures:

- 1: 7:37pm - 8:19pm (41 mins)
- 2: 7:38pm - 8:16pm (38 mins)
- 3: 7:52pm - 8:34pm (41 mins)

[Get reverse directions](#)

From: 309 SW 3rd Ave
Portland, OR 97204

Public transit \$2.05 (vs. \$6.50 driving!)
Showing Trip 2 Travel time: about 38 mins

Walk to W Burnside & SW 2nd
About 4 mins

[Show details](#)

Bus - 20 - Burnside/Stark - Direction: Gresham TC
Service run by TriMet

7:42pm	Depart W Burnside & SW 2nd (Stop ID: 9526)
...	32 mins
8:14pm	Arrive SE Stark & 162nd (Stop ID: 5454)

Highlighting the route's *short name* (20)



GTFS και άλλα εργαλεία

- Graphserver αποτελεί ΕΛ/ΛΑΚ δρομολόγησης με GTFS δεδομένα
- GTFS-OpenStreetMap Sync (GO-Sync), ένα εργαλείο λογισμικού ανοιχτού κώδικα που συγχρονίζει σύνολα δεδομένων GTFS με το OpenStreetMap
- TransitDataFeeder είναι μια web-based εφαρμογή ανοιχτού κώδικα για τη δημιουργία GTFS feeds
- Transit Wand είναι μια web και mobile εφαρμογή ανοιχτού κώδικα για τη συλλογή δεδομένων μετακίνησης
- GTFS Editor είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα σε Java για τη δημιουργία και επεξεργασία των δεδομένων GTFS
- GTFS και Graphserver χρησιμοποιούνται από το OpenTripPlanner (ΕΛ/ΛΑΚ), για το σχεδιασμό ταξιδιών με πολλαπλά μέσα.



OpenTripPlanner

- OpenTripPlanner (OTP) είναι μια ΕΛ/ΛΑΚ πλατφόρμα σχεδιασμού πολυτροπικών ταξιδιών
- Υποστηρίζει ένα μοντέλο client-server, παρέχοντας αρκετές web διασυνδέσεις με χάρτες, καθώς και ένα πλούσιο API για χρήση από εφαρμογές τρίτων
- Το OTP βασίζεται σε ανοικτά πρότυπα δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του GTFS για τις πολυτροπικές μετακινήσεις και το OpenStreetMap για το οδικό δίκτυο



Παραδείγματα

OpenTripPlanner

Trip Planner

PLAN A TRIP

From

To

When: Depart 12:49pm 5/20/2015

Travel by: Transit

Show me the: Quick trip

Maximum walk: 1/2 mile

Walk speed: 3 mph

Wheelchair accessible trip:

Plan Your Trip

The map displays a grid of streets including East 143rd Ave, East 142nd Ave, East 139th Ave, East 138th Ave, East 137th Ave, East 136th Ave, East Fletcher Ave, East 133rd Ave, East 132nd Ave, East 131st Ave, East 127th Ave, and East 122nd Ave. Major roads like North 15th St, North 20th St, North 21st St, North 22nd St, North 29th St, and Bruce B Downs Blvd are also shown. Landmarks such as University Park and University Mall are visible. A yellow transit route is highlighted, starting from the top left and moving south along North 15th St, then east along East Fletcher Ave, and continuing south along Bruce B Downs Blvd.



Εργαλεία

- GTFS δεδομένα
- OpenStreetMaps
- JAVA

