IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΜΣ: «Ψηφιακες Εφαρμογες και Καινοτομια»

«Πρακτική υλοποίηση προγραμμάτων για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης μέσω του κβαντικού υπολογιστή D-Wave»

Ιάσων - Ιωάννης Παπαναγιώτου

Κέρκυρα, Φεβρουάριος 2020

IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

Κβαντικός υπολογισμός

- Bits: 2 δυνατές καταστάσεις (0 ή 1)
- Qubits: δύο καταστάσεις ταυτόχρονα
- Κβαντικές πύλες
- Κβαντική ανόπτηση

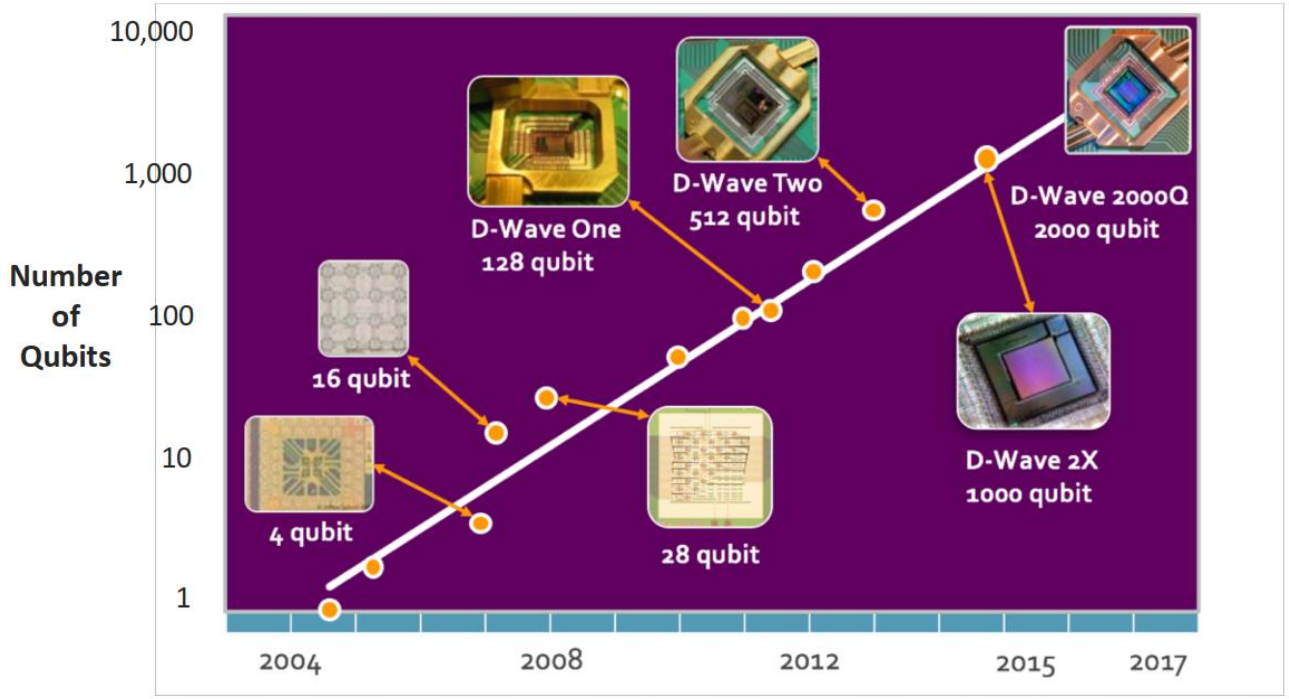


Ο κβαντικός υπολογιστής D-Wave

- Η QPU λειτουργεί σε θερμοκρασίες κάτω από 15 mK
- 15 επίπεδα προστασίας από το εξωτερικό περιβάλλον
- 2048 qubits (D-Wave 2000Q)
- Κβαντική ανόπτηση



Ο κβαντικός υπολογιστής D-Wave



	D-Wave One	D-Wave Two	D-Wave 2X	D-Wave 2000Q	Advantage
Ημερομηνία διάθεσης	Μάιος 2011	Μάιος 2013	Αύγουστος 2015	Ιανουάριος 2017	2020
Κωδική ονομασία	Rainier	Vesuvius	W1K	W2K	TBA
Qubits	128	512	1152	2048	> 5000
Θερμοκρασία λειτουργίας (K)	-	0,02	0,015	0,015	TBA
Κατανάλωση ενέργειας (kW)	-	15,5	25	25	TBA

IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

Ο κβαντικός υπολογιστής D-Wave - Εφαρμογές

Μηχανική μάθηση:

- Αναγνώριση εικόνων και προτύπων
- Εκπαίδευση νευρωνικών δικτυών
- Ταξινόμηση μη δομημένων δεδομένων

Βελτιστοποίηση:

- Κυκλοφοριακής ροής
- Διαφήμισης στο διαδίκτυο
- Τηλεπικοινωνιακών δικτύων

Οικονομία:

- Ανίχνευση διακυμάνσεων αγορών
- Βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου

Ασφάλεια:

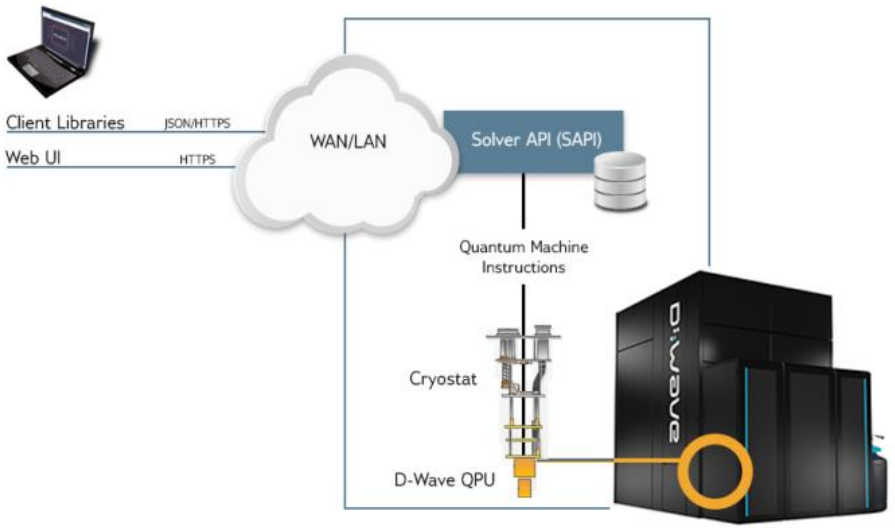
- Ανίχνευση κακόβουλου λογισμικού και επιθέσεων στο δίκτυο
- Αναγνώριση προτύπων και ανίχνευση ανωμαλιών
- Κρυπτογραφία

Υγεία:

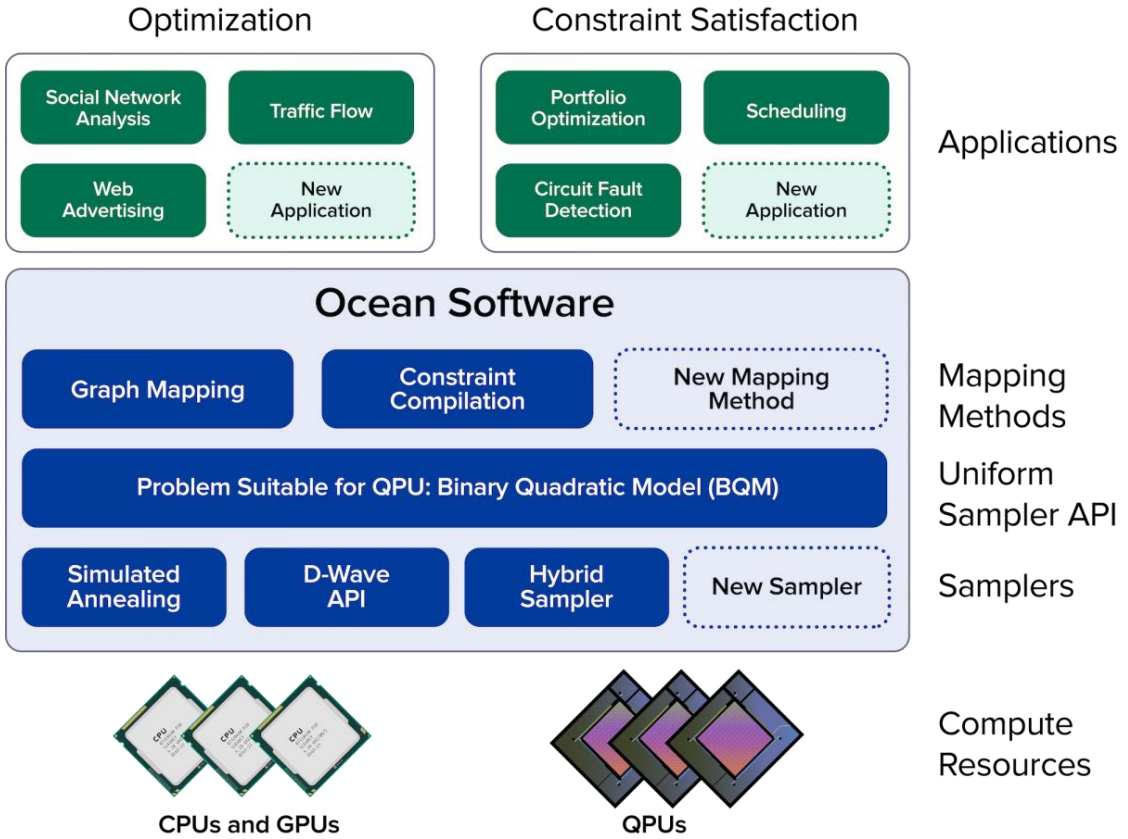
- Δημιουργία στοχευμένων θεραπειών
- Βελτιστοποίηση των ακτινοθεραπειών
- Μοντελοποίηση πρωτεϊνών

IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

Ο κβαντικός υπολογιστής D-Wave – Περιβάλλον προγραμματισμού



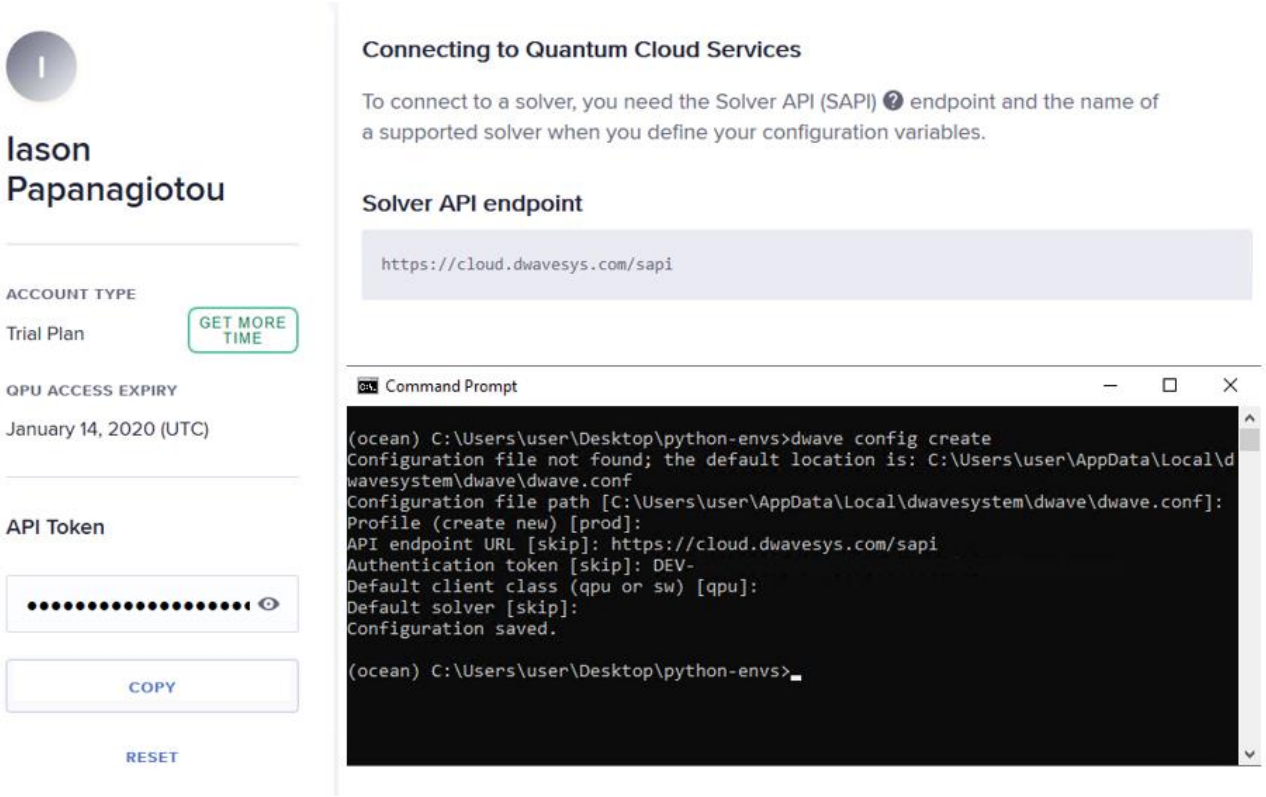
- Solver API
- Ocean SDK
- Leap



IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

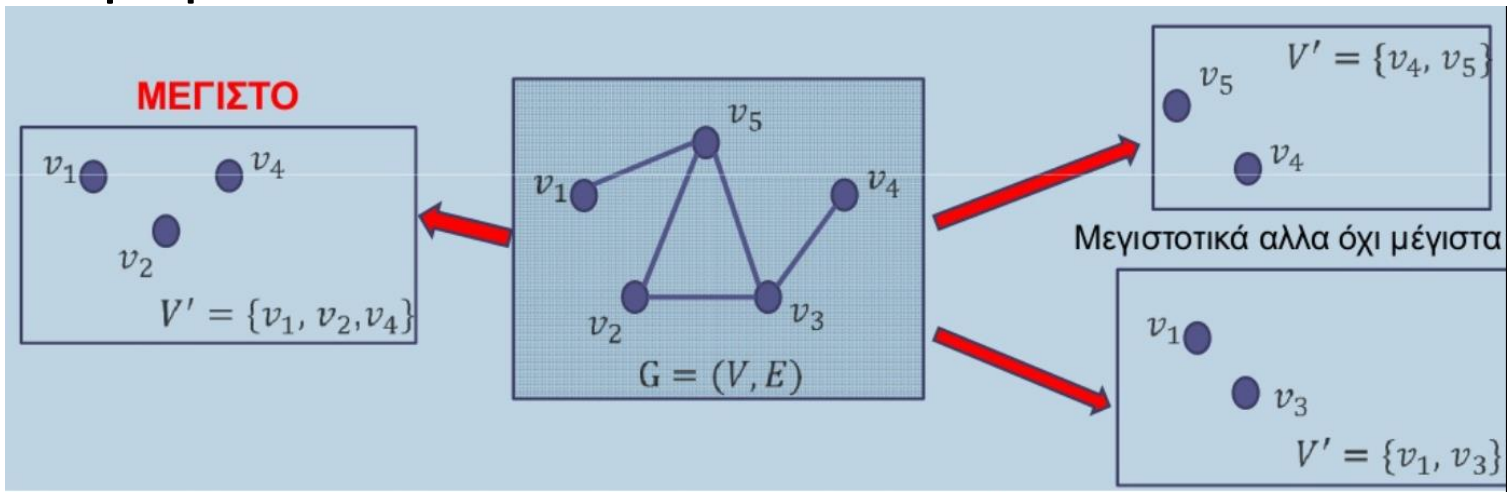
Επίλυση προβλημάτων στον D-Wave

- Εγκατάσταση SDK
- NP-complete προβλήματα

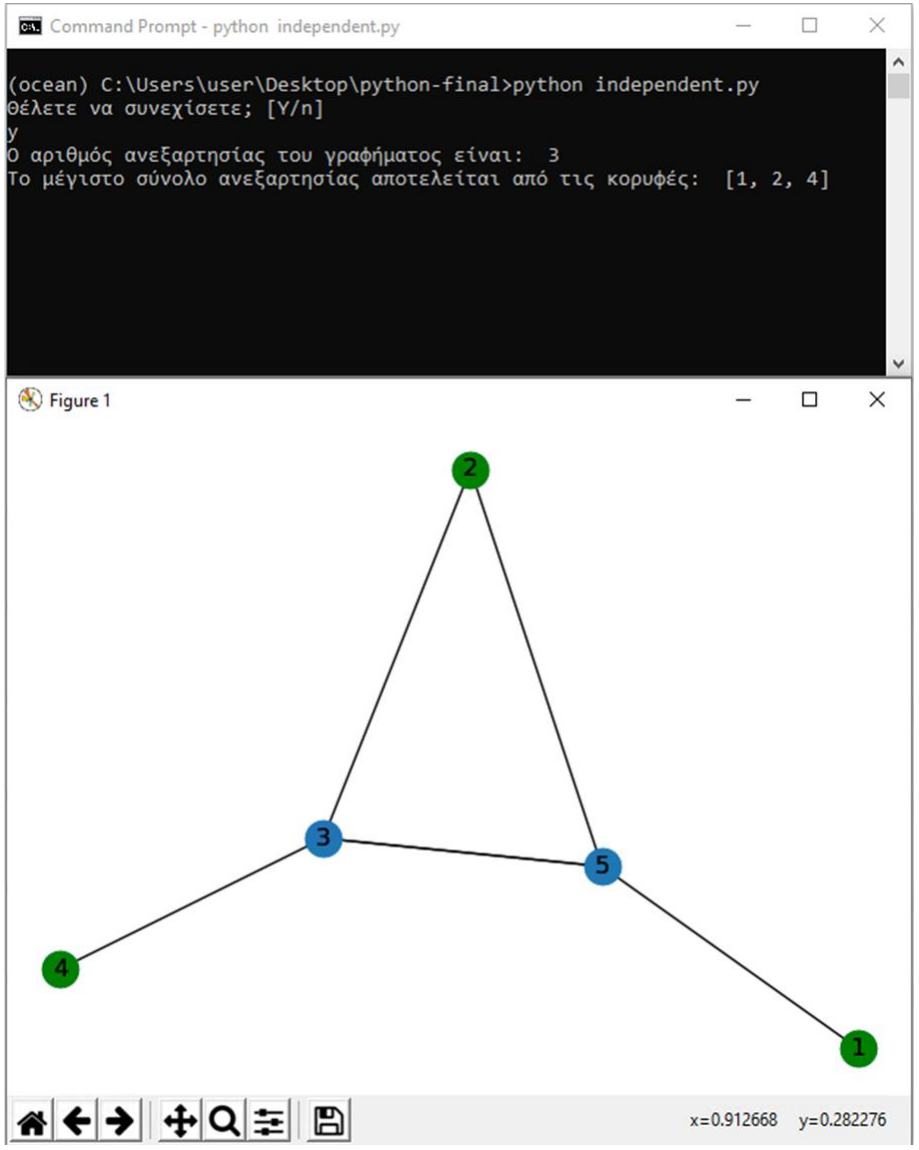


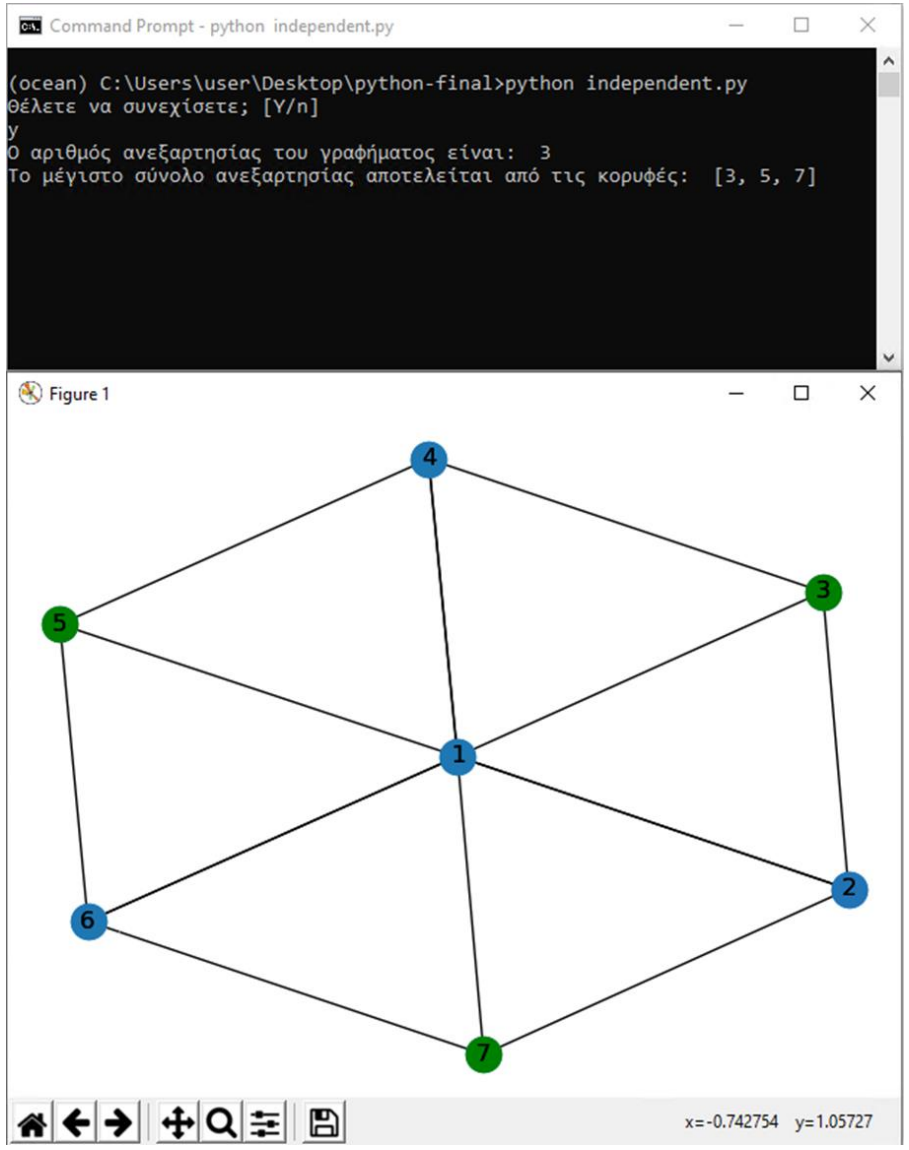
Μέγιστο Ανεξάρτητο Σύνολο (ΜΣΑ)

- Υποσύνολο των κορυφών του γραφήματος που δεν συνδέονται με ακμή
- Ένα σύνολο ανεξαρτησίας που δε μπορεί να επαυξηθεί περαιτέρω ονομάζεται μεγιστοτικό
- Το μεγαλύτερο σε πληθάριθμο μεγιστοτικό σύνολο ανεξαρτησίας αποτελεί το μέγιστο



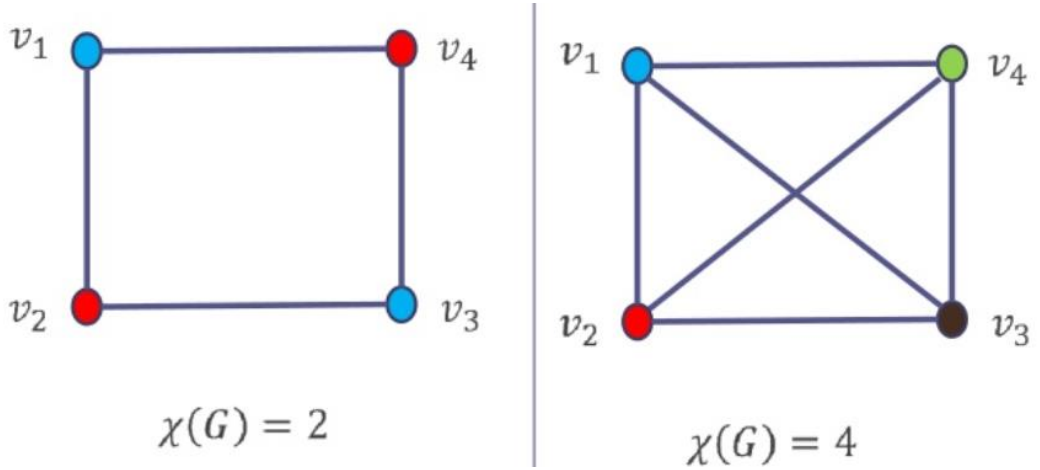
Μέγιστο Ανεξάρτητο Σύνολο (ΜΣΑ) Παραδείγματα



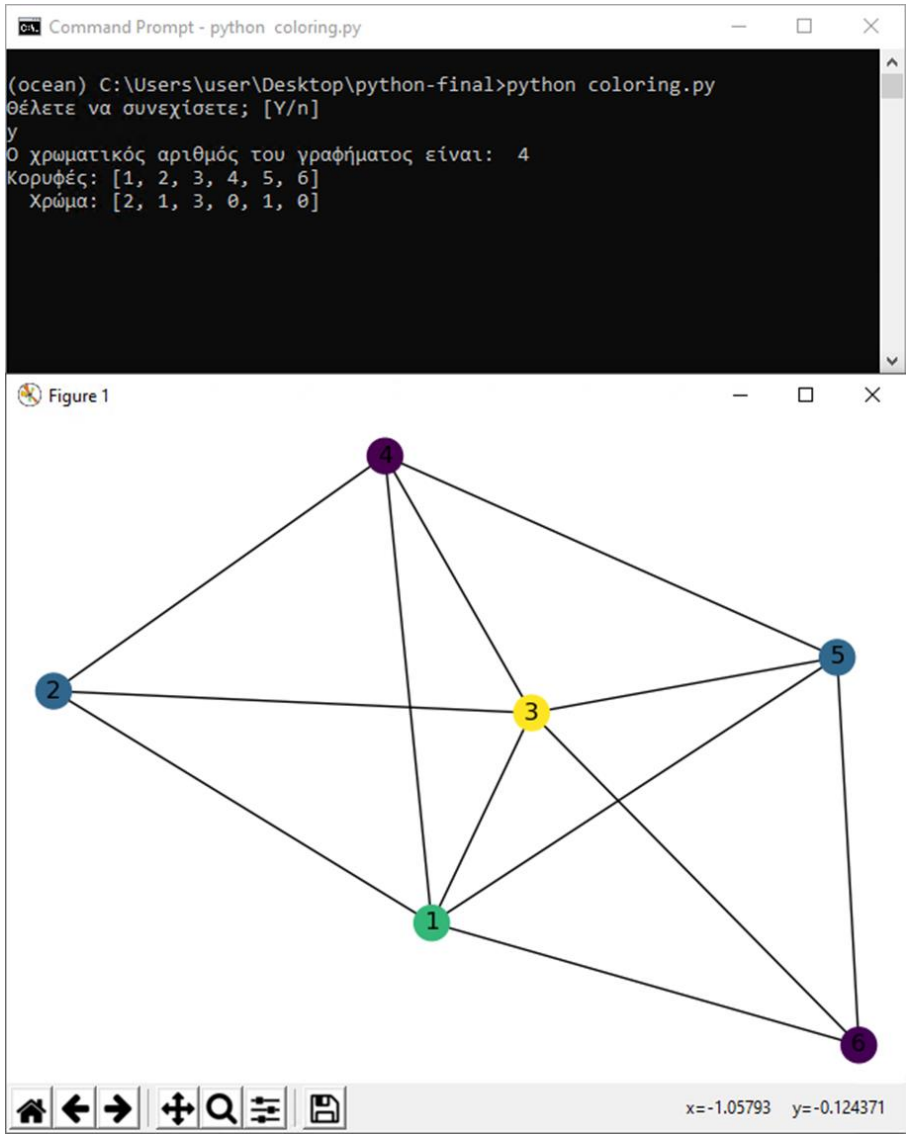


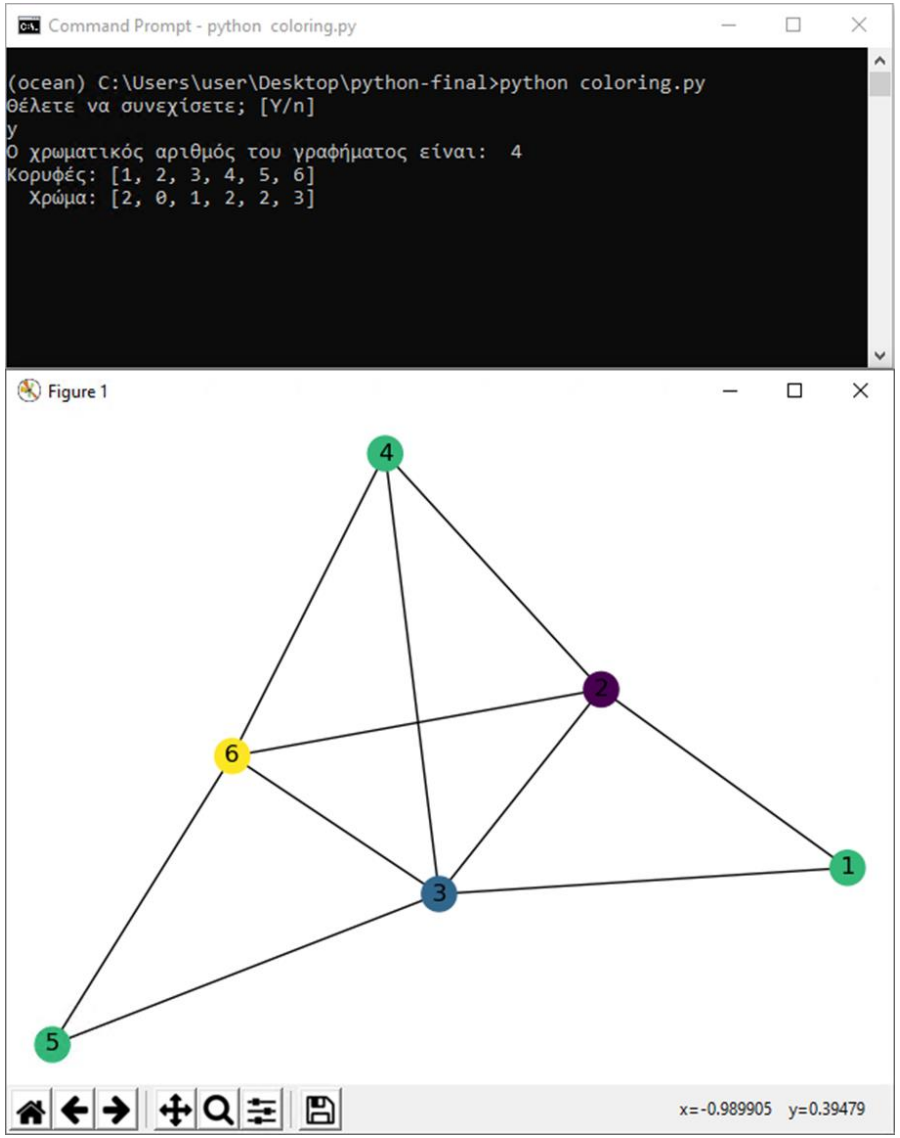
Χρωματικός αριθμός γραφήματος

- Χρωματισμός ενός γραφήματος ονομάζεται μια ανάθεση χρωμάτων στις κορυφές του, ούτως ώστε κάθε ζευγάρι κορυφών που συνδέεται με ακμή να έχει διαφορετικό χρώμα
- Χρωματικός αριθμός ενός γραφήματος καλείται το ελάχιστο k, για το οποίο ο γράφος είναι k-χρωματίσιμος



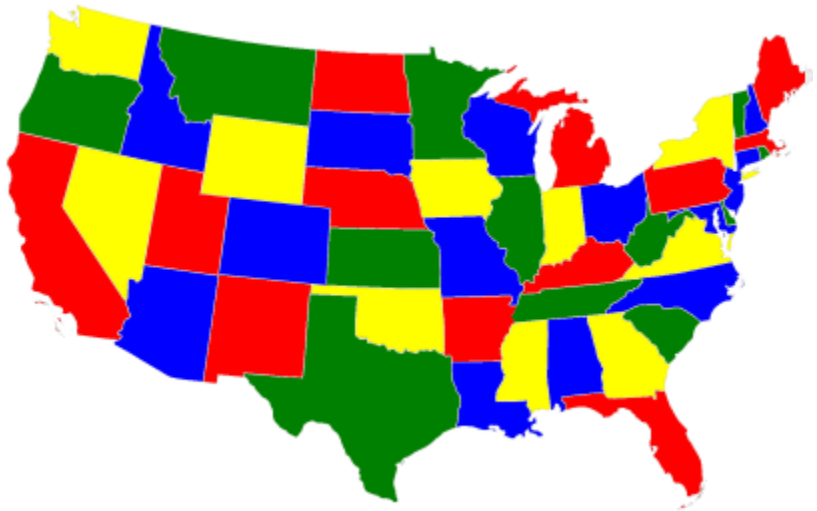
Χρωματικός αριθμός γραφήματος Παραδείγματα





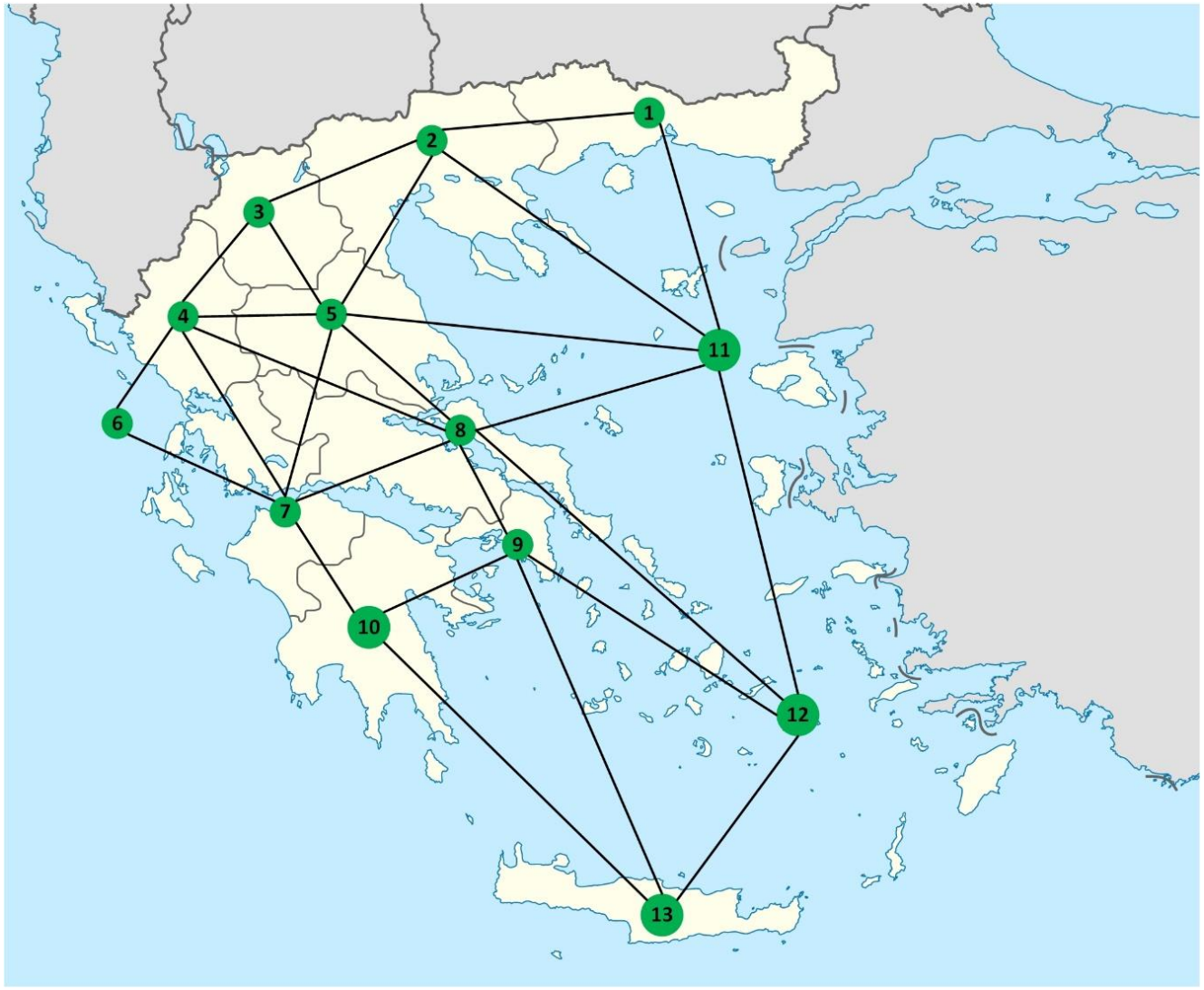
Χρωματισμός χάρτη

- Το ελάχιστο πλήθος χρωμάτων που απαιτούνται για να χρωματισθεί ένας χάρτης, έτσι ώστε δύο γειτονικές περιοχές να μην έχουν το ίδιο χρώμα.

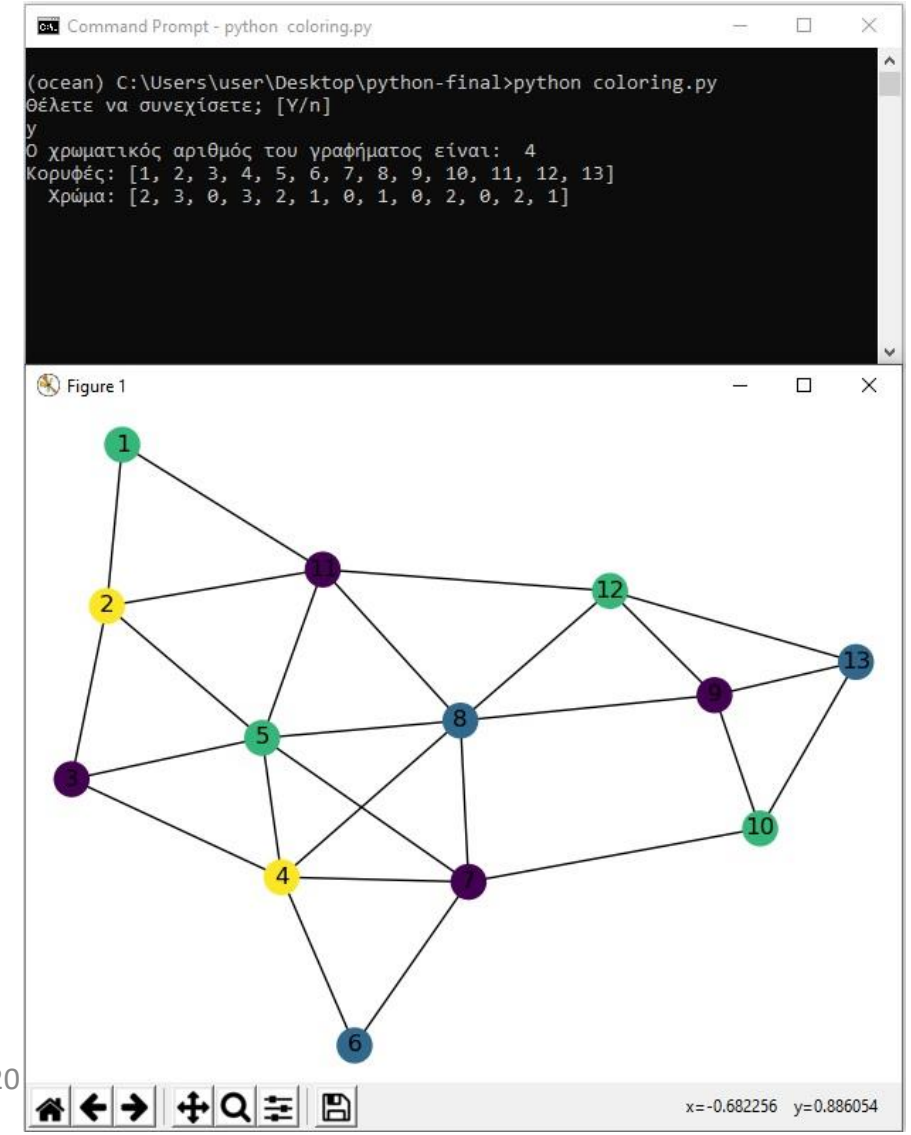


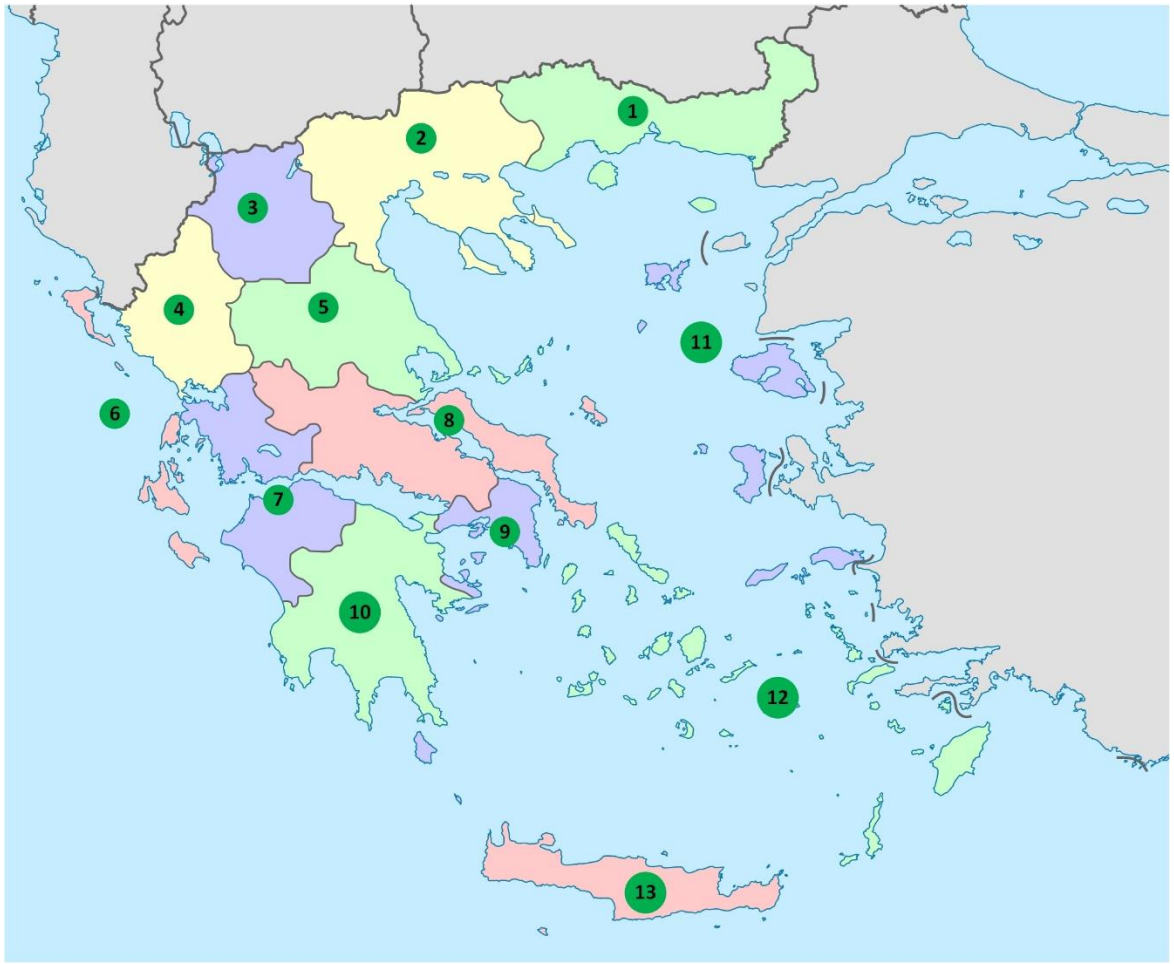
IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

Χρωματισμός χάρτη Παράδειγμα



Χρωματισμός χάρτη Παράδειγμα





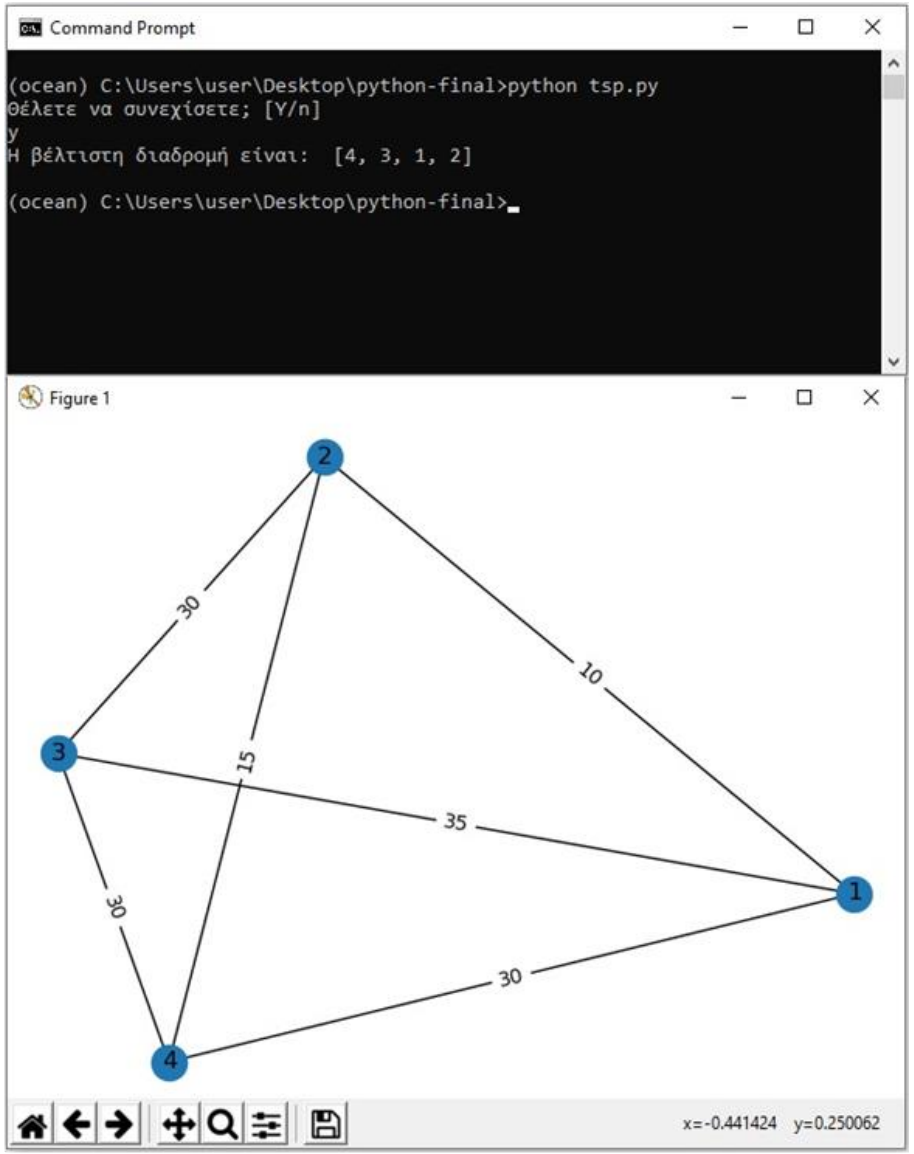
IONIAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF INFORMATICS

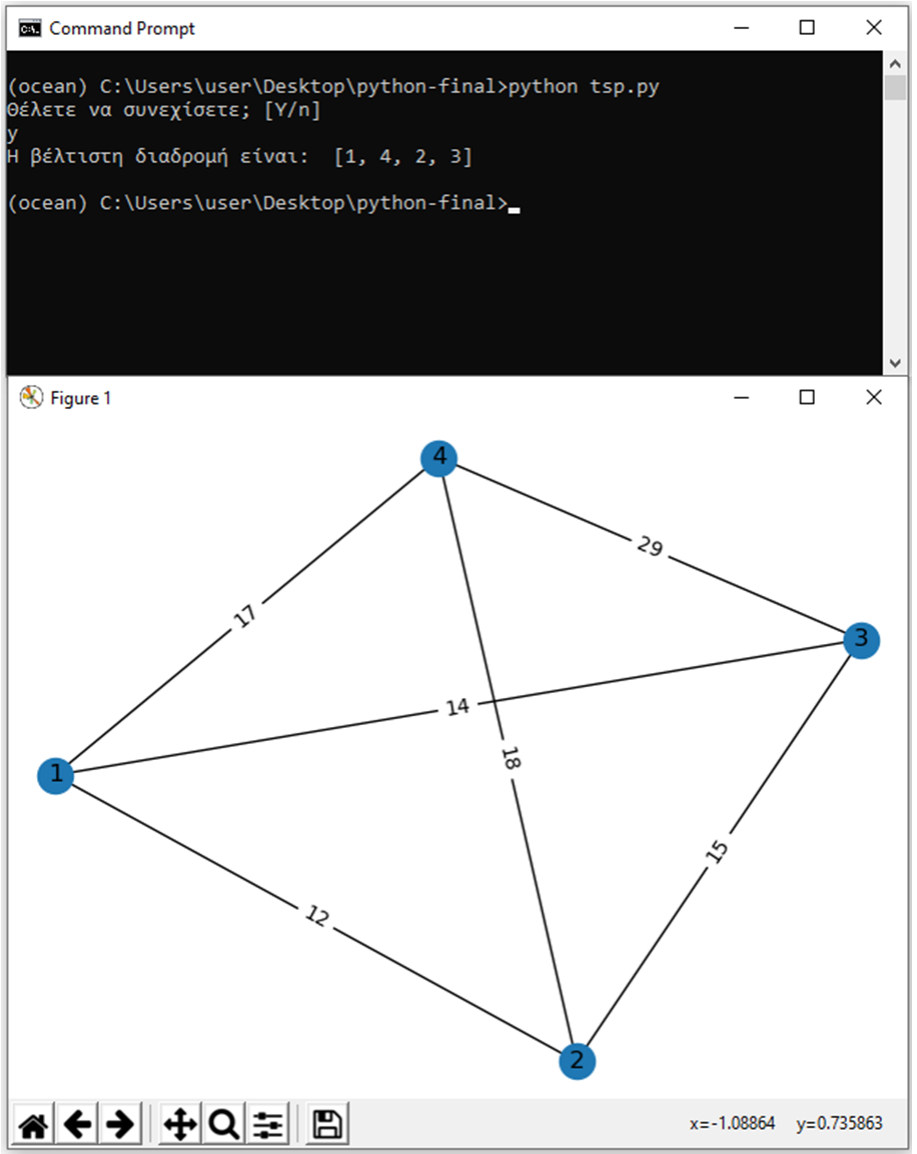
Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή

«Περίπατος» του πωλητή στις πόλεις, ο οποίος:

- Θα ξεκινά και θα τελειώνει στην ίδια πόλη
- Θα περνάει μια μόνο φορά από την κάθε μία
- Θα έχει το ελάχιστο κόστος

Το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή Παραδείγματα





Δομή προγραμμάτων (1/2)

```
## Εισαγωγή αρθρώματος sys
import sys

## Εισαγωγή αρθρώματος networkx για το χειρισμό γραφημάτων
import networkx as nx

## Εισαγωγή αρθρώματος dwave_networkx της D-Wave
import dwave_networkx as dnx

## Εισαγωγή αρθρώματος matplotlib.pyplot για την απεικόνιση των γραφημάτων
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
## Εισαγωγή αρθρώματος - ορισμός πόρου για την επίλυση του προβλήματος
from dwave.system.samplers import DWaveSampler
from dwave.system.composites import EmbeddingComposite
sampler = EmbeddingComposite(DWaveSampler())
```

```
## Δημιουργία ενός κενού γραφήματος
G = nx.Graph()

## Προσθήκη κορυφών (με αύξουσα σειρά) και ακμών στο γράφημα
#G4
G.add_nodes_from([1,2,3,4,5,6])
G.add_edges_from([(1,3),(1,2),(2,3),(2,4),(2,6),(3,4),(3,6),(3,5),(4,6),(5,6)])

## Απεικόνιση του γραφήματος πριν την αποστολή για επίλυση
plt.figure()
nx.draw(G,pos=nx.spring_layout(G),with_labels=True)
plt.show()
```

Δομή προγραμμάτων (2/2)

```
## Έλεγχος για συνέχεια του προγράμματος ανάλογα την απάντηση του χρήστη
yes=["yes","y","YES","Y"]
no=["no","n","N","NO"]
answer = ""
while answer not in yes:
    print("Θέλετε να συνεχίσετε; [Y/n]")
    answer = input()
    if answer in no:
        sys.exit("Το πρόγραμμα τερματίστηκε")
```

```
## Εύρεση χρωματισμού κορυφών χρησιμοποιώντας τον ελάχιστο αριθμό χρωμάτων
S = dnx.min_vertex_color(G, sampler=sampler)
```

```
## Εκτύπωση της λύσης
## Get dictionary values, find max, add 1
print('Ο χρωματικός αριθμός του γραφήματος είναι: ', max(S.values())+1)
print("Κορυφές:", list(S.keys()))
print("  Χρώμα:", list(S.values()))

## Απεικόνιση της λύσης
plt.figure()
nx.draw(G,pos=nx.spring_layout(G),with_labels=True,node_color=list(S.values()))
plt.show()
```

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Ερωτήσεις;