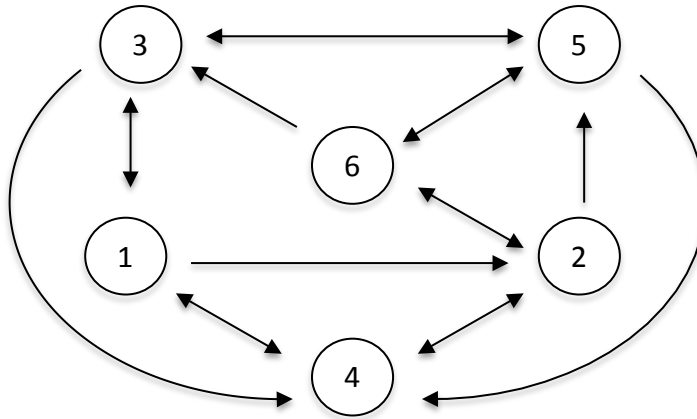


Εργαστήριο Τεχνητή Νοημοσύνη II

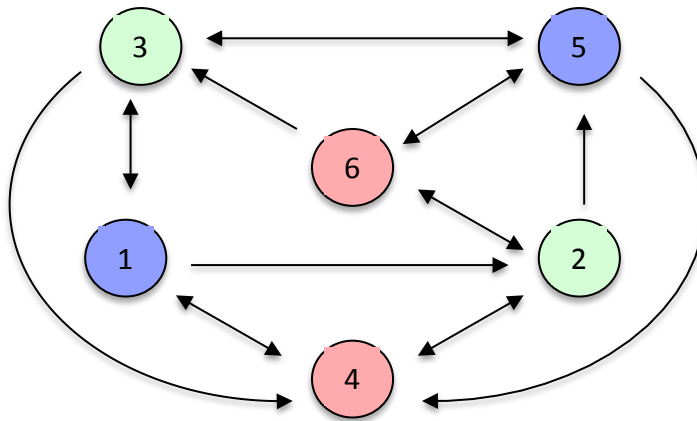
Παύλος Πέππας

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

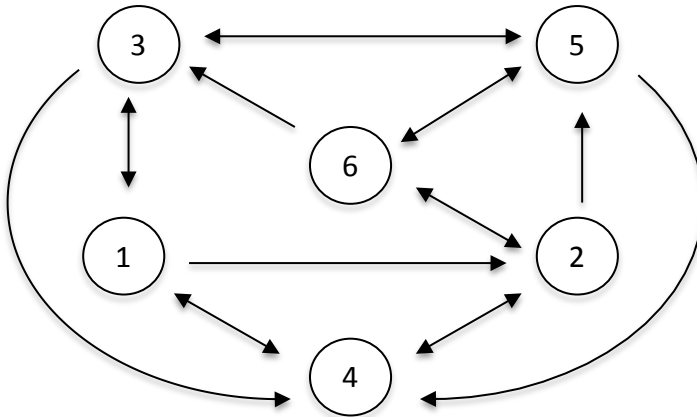
Χρωματισμός Γράφου



Χρωματισμός Γράφου



Χρωματισμός Γράφου



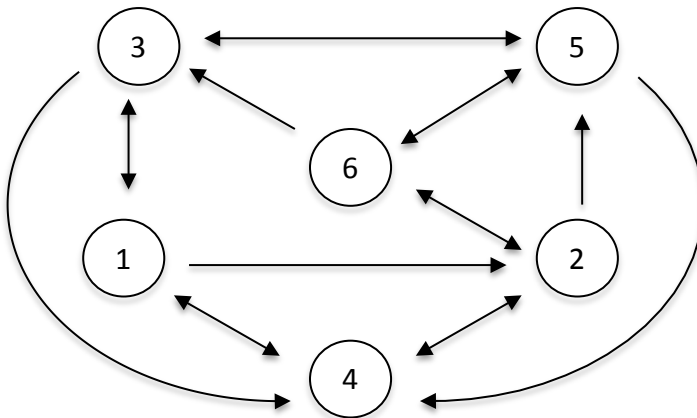
Βάση Γνώσης

$\text{node}(1) \wedge \text{node}(2) \wedge \text{node}(3) \wedge \text{node}(4) \wedge \text{node}(5) \wedge \text{node}(6)$

$\text{edge}(1,2) \wedge \text{edge}(2,4) \wedge \text{edge}(3,1) \wedge \text{edge}(4,1) \wedge \text{edge}(5,3)$
 $\text{edge}(6,2) \wedge \text{edge}(1,3) \wedge \text{edge}(2,5) \wedge \text{edge}(3,4) \wedge \text{edge}(4,2)$
 $\text{edge}(5,4) \wedge \text{edge}(6,3) \wedge \text{edge}(1,4) \wedge \text{edge}(2,6) \wedge \text{edge}(3,5)$
 $\text{edge}(5,6) \wedge \text{edge}(6,5)$

$\text{col}(r) \wedge \text{col}(g) \wedge \text{col}(b)$

Χρωματισμός Γράφου



Βάση Γνώσης

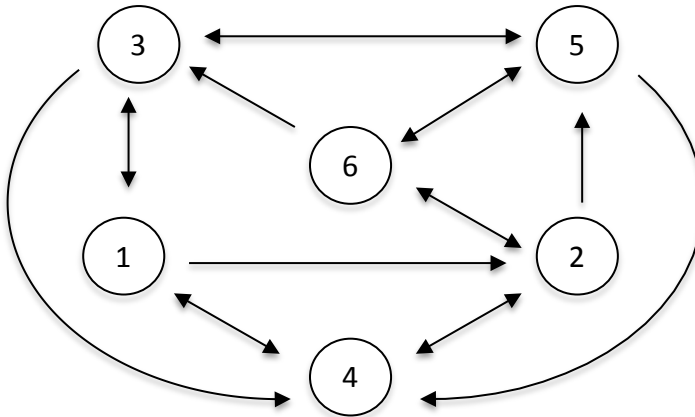
$\text{node}(1) \wedge \text{node}(2) \wedge \text{node}(3) \wedge \text{node}(4) \wedge \text{node}(5) \wedge \text{node}(6)$

$\text{edge}(1, 2) \wedge \text{edge}(2, 4) \wedge \text{edge}(3, 1) \wedge \text{edge}(4, 1) \wedge \text{edge}(5, 3)$
 $\text{edge}(6, 2) \wedge \text{edge}(1, 3) \wedge \text{edge}(2, 5) \wedge \text{edge}(3, 4) \wedge \text{edge}(4, 2)$
 $\text{edge}(5, 4) \wedge \text{edge}(6, 3) \wedge \text{edge}(1, 4) \wedge \text{edge}(2, 6) \wedge \text{edge}(3, 5)$
 $\text{edge}(5, 6) \wedge \text{edge}(6, 5)$

$\text{col}(r) \wedge \text{col}(g) \wedge \text{col}(b)$

$\forall x (\text{node}(x) \Rightarrow \exists z (\text{col}(z) \wedge \text{color}(x, z))$

Χρωματισμός Γράφου



Βάση Γνώσης

$\text{node}(1) \wedge \text{node}(2) \wedge \text{node}(3) \wedge \text{node}(4) \wedge \text{node}(5) \wedge \text{node}(6)$

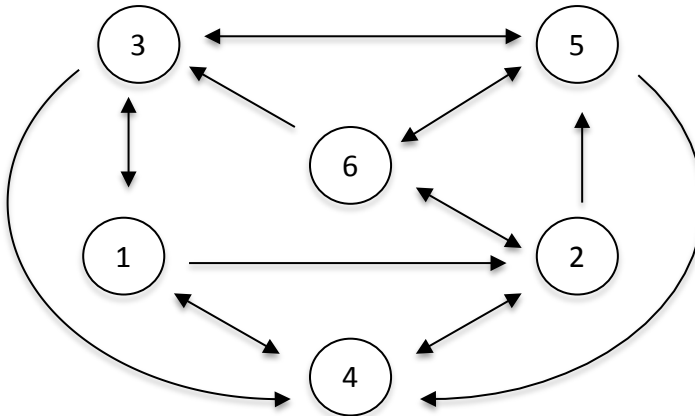
$\text{edge}(1,2) \wedge \text{edge}(2,4) \wedge \text{edge}(3,1) \wedge \text{edge}(4,1) \wedge \text{edge}(5,3)$
 $\text{edge}(6,2) \wedge \text{edge}(1,3) \wedge \text{edge}(2,5) \wedge \text{edge}(3,4) \wedge \text{edge}(4,2)$
 $\text{edge}(5,4) \wedge \text{edge}(6,3) \wedge \text{edge}(1,4) \wedge \text{edge}(2,6) \wedge \text{edge}(3,5)$
 $\text{edge}(5,6) \wedge \text{edge}(6,5)$

$\text{col}(r) \wedge \text{col}(g) \wedge \text{col}(b)$

$\forall x (\text{node}(x) \Rightarrow \exists z (\text{col}(z) \wedge \text{color}(x,z))$

$\forall x \forall y \forall z (\text{color}(x,y) \wedge \text{color}(x,z) \Rightarrow y=z)$

Χρωματισμός Γράφου



Βάση Γνώσης

$\text{node}(1) \wedge \text{node}(2) \wedge \text{node}(3) \wedge \text{node}(4) \wedge \text{node}(5) \wedge \text{node}(6)$

$\text{edge}(1,2) \wedge \text{edge}(2,4) \wedge \text{edge}(3,1) \wedge \text{edge}(4,1) \wedge \text{edge}(5,3)$
 $\text{edge}(6,2) \wedge \text{edge}(1,3) \wedge \text{edge}(2,5) \wedge \text{edge}(3,4) \wedge \text{edge}(4,2)$
 $\text{edge}(5,4) \wedge \text{edge}(6,3) \wedge \text{edge}(1,4) \wedge \text{edge}(2,6) \wedge \text{edge}(3,5)$
 $\text{edge}(5,6) \wedge \text{edge}(6,5)$

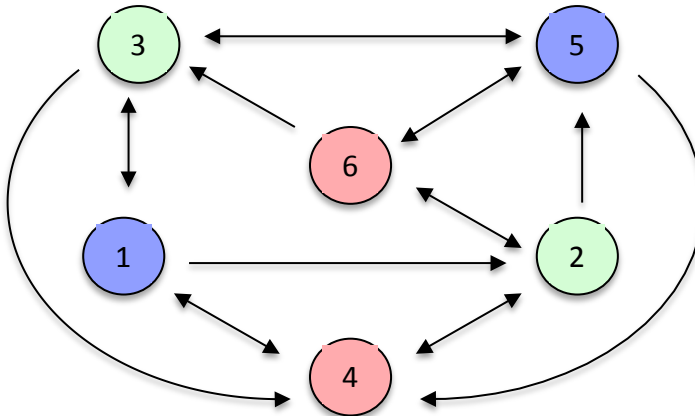
$\text{col}(r) \wedge \text{col}(g) \wedge \text{col}(b)$

$\forall x (\text{node}(x) \Rightarrow \exists z (\text{col}(z) \wedge \text{color}(x,z))$

$\forall x \forall y \forall z (\text{color}(x,y) \wedge \text{color}(x,z) \Rightarrow y=z)$

$\neg (\exists x \exists y \exists z (\text{edge}(x,y) \wedge \text{color}(x,z) \wedge \text{color}(y,z))$

Χρωματισμός Γράφου



Βάση Γνώσης

$\text{node}(1) \wedge \text{node}(2) \wedge \text{node}(3) \wedge \text{node}(4) \wedge \text{node}(5) \wedge \text{node}(6)$

$\text{edge}(1,2) \wedge \text{edge}(2,4) \wedge \text{edge}(3,1) \wedge \text{edge}(4,1) \wedge \text{edge}(5,3)$
 $\text{edge}(6,2) \wedge \text{edge}(1,3) \wedge \text{edge}(2,5) \wedge \text{edge}(3,4) \wedge \text{edge}(4,2)$
 $\text{edge}(5,4) \wedge \text{edge}(6,3) \wedge \text{edge}(1,4) \wedge \text{edge}(2,6) \wedge \text{edge}(3,5)$
 $\text{edge}(5,6) \wedge \text{edge}(6,5)$

$\text{col}(r) \wedge \text{col}(g) \wedge \text{col}(b)$

$\forall x (\text{node}(x) \Rightarrow \exists z (\text{col}(z) \wedge \text{color}(x,z))$

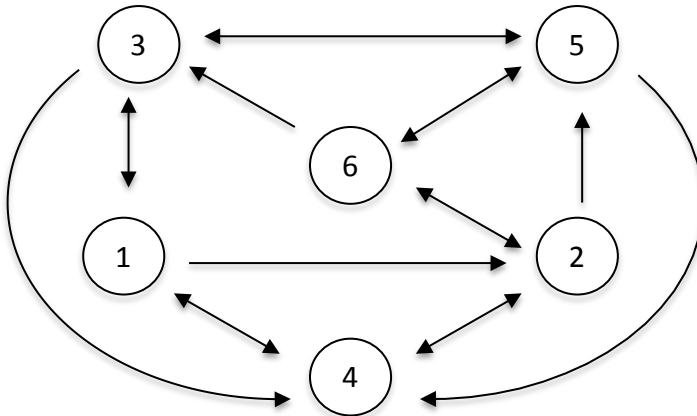
$\forall x \forall y \forall z (\text{color}(x,y) \wedge \text{color}(x,z) \Rightarrow y=z)$

$\neg (\exists x \exists y \exists z (\text{edge}(x,y) \wedge \text{color}(x,z) \wedge \text{color}(y,z))$

Ερμηνεία
(τμήμα...) που
ικανοποιεί την ΒΓ

$\text{color}(1,b)$
 $\text{color}(2,g)$
 $\text{color}(3,g)$
 $\text{color}(4,r)$
 $\text{color}(5,b)$
 $\text{color}(6,r)$

Χρωματισμός Γράφου



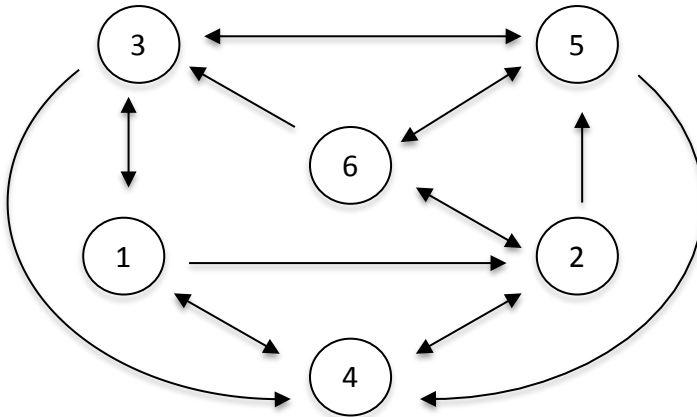
graphColoring_In.lp

```
node(1). node(2). node(3).  
node(4). node(5). node(6).
```

```
edge(1,2). edge(2,4). edge(3,1).  
edge(4,1). edge(5,3). edge(6,2).  
edge(1,3). edge(2,5). edge(3,4).  
edge(4,2). edge(5,4). edge(6,3).  
edge(1,4). edge(2,6). edge(3,5).  
edge(5,6). edge(6,5).
```

```
col(r).      col(g).      col(b).
```

Χρωματισμός Γράφου



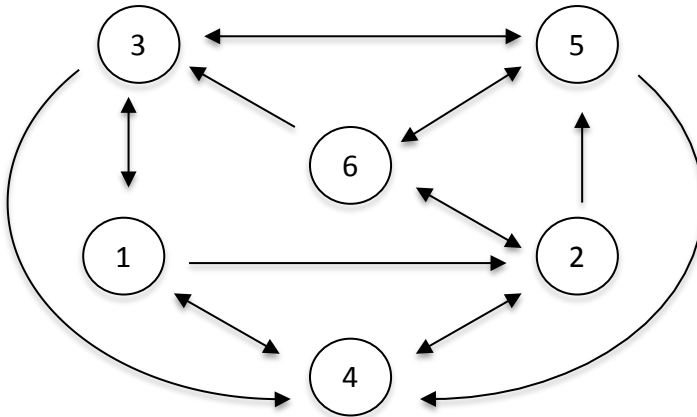
graphColoring_In.lp

```
node(1..6).
```

```
edge(1,2). edge(2,4). edge(3,1).  
edge(4,1). edge(5,3). edge(6,2).  
edge(1,3). edge(2,5). edge(3,4).  
edge(4,2). edge(5,4). edge(6,3).  
edge(1,4). edge(2,6). edge(3,5).  
edge(5,6). edge(6,5).
```

```
col(r).      col(g).      col(b).
```

Χρωματισμός Γράφου



graphColoring_In.lp

```
node(1..6).
```

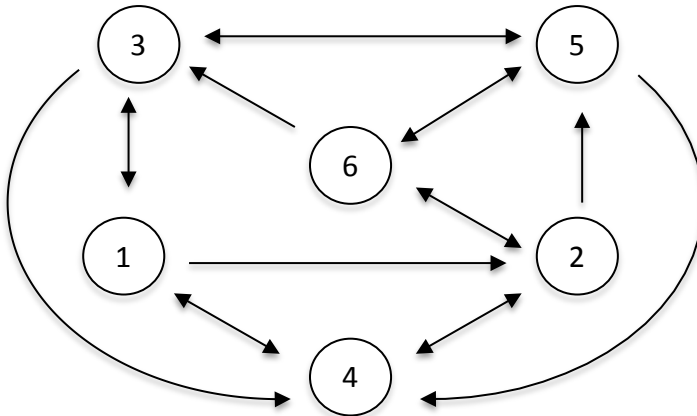
```
edge(1,2). edge(2,4). edge(3,1).  
edge(4,1). edge(5,3). edge(6,2).  
edge(1,3). edge(2,5). edge(3,4).  
edge(4,2). edge(5,4). edge(6,3).  
edge(1,4). edge(2,6). edge(3,5).  
edge(5,6). edge(6,5).
```

```
col(r).      col(g).      col(b).
```

graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```

Χρωματισμός Γράφου



<https://potassco.org/clingo/run/>

graphColoring_In.lp

```
node(1..6).
```

```
edge(1,2). edge(2,4). edge(3,1).  
edge(4,1). edge(5,3). edge(6,2).  
edge(1,3). edge(2,5). edge(3,4).  
edge(4,2). edge(5,4). edge(6,3).  
edge(1,4). edge(2,6). edge(3,5).  
edge(5,6). edge(6,5).
```

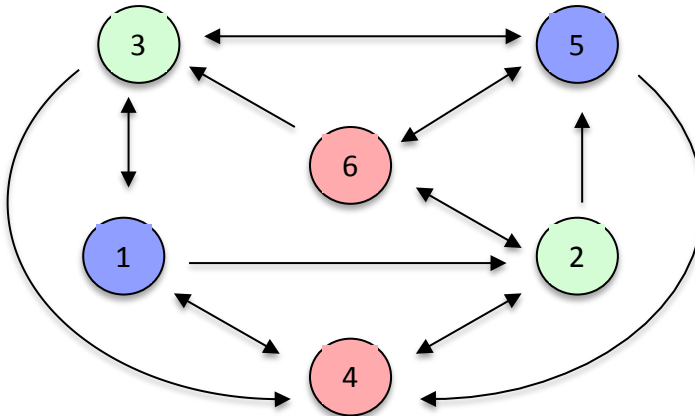
```
col(r).      col(g).      col(b).
```

graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```

```
Labs — -bash — 71x21  
<pavlos>$ clingo graphColoring_Instance.lp graphColoring.lp  
clingo version 5.5.0  
Reading from graphColoring_Instance.lp ...  
Solving...  
Answer: 1  
color(2,green) color(1,blue) color(4,red) color(3,green) color(5,blue)  
color(6,red)  
SATISFIABLE  
  
Models      : 1+  
Calls       : 1  
Time        : 0.002s (Solving: 0.00s 1st Model: 0.00s Unsat: 0.00s)  
CPU Time    : 0.002s
```

Χρωματισμός Γράφου



graphColoring_In.lp

```
node(1..6).
```

```
edge(1,2). edge(2,4). edge(3,1).  
edge(4,1). edge(5,3). edge(6,2).  
edge(1,3). edge(2,5). edge(3,4).  
edge(4,2). edge(5,4). edge(6,3).  
edge(1,4). edge(2,6). edge(3,5).  
edge(5,6). edge(6,5).
```

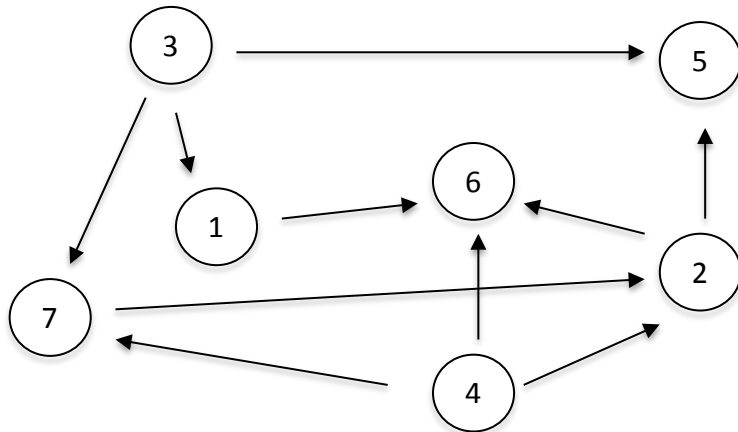
```
col(r).      col(g).      col(b).
```

```
Labs — -bash — 71x21  
<pavlos>$ clingo graphColoring_Instance.lp graphColoring.lp  
clingo version 5.5.0  
Reading from graphColoring_Instance.lp ...  
Solving...  
Answer: 1  
color(2,green) color(1,blue) color(4,red) color(3,green) color(5,blue)  
color(6,red)  
SATISFIABLE  
  
Models      : 1+  
Calls       : 1  
Time        : 0.002s (Solving: 0.00s 1st Model: 0.00s Unsat: 0.00s)  
CPU Time    : 0.002s
```

graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```

Χρωματισμός Γράφου



graphColoring_In2.lp

```
node(1..7).
```

```
edge(1,6). edge(2,5). edge(2,6).  
edge(3,1). edge(3,5). edge(3,7).  
edge(4,2). edge(4,6). edge(4,7).  
edge(7,2).
```

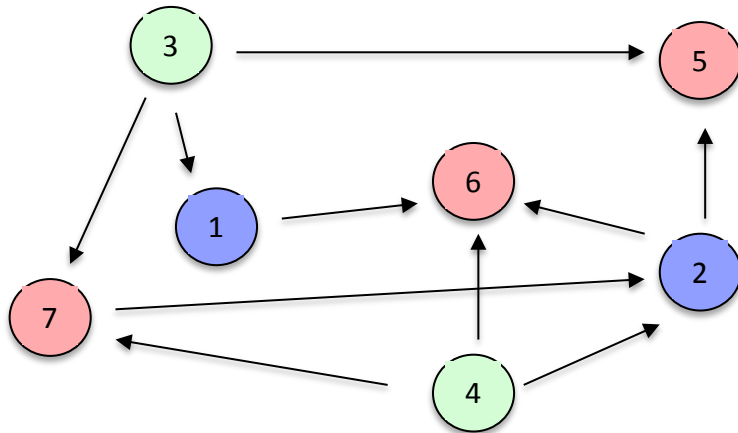
```
col(r).          col(g).          col(b).
```



graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```

Χρωματισμός Γράφου



graphColoring_In2.lp

```
node(1..7).
```

```
edge(1,6). edge(2,5). edge(2,6).  
edge(3,1). edge(3,5). edge(3,7).  
edge(4,2). edge(4,6). edge(4,7).  
edge(7,2).
```

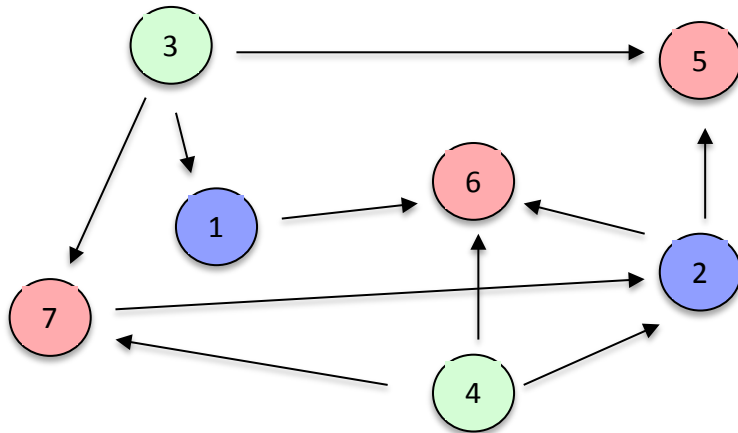
```
col(r).      col(g).      col(b).
```

```
Labs — -bash — 66x21  
<pavlos>$ clingo graphColoring_Instance2.lp graphColoring.lp  
clingo version 5.5.0  
Reading from graphColoring_Instance2.lp ...  
Solving...  
Answer: 1  
color(6,r) color(1,b) color(5,r) color(2,b) color(3,g) color(7,r)  
color(4,g)  
SATISFIABLE  
  
Models      : 1+  
Calls       : 1  
Time        : 0.005s (Solving: 0.00s 1st Model: 0.00s Unsat: 0.00s)  
CPU Time    : 0.003s
```

graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```

Χρωματισμός Γράφου



graphColoring_In2.lp

```
node(1..7).
```

```
edge(1,6). edge(2,5). edge(2,6).  
edge(3,1). edge(3,5). edge(3,7).  
edge(4,2). edge(4,6). edge(4,7).  
edge(7,2).
```

```
col(r).      col(g).      col(b).
```

```
<pavlos>$ clingo graphColoring_Instance2.lp graphColoring.lp  
clingo version 5.5.0  
Reading from graphColoring_Instance2.lp ...  
Solving...  
Answer: 1  
color(6,r) color(1,b) color(5,r) color(2,b) color(3,g) color(7,r)  
color(4,g)  
SATISFIABLE  
  
Models      : 1+  
Calls       : 1  
Time        : 0.005s (Solving: 0.00s 1st Model: 0.00s Unsat: 0.00s)  
CPU Time    : 0.003s
```

graphColoring.lp

```
1 { color(X,Z): col(Z) } 1 :- node(X).  
  
:- color(X,Z), color(Y,Z), edge(X,Y).  
  
# show color/2.
```


Γρίφος του Einstein

Ένας δρόμος έχει πέντε σπίτια, με πέντε χρώματα: κόκκινο, πράσινο, μπλε, άσπρο, και κίτρινο.

Στα πέντε σπίτια μένουν πέντε άνδρες: Άγγλος, Ισπανός, Ουκρανός, Νορβηγός, και Ιάπωνας.

Καθ' ένας από αυτούς έχει ένα (διαφορετικό) αγαπημένο ποτό, μάρκα τσιγάρων, και κατοικίδιο ζώο.

Επιπλέον:

Γρίφος του Einstein

Ένας δρόμος έχει πέντε σπίτια, με πέντε χρώματα: κόκκινο, πράσινο, μπλε, άσπρο, και κίτρινο. Στα πέντε σπίτια μένουν πέντε άνδρες: Άγγλος, Ισπανός, Ουκρανός, Νορβηγός, και Ιάπωνας. Καθ' ένας από αυτούς έχει ένα (διαφορετικό) αγαπημένο ποτό, μάρκα τσιγάρων, και κατοικίδιο ζώο. Επιπλέον:

1. Ο Άγγλος μένει στο κόκκινο σπίτι.
2. Ο Ισπανός έχει σκύλο.
3. Στον κάτοικο του πράσινου σπιτιού αρέσει ο καφές.
4. Στον Ουκρανό αρέσει το τσάι.
5. Το πράσινο σπίτι είναι αμέσως στα δεξιά του άσπρου.
6. Ο κάτοικος που καπνίζει Old Gold έχει σαλιγκάρια.
7. Ο κάτοικος του κίτρινου σπιτιού καπνίζει Kools.
8. Στον κάτοικο του κεντρικού σπιτιού αρέσει το γάλα.
9. Ο Νορβηγός μένει στο πρώτο σπίτι.
10. Ο κάτοικος με την αλεπού μένει δίπλα σ' αυτόν που καπνίζει Chesterfields.
11. Ο κάτοικος με το άλογο μένει δίπλα από τον κάτοικο που καπνίζει Kools.
12. Στον κάτοικο που καπνίζει Lucky Strike αρέσει ο χυμός πορτοκάλι.
13. Ο Ιάπωνας καπνίζει Parliaments.
14. Ο Νορβηγός μένει δίπλα από το μπλε σπίτι.

Γρίφος του Einstein

Ένας δρόμος έχει πέντε σπίτια, με πέντε χρώματα: κόκκινο, πράσινο, μπλε, άσπρο, και κίτρινο. Στα πέντε σπίτια μένουν πέντε άνδρες: Άγγλος, Ισπανός, Ουκρανός, Νορβηγός, και Ιάπωνας. Καθ' ένας από αυτούς έχει ένα (διαφορετικό) αγαπημένο ποτό, μάρκα τσιγάρων, και κατοικίδιο ζώο. Επιπλέον:

1. Ο Άγγλος μένει στο κόκκινο σπίτι.
2. Ο Ισπανός έχει σκύλο.
3. Στον κάτοικο του πράσινου σπιτιού αρέσει ο καφές.
4. Στον Ουκρανό αρέσει το τσάι.
5. Το πράσινο σπίτι είναι αμέσως στα δεξιά του άσπρου.
6. Ο κάτοικος που καπνίζει Old Gold έχει σαλιγκάρια.
7. Ο κάτοικος του κίτρινου σπιτιού καπνίζει Kools.
8. Στον κάτοικο του κεντρικού σπιτιού αρέσει το γάλα.
9. Ο Νορβηγός μένει στο πρώτο σπίτι.
10. Ο κάτοικος με την αλεπού μένει δίπλα σ' αυτόν που καπνίζει Chesterfields.
11. Ο κάτοικος με το άλογο μένει δίπλα από τον κάτοικο που καπνίζει Kools.
12. Στον κάτοικο που καπνίζει Lucky Strike αρέσει ο χυμός πορτοκάλι.
13. Ο Ιάπωνας καπνίζει Parliaments.
14. Ο Νορβηγός μένει δίπλα από το μπλε σπίτι.

Ερώτημα

Ποιος πίνει νερό και ποιος έχει τη ζέβρα;

Γρίφος του Einstein

```
house(1..5). col(r;g;b;w;y). man(b;s;u;n;j). drink(c;w;m;j;t). cigatates(c;k;p;o;l). pet(z;d;s;f;h).
```

```
% Γεννήτρια Πιθανών Λύσεων
```

```
1 { lives(X,Y): house(Y) } 1 :- man(X).
```

```
1 { smokes(X,Y): cigatates(Y) } 1 :- man(X).
```

```
1 { drinks(X,Y): drink(Y) } 1 :- man(X).
```

```
1 { hasPet(X,Y): pet(Y) } 1 :- man(X).
```

```
1 { hasColor(X,Y): col(Y) } 1 :- house(X).
```

```
% Μοναδικότητα Επιλογών
```

```
:- lives(X,Y), lives(Z,Y), X != Z.
```

```
·  
·  
·
```

```
% Περιορισμοί
```

```
:- lives(b,Y), hasColor(Y,Z), Z != r.
```

```
:- hasPet(s,Y), Y != d.
```

```
:- lives(X,Y), hasColor(Y,g), drinks(X,Z), Z != c.
```

```
·  
·  
·
```

```
% Αποτελέσματα
```

```
#show hasPet/2.
```

```
#show drinks/2.
```