



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τεχνητή Νοημοσύνη

Ενότητα 8:Κανόνες Παραγωγής

Ιωάννης Χατζηλυγερούδης

Πολυτεχνική Σχολή

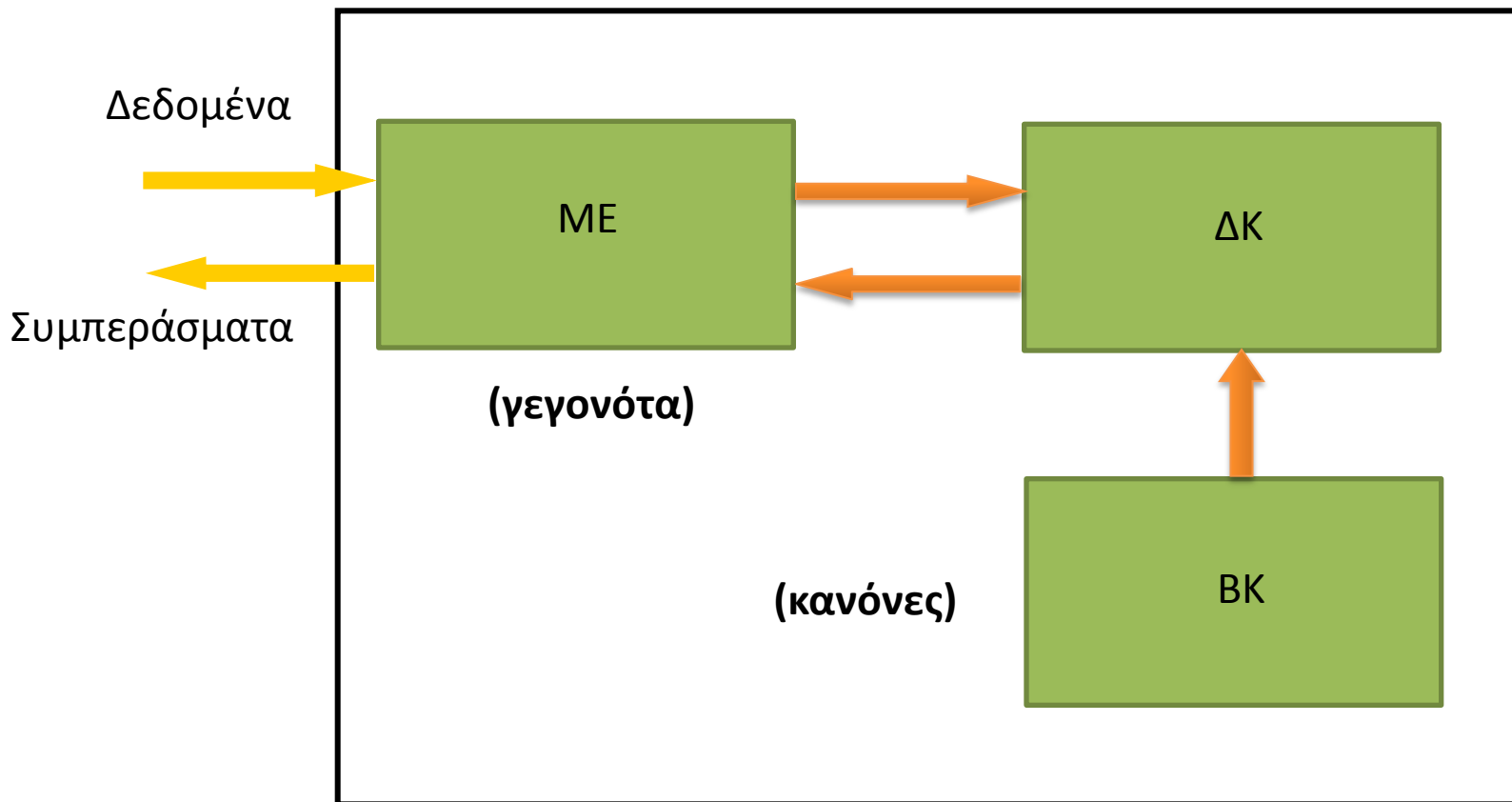
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Κανόνες Παραγωγής

Κανόνες-Συστήματα

- Έννοια του συστήματος παραγωγής, ως ψυχολογικό μοντέλο περιγραφής της ανθρώπινης συμπεριφοράς (GPS, Newell & Simon, αρχές '70).
 - ✓ Η γνώση για τη λύση ενός προβλήματος υπό μορφή διακεκριμένων γνωστικών μονάδων (= παραγωγές ή κανόνες παραγωγής)
 - ✓ Οι παραγωγές περιέχουν τον τρόπο αντίδρασης (= ενέργειες) του ανθρώπου σε εξωτερικά ερεθίσματα.
- Ομοιότητες με ψυχολογική θεωρία της νόησης (δύο στάδια μνήμης: βραχυπρόθεσμη ή μικρής διάρκειας-short term memory, μακροπρόθεσμη ή μακράς διάρκειας-long

Βασική Αρχιτεκτονική Σύστημα Βασισμένο σε Κανόνες



Κανόνες Παράγωγης-Σύνταξης (1)

Βασική δομή

if <συνθήκες/υποθέσεις>
then <ενέργειες/συμπεράσματα>

Π.χ. **if** shape is long and
color is yellow
then fruit is banana

Βασική σύνταξη-1

<rule> := **if** <conditions> **then** <conclusions>
<conditions> := <condition> {**and** <condition>}*
<conclusions> := <conclusion> {**and** <conclusion>}*
<condition> := <variable> <l-predicate> <constant>
<conclusion> := <variable> <r-predicate> <constant>
<l-predicate> := is / isnot / > ...
<r-predicate> := is

Κανόνες Παράγωγης-Σύνταξης (2)

Βασική σύνταξη-2

<rule> := **if** <conditions> **then** <conclusions>

<conditions> := <condition> {**and** <condition>}*

<conclusions> := <conclusion> {**and** <conclusion>}*

<condition> := <predicate> (<variable> , <constant>)

<conclusion> := <action> (<variable>, <constant>)

<predicate> := is / isnot / >

<action> := assert, retract

Π.χ. **if** is(shape, long) and
is(color, yellow)
then assert(is(fruit, banana))

<fact> := <predicate>(<variable>, <constant>)

Κανόνες Παράγωγης-Σύνταξης (3)

- Δυνατότητα για διάζευξη στις συνθήκες
- `<conditions>` := `<disjunction> {and <disjunction>}`*
- `<disjunction>` := `<condition> {or <condition>}`*

```
if is(shape, long) and  
is(color, yellow)  
then assert(is(fruit, banana))
```

```
if is(shape, long) and  
is(color, green)  
then assert(is(fruit, banana))
```

```
if is(shape, long) and  
{is(color, yellow) or  
is(color, green)}  
then assert(is(fruit, banana))
```

Κανόνες Παράγωγης-Σύνταξης (4)

- Δυνατότητα αναπαράστασης χαρακτηριστικών αντικειμένων
- (Χρήση της τριάδας object-attribute-value αντί της δυάδας variable-value. Τα χαρακτηριστικά-attributes παίζουν τον ρόλο των μεταβλητών-variables)
- `<condition>` := `<predicate>` (`<object>`, `<attribute>`, `<value>`)
- `<conclusion>` := `<action>` (`<object>`, `<attribute>`, `<value>`)
- `<fact>` := (`<object>`, `<attribute>`, `<value>`)

```
if is(fruit, shape, long) and
    is(fruit, color, yellow)
then assert(fruit, identity, banana)
[then assert(meal, fruit, banana)]
```


Μεταβλητές-Κατηγορίες

- Ως προς το πλήθος των τιμών
- Απλής τιμής (single-valued)
Π.χ. fever, shape
- Πολλαπλής τιμής (multi-valued)
Π.χ. disease, color
- Ως προς την εξαγωγή συμπερασμάτων
- Εισόδου ή Ερωτούμενες (input or askable)
- Ενδιάμεσες ή Συμπερασινομένες (intermediate or inferable)
- Εξόδου ή Στόχου (output or goal)

Μέθοδοι Συλλογισμού (1)

- **Μέθοδοι Συλλογισμού (Reasoning methods) I**

- ▪ Ορθός συλλογισμός (forward reasoning) ή Οδηγούμενος από τα δεδομένα (data-driven reasoning)
- ▪ Ανάστροφος συλλογισμός (backward reasoning) ή Οδηγούμενος από το στόχο (goal-driven reasoning)

Αφορούν την οργάνωση της γνώσης στους κανόνες (επίπεδο σχεδίασης)

- **Μέθοδοι Συλλογισμού (Reasoning methods) II**

- ▪ Συνεπαγωγικός συλλογισμός (deductive reasoning)
- ▪ Απαγωγικός συλλογισμός (abductive reasoning)

Αφορούν το βαθμό βεβαιότητας του συλλογισμού (επίπεδο σημασιολογίας)

Μέθοδοι Συλλογισμού (2)

- Συνεπαγωγικός- Οδηγούμενος από το στόχο (Ανάστροφος) συλλογισμός

Εάν έχω γρίπη

Τότε έχω πυρετό

και έχω πονοκέφαλο

(βέβαιος συλλογισμός)

- Απαγωγικός- Οδηγούμενος από τα δεδομένα (Ορθός) συλλογισμός

Εάν έχω πυρετό

και έχω πονοκέφαλο

Τότε έχω γρίπη

(αβέβαιος συλλογισμός)

Μέθοδοι Εξαγωγής Συμπερασμάτων (1)

- Μέθοδοι Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Inference methods)
 - **Ορθή αλυσίδωση (forward chaining)**
 - Κατάλληλη για συστήματα χωρίς προκαθορισμένους ή πολλούς στόχους και μεγάλο αριθμό δεδομένων.
 - Ξεκινά από τις υποθέσεις ενός κανόνα και αν είναι αληθείς προχωρά στην εξαγωγή του συμπεράσματος του κανόνα.

Μέθοδοι Εξαγωγής Συμπερασμάτων (2)

- Μέθοδοι Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Inference methods)
 - **Ανάστροφη αλυσίδωση (backward chaining)**
 - Κατάλληλη για συστήματα με συγκεκριμένους, λίγους στόχους και μικρό αριθμό δεδομένων.
 - Ξεκινά από το συμπέρασμα ενός κανόνα και προχωρά στη διερεύνηση της αλήθειας των υποθέσεων. Αν οι υποθέσεις είναι αληθείς εξάγεται το συμπέρασμα.

Αφορούν τη διαδικασία παραγωγής συμπερασμάτων (επίπεδο υλοποίησης)

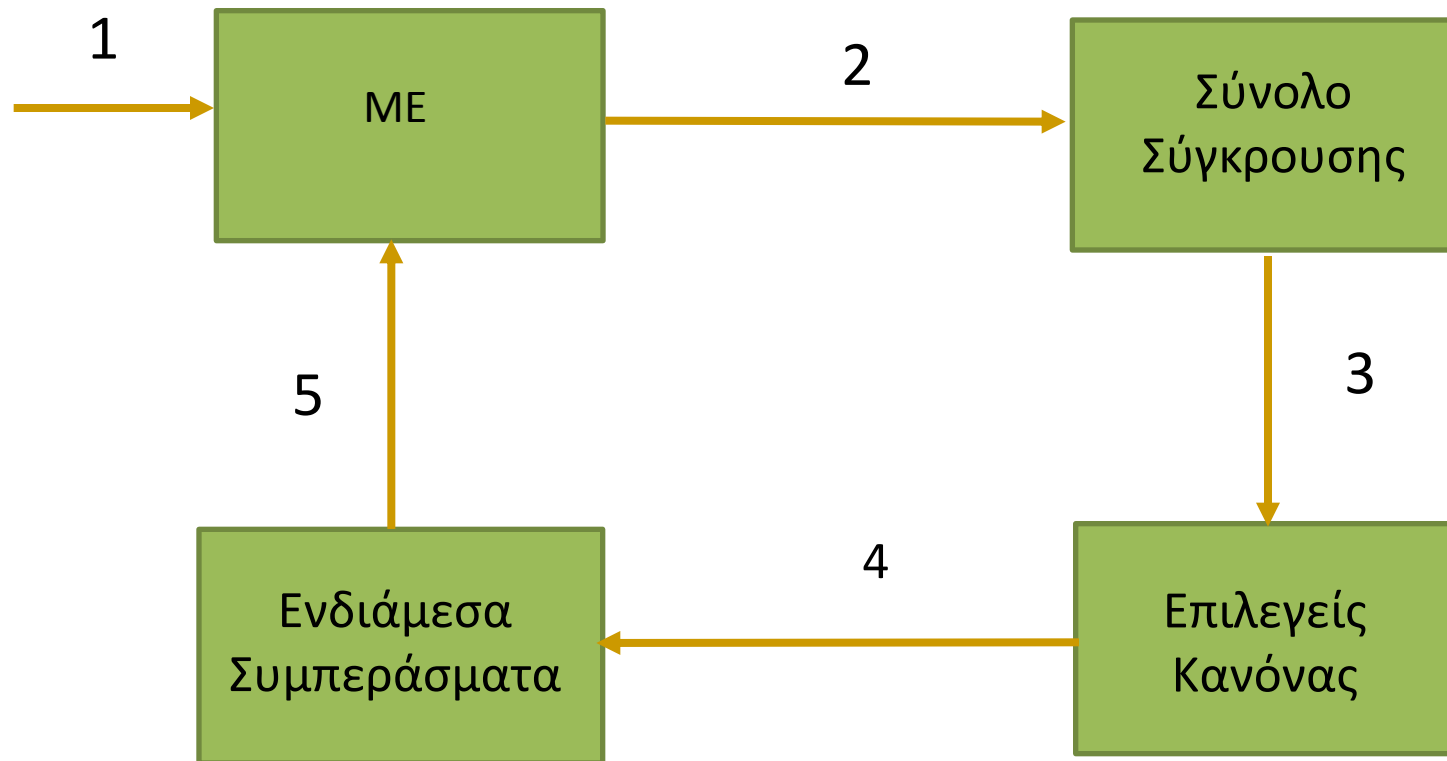
Εξαγωγή Συμπερασμάτων (1)

Διαδικασία (κύκλος select-execute ή recognize-act)

1. Αρχικοποίηση της ΜΕ
2. Εύρεση Κανόνων που ικανοποιούνται (Σύνολο Σύγκρουσης)
3. Επιλογή ενός Κανόνα
4. Πυροδότηση του Κανόνα
5. Ενημέρωση της ΒΓ/ΜΕ
6. Αν κατάσταση λύσης, σταμάτα.

Αλλιώς, πήγαινε στο βήμα 2.

Εξαγωγή Συμπερασμάτων (2)



Ορθή Αλυσίδωση - Παράδειγμα

R1: if C and D then F

R2: if F and G then E

R3: if F and H then I

R4: if B and G then H

R5: if A then C

R6: if B then D

ME = {A, B, G}

Στόχος: I

{A, B, G}

R4 → H {A, B, G, H}

R5 → C {A, B, G, H, C}

R6 → D {A, B, G, H, C, D}

R1 → F {A, B, G, H, C, D, F}

R2 → E {A, B, G, H, C, D, F, E}

R3 → I {A, B, G, H, C, D, F, E, I}

Ανάστροφη Αλυσίδωση-Παράδειγμα

R1: if C and D then F

R2: if F and G then E

R3: if F and H then I

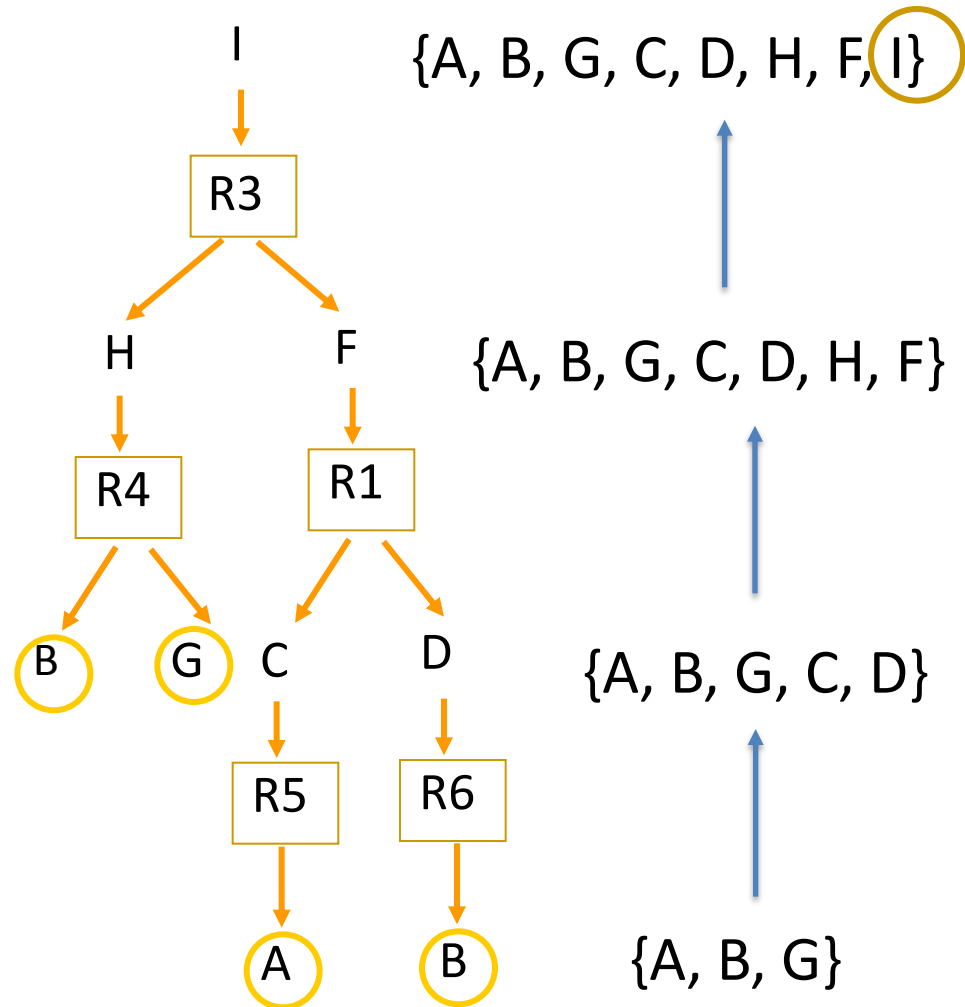
R4: if B and G then H

R5: if A then C

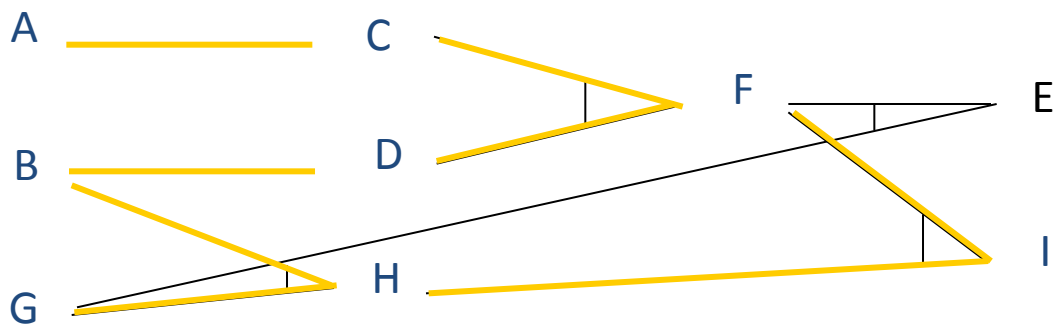
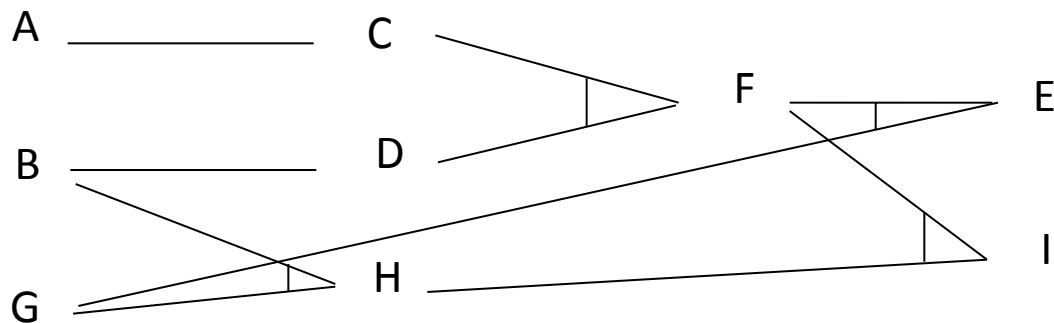
R6: if B then D

ME = {A, B, G}

Στόχος: I



Γραφική Αναπαράσταση Συλλογισμού



Καταλληλότητα Μεθόδων

- **Ορθή αλυσίδωση (forward chaining)**

Κατάλληλη για συστήματα χωρίς προκαθορισμένους ή πολλούς στόχους και μεγάλο αριθμό δεδομένων.

- **Ανάστροφη αλυσίδωση (backwards chaining)**

Κατάλληλη για συστήματα με συγκεκριμένους, λίγους στόχους και μικρό αριθμό δεδομένων.

Στρατηγικές Επίλυσης Σύγκρουσης ή Έλεγχος της Διαδικασίας Εξαγωγής Συμπερασμάτων

- Μέθοδοι επιλογής ενός κανόνα από το σύνολο σύγκρουσης, με βάση κάποιο ή κάποια κριτήρια
- Κριτήρια απόδοσης
 - √ Ευαισθησία (Sensitivity) (ανταπόκριση σε αλλαγές)
 - √ Σταθερότητα (Stability) (στη γραμμή συλλογισμού)

Τύποι Ελέγχου/Στρατηγικών

- **Καθολικός/ές** (ανεξάρτητος/ες του πεδίου εφαρμογής, ενσωματωμένος/ες στον ΔΚ)
- **Τοπικός/ές** (εξαρτώμενος/ες από το πεδίο εφαρμογής, υπό μορφή μετα-κανόνων, σχεδιάζεται από τον μηχανικό γνώσης)

Καθολικές Στρατηγικές (1)

- **Τυχαία επιλογή**
- **Σειρά αναγραφής** (ο πρώτος στη σειρά)
- **Διαθλαστικότητα** (Refractoriness)
Δεν επιτρέπεται η πυροδότηση ενός κανόνα με ίδια δεδομένα περισσότερες από μια φορές.
- **Εξειδίκευση** (Specificity)
Προτιμούνται κανόνες με περισσότερες συνθήκες. Ευνοεί τον χειρισμό εξαιρέσεων. (Π.χ. $ME = \{A, B, C\}$,
R1: if A and B and C then D, R2: if A and B then E. Θα εκτελεστεί πρώτα ο R1 και μετά ο R2).

Καθολικές Στρατηγικές (2)

- **Επικαιρότητα (Recency)**

Προτιμούνται κανόνες που ενεργοποιούνται από πιο πρόσφατα δεδομένα. Χρήση ετικετών χρόνου. Καλή σταθερότητα (πρόσφατα δεδομένα). Ευαισθησία υπό προϋποθέσεις (χρόνος εισαγωγής νέων δεδομένων). Αδυναμία: αγνόηση παλιών δεδομένων. (Π.χ. $ME = \{A, B\}$, $R1: \text{if } A \text{ then } C$, $R2: \text{if } B \text{ then } D$, $R3: \text{if } C \text{ then } E$. Αν εκτελεστεί ο $R1$ μετά θα εκτελεστεί ο $R3$, και όχι ο $R2$).

- **Προτεραιότητα (Priority)**

Δίνεται ένας βαθμός προτεραιότητας φανερά σε κάθε κανόνα. Δυσκολία: ο καθορισμός των βαθμών προτεραιότητας

Πλεονεκτήματα Κανόνων

- Ευελιξία-Τμηματικότητα (κάθε κανόνας είναι μια ξεχωριστή μονάδα γνώσης που μπορεί να προστεθεί, μεταβληθεί ή αφαιρεθεί ανεξάρτητα από τους άλλους κανόνες του συστήματος)
- Ομοιομορφία και απλότητα στην έκφραση της γνώσης
- Φυσικότητα έκφρασης
- Εύκολη παροχή εξηγήσεων

Μειονεκτήματα Κανόνων

- Κίνδυνος δημιουργίας ατέρμονων αλυσώσεων μεταξύ κανόνων και γεγονότων (κυρίως με την προσθήκη νέων κανόνων)
- Κίνδυνος δημιουργίας αντιφάσεων
- Μειωμένη αποδοτικότητα (σε μεγάλες ΒΚ)
- Αδιαφάνεια (στις σχέσεις μεταξύ των κανόνων)
- Δυσκολία κάλυψης πεδίων με πολλές παραμέτρους και ευαίσθητη εξάρτηση των συμπερασμάτων από αυτές
- Περιορισμένη εκφραστικότητα αναπαράστασης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Ιωάννης Χατζηλυγερούδης 2015.
«Ευφυής Προγραμματισμός». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1095/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

