



# Σχεδίαση Γλωσσών & Μεταγλωττιστές

Ενότητα 11: Μέθοδοι Σημασιολογικής Ανάλυσης

Επ. Καθ. Π. Κατσαρός  
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



# Γραμματικές ιδιοτήτων XI

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ:

*Μέθοδοι που βασίζονται σε γράφο με κόμβους που αντιστοιχούν στα σύμβολα του δένδρου*

- Κατασκευή παράγωγου δένδρου
- Κατασκευή γράφου εξάρτησης τιμών
- Τοπολογική ταξινόμηση των κορυφών του γράφου
- Υπολογισμός των τιμών με τη σειρά της τοπολογικής ταξινόμησης (που καθορίζεται κατά τη μεταγλώττιση)

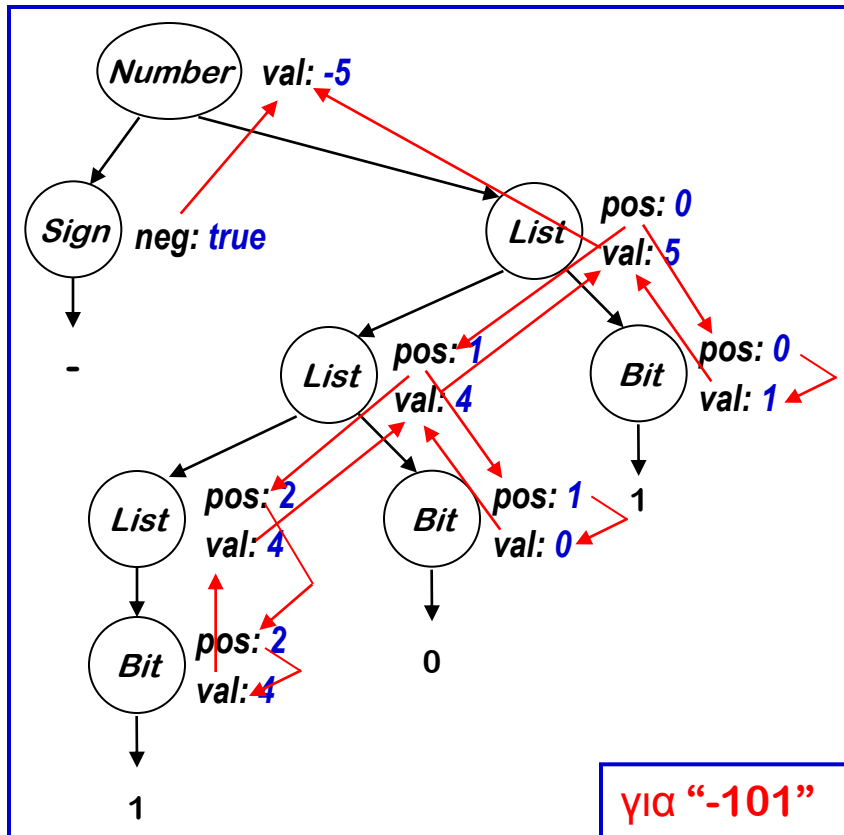
*Μέθοδοι βασιζόμενοι σε κανόνες*

- Ανάλυση των σημασιολογικών κανόνων τη στιγμή της δημιουργίας του μεταγλωττιστή
- Καθορισμός μιας standard σειράς εκτέλεσης των υπολογισμών
- Υπολογισμός των τιμών σύμφωνα με αυτή τη σειρά για όλες τις συμβολοσειρές της γλώσσας

*Μέθοδοι που η σειρά εκτέλεσης των υπολογισμών καθορίζεται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι εξαρτήσεις ιδιοτήτων: συνήθως η σειρά εκτέλεσης είναι αυτή που υπαγορεύεται από τον αλγόριθμο συντακτικής ανάλυσης (byacc)*



# Γραμματικές ιδιοτήτων XII

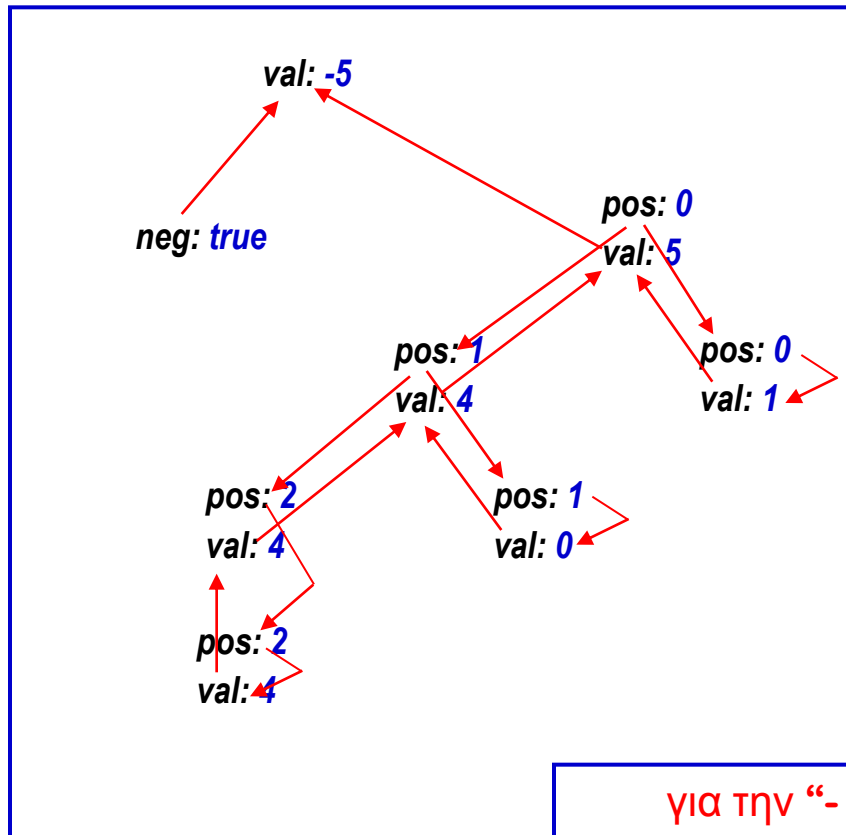


Αν από το προηγούμενο παράδειγμα

αφαιρέσουμε το παράγωγο δένδρο ...



## Γραμματικές ιδιοτήτων XIII



Ο γράφος που προκύπτει εκφράζει τις εξαρτήσεις τιμών για τη συγκεκριμένη περίπτωση συμβολοσειράς.

Η πρώτη κατηγορία των μεθόδων σημασιολογικού ελέγχου εκτελεί τους υπολογισμούς αρχής γινομένης από τις ανεξάρτητες τιμές και προχωράει σύμφωνα με τα τόξα εξάρτησης,

Οι μέθοδοι που βασίζονται σε κανόνες προσπαθούν να ανιχνεύσουν τη σειρά εκτέλεσης των υπολογισμών τη στιγμή της δημιουργίας του μεταγλωττιστή. Για το σκοπό αυτό αναλύουν τους σημασιολογικούς κανόνες.

Όλες οι άλλες μέθοδοι αγνοούν τη δομή του γράφου.

Ο γράφος εξάρτησης πρέπει να είναι μη κυκλικός



## Γραμματικές ιδιοτήτων XIV

- Ένας γράφος εξάρτησης τιμών λέμε ότι είναι **κυκλικός** αν περιέχει κύκλο.
- Μία γραμματική ιδιοτήτων λέμε ότι είναι μη κυκλική αν δεν υπάρχει παράγωγο δένδρο με κύκλο εξάρτησης τιμών των ιδιοτήτων των κόμβων του. Αν υπάρχει κύκλος, τότε δε μπορεί να καθορισθεί η σειρά υπολογισμού των τιμών.
- Ο έλεγχος του αν μία γραμματική ιδιοτήτων είναι μη κυκλική χαρακτηρίζεται από εκθετική πολυπλοκότητα. Εναλλακτικά, ελέγχεται αν η γραμματική είναι “ισχυρά μη κυκλική”, μία ιδιότητα λιγότερο γενική από τη μη κυκλικότητα.
- Ο έλεγχος του αν μία γραμματική είναι ισχυρά μη κυκλική μπορεί να γίνει σε πολυωνυμικό χρόνο και αν αυτό ισχύει, τότε μπορεί να σχεδιασθεί ένας αναδρομικός αλγόριθμος μετάφρασης, δηλαδή υπολογισμού τιμών, κατά τη δημιουργία του μεταγλωττιστή.



# S-Γραμματικές ιδιοτήτων I

- Μία γραμματική που χρησιμοποιεί αποκλειστικά συνθέσιμες ιδιότητες ονομάζεται *S-γραμματική ιδιοτήτων*
  - Στις S-γραμματικές ιδιοτήτων μπορεί να γίνει ο υπολογισμός όλων των τιμών σε ένα μόνο ανοδικό πέρασμα του δένδρου
- Άρα οι S-γραμματικές ιδιοτήτων μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν με αλγορίθμους ανάλυσης LR ως εξής
  - Αποθηκεύονται οι ιδιότητες των συμβόλων στη στοίβα της ανάλυσης
  - Όταν γίνεται απλοποίηση τότε
    - Τα σύμβολα του δεξιού μέρους της παραγωγής και οι ιδιότητές τους βρίσκονται ήδη στη στοίβα
    - Υπολογίζονται οι συνθέσιμες ιδιότητες του συμβόλου του αριστερού μέρους χρησιμοποιώντας τις τιμές των συμβόλων του δεξιού μέρους





## S-Γραμματικές ιδιοτήτων II

κορυφή στοίβας  
ανάλυσης

Παραγωγή

$E_0 \rightarrow E_1 + T$

Σημασιολογικός κανόνας

$E_0.val \leftarrow E_1.val + T.val$

$T$	$T.val$
$+$	
$E_1$	$E_1.val$

μετά από την  
απλοποίηση



$E_0$	$E_0.val$

κορυφή στοίβας  
ανάλυσης



# L-Γραμματικές ιδιοτήτων I

- Αν η κληρονομήσιμη ιδιότητα ενός συμβόλου υπολογίζεται με βάση τιμές από πρόγονο ή/και από σύμβολα που βρίσκονται στον κανόνα αριστερά του, τότε η γραμματική αυτή ονομάζεται *L-γραμματική ιδιοτήτων*
- Δοθέντος συμβόλου  $X_i$  στο δεξί μέρος της παραγωγής  $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$ , κάθε κληρονομήσιμη ιδιότητα του  $X_i$  μπορεί να εξαρτάται:
  - Από ιδιότητες του  $A$
  - Από ιδιότητες των  $X_1, X_2, \dots, X_{i-1}$  που βρίσκονται αριστερά από το  $X_i$  στο δεξί μέρος της παραγωγής
- Οι τιμές των L-γραμματικών ιδιοτήτων μπορούν να υπολογισθούν σε μία μόνο depth-first-search διάσχιση του δένδρου:

Οι κόμβοι που αναφέρονται στον αλγόριθμο είναι οι κόμβοι του δένδρου

Η διάσχιση ξεκινά με κλήση της **dfsvisit** για τη ρίζα του δένδρου

**dfsvisit( $n$ : κόμβος)**  
Για (κάθε απόγονο  $m$  του  $n$  από αριστερά προς τα δεξιά) επανέλαβε  
υπολόγισε τις κληρονομήσιμες ιδιότητες του  $m$ ;  
**dfsvisit( $m$ );**  
Τέλος επανάληψης  
υπολόγισε τις συνθέσιμες ιδιότητες του  $n$ ;  
Τέλος **dfsvisit**



## L-Γραμματικές ιδιοτήτων II

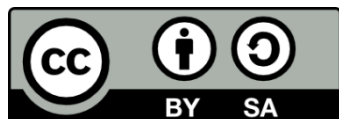
- Μπορούμε να κάνουμε μετάφραση L-γραμματικών ιδιοτήτων με καθοδική ανάλυση αν η γραμματική χωρίς συμφραζόμενα είναι LL(1)
  - Μπορούμε να επεκτείνουμε έναν αναλυτή προβλέπουσας αναδρομικής κατάβασης με σημασιολογικούς κανόνες, έτσι να υπολογίζονται οι τιμές των ιδιοτήτων παράλληλα με την ανάλυση της εισόδου
- Οι ανοδικοί LR αναλυτές μπορούν να εκτελέσουν μετάφραση L-γραμματικών ιδιοτήτων χρησιμοποιώντας μη τερματικά σύμβολα σήμανσης (τα εισάγουμε όπου εξυπηρετεί ενδιάμεσα, στο δεξί μέρος των κανόνων), που είναι απαλείψιμα (έχουν παραγωγή που οδηγεί σε ε)
  - Τα μη τερματικά σύμβολα σήμανσης χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση ενεργειών «περάσματος» κληρονομήσιμων τιμών στη στοίβα της ανάλυσης
  - Οι ανοδικοί αναλυτές μπορούν με ασφάλεια να χρησιμοποιήσουν το προαναφερόμενο τέχνασμα για τη μετάφραση L-γραμματικών ιδιοτήτων όπου η γραμματική είναι LL(1)
  - Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις μπορεί ο προαναφερόμενος μετασχηματισμός της γραμματικής να προκαλέσει συγκρούσεις ώθησης – απλοποίησης
  - Στο yacc το τέχνασμα αυτό εφαρμόζεται με χρήση "embedded actions" (περισσότερες λεπτομέρειες στα manuals & σελ. 203 του βιβλίου)





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Εμμανουέλα Στάχτιαρη  
Θεσσαλονίκη, 21/07/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ