



# Σχεδίαση Γλωσσών & Μεταγλωττιστές

Ενότητα 7: Αλγόριθμος LR Ανοδικής Συντακτικής  
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.



# Ανοδική ανάλυση – Γενικά Ι

- Η συμβολοσειρά εισόδου σταδιακά **απλοποιείται** στο σύμβολο της αρχής της γραμματικής, καθώς διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά παράλληλα με την εφαρμογή κανόνων για τα σύμβολα, που έχουν ήδη διαβασθεί.
- Η αντιστροφή της απλοποίησης που εκτελεί μία διαδικασία ανοδικής ανάλυσης είναι μία παραγωγή δεξιών προτασιακών μορφών.
- Το δένδρο «αναπτύσσεται» βήμα προς βήμα, από αριστερά προς τα δεξιά και από τα φύλλα προς τη ρίζα.

Κάθε διαδικασία ανοδικής ανάλυσης συντονίζει την εκτέλεση ενεργειών ώθησης (στη στοίβα), απλοποίησης και αποδοχής.



# Ανοδική ανάλυση – Γενικά II

- Ενέργεια ώθησης  
Ωθείται η τρέχουσα λεξική μονάδα στη στοίβα και διαβάζεται η επόμενη.  
Δημιουργείται για το σύμβολο που ωθείται ο αντίστοιχος κόμβος με τη μορφή νέου δένδρου, στα δεξιά του δάσους που αποτελείται από δένδρα, που δημιουργήθηκαν στα προηγούμενα βήματα της ανάλυσης.
- Ενέργεια απλοποίησης  
Σε μία ενέργεια απλοποίησης με βάση ένα συγκεκριμένο κανόνα  $X = \bar{p}_1\bar{p}_2\dots\bar{p}_n$  της γραμματικής, έχουμε δημιουργία ενός νέου κόμβου για το μη τερματικό σύμβολο  $X$  και μετατροπή των  $n$  ριζών που βρίσκονται στα δεξιά του δάσους, σε απογόνους του νέου κόμβου.



# Ανοδική ανάλυση ώθησης – απλοποίησης I

$S$  = έκφραση.

έκφραση = έκφραση "+" "αριθμός" | "αριθμός".

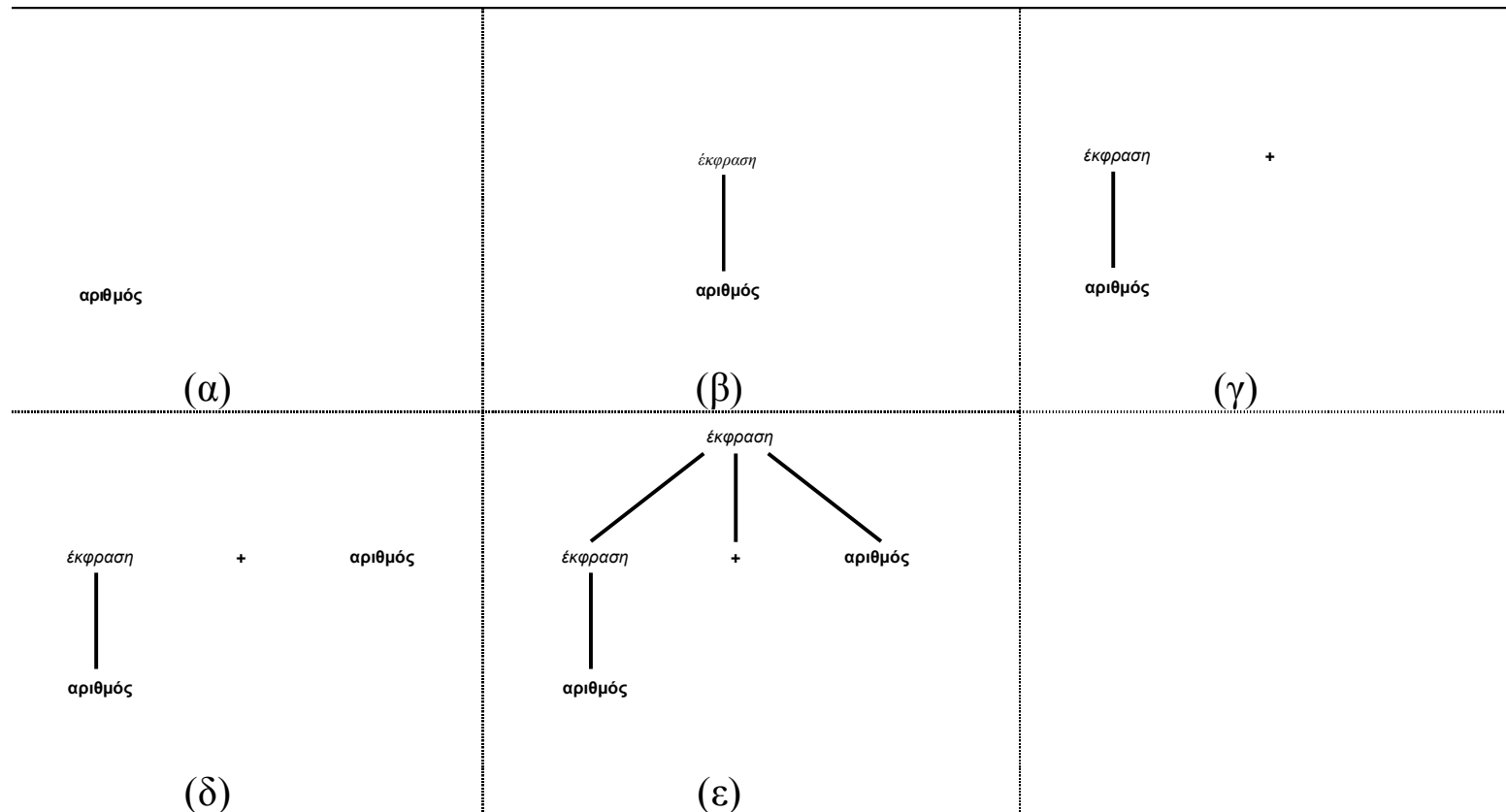
Ανοδική ανάλυση της συμβολοσειράς 27+5		
ΣΤΟΙΒΑ	ΣΥΜΒΟΛΟΣΕΙΡΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ
\$	27+5\$	ώθηση
\$ "αριθμός"	+5\$	απλοποίηση κατά έκφραση = "αριθμός".
\$ έκφραση	+5\$	ώθηση
\$ έκφραση "+"	5\$	ώθηση
\$ έκφραση "+" "αριθμός"	\$	απλοποίηση κατά έκφραση = έκφραση "+" "αριθμός".
\$ έκφραση	\$	απλοποίηση κατά $S$ = έκφραση.
\$ $S$	\$	αποδοχή

- Αρχή:
- (1)  $S \xRightarrow{m} \text{έκφραση}$
- (2)  $\xRightarrow{m} \text{έκφραση} + \text{αριθμός}$
- (3)  $\xRightarrow{m} \text{αριθμός} + \text{αριθμός}$

- Κανόνας:
- [έκφραση = έκφραση "+" "αριθμός"]
- [έκφραση = "αριθμός"]



# Ανοδική ανάλυση ώθησης – απλοποίησης ΙΙ



Ανάπτυξη δένδρου με χρήση διαδικασίας ανοδικής ανάλυσης



## Ανοδική ανάλυση ώθησης – απλοποίησης III

- Το **ζωτικό πρόθεμα** μιας οποιασδήποτε δεξιάς προτασιακής μορφής είναι το σύνολο των συμβόλων, που περιέχονται στη στοίβα, σε κάποιο βήμα της ανάλυσης (δηλ. οι ρίζες των δένδρων που σχηματίζονται).
- Ένα σύνολο συμβόλων, που μπορεί να βρίσκεται στην κορυφή της στοίβας και συμβαίνει να ταιριάζει με το δεξιό μέρος ενός κανόνα παραγωγής ονομάζεται **λαβή απλοποίησης**.

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- Ζωτικό πρόθεμα της δεξιάς προτασιακής μορφής **αριθμός + αριθμός**:
  - στο 1<sup>ο</sup> βήμα της ανάλυσης είναι το  $\epsilon$
  - στο 2<sup>ο</sup> βήμα της ανάλυσης είναι το **αριθμός**Σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ζωτικό πρόθεμα το **αριθμός +**. Λαβή απλοποίησης αποτελεί το **αριθμός**.
- Ζωτικό πρόθεμα της δεξιάς προτασιακής μορφής **έκφραση + αριθμός**:
  - στο 3<sup>ο</sup> βήμα της ανάλυσης είναι το **έκφραση**
  - στο 4<sup>ο</sup> βήμα της ανάλυσης είναι το **έκφραση +**
  - στο 5<sup>ο</sup> βήμα της ανάλυσης είναι το **έκφραση + αριθμός**Λαβή απλοποίησης αποτελεί το **έκφραση + αριθμός**.





## Ανοδική ανάλυση ώθησης – απλοποίησης IV

- Διαδικασίες ώθησης – απλοποίησης
  - ανάλυση προτεραιότητας τελεστών
  - ανάλυση απλής προήγησης
  - ανάλυση LR (η πιο σημαντική)
- Οι γλώσσες LR είναι προσδιοριστικές (δηλ. υπάρχει αυτόματο στοίβας που τις αναγνωρίζει με προσδιοριστικό τρόπο).
- Οι τεχνικές ανάλυσης LR, που χρησιμοποιούμε, δεν αναγνωρίζουν τις προτάσεις της γλώσσας με προσδιοριστικό τρόπο σε όλες τις περιπτώσεις. Πιθανά προβλήματα:
  - **Σύγκρουση ώθησης – απλοποίησης** (πρόβλημα μετέωρου else).
  - **Σύγκρουση απλοποίησης – απλοποίησης.**



# Ανάλυση LR I

- Η οικογένεια των γραμματικών LR είναι ένα υπερσύνολο των γραμματικών, που αναλύονται με χρήση της τεχνικής LL(1).  
Πλεονεκτήματα:
  - Άμεσος εντοπισμός λαθών.
  - Η πιο γενική ανάλυση ώθησης – απλοποίησης, που μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς οπισθοδρόμηση και να λειτουργεί το ίδιο αποδοτικά με τις υπόλοιπες τεχνικές της ίδιας κατηγορίας.
  - Είναι ο τύπος του κώδικα ανάλυσης, που παράγεται από τις πιο διαδεδομένες γεννήτριες κώδικα.
  - Οι τεχνικές LR διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ο συντονισμός της εκτέλεσης των ενεργειών ώθησης και απλοποίησης.



## Ανάλυση LR II

- Για τον καθορισμό της επόμενης ενέργειας ο αναλυτής χρησιμοποιεί έναν αριθμό, που συνοδεύει τις ρίζες των δένδρων του δάσους.
- Ο αριθμός αυτός ονομάζεται **κατάσταση** και ειδικά η κατάσταση της ρίζας του δένδρου που βρίσκεται στα δεξιά του δάσους ονομάζεται **τρέχουσα κατάσταση**.
- Επιπλέον, στο αριστερό μέρος του δάσους υπάρχει η **αρχική κατάσταση**, που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πρώτης ενέργειας του αναλυτή.
- Οι ενέργειες ενός αναλυτή LR εξαρτώνται από την εκάστοτε τρέχουσα κατάστασή του.



## Ανάλυση LR III

- Στην ενέργεια της ώθησης, η κατάσταση της ρίζας του νέου δένδρου καθορίζεται από την τρέχουσα κατάσταση και από το σύμβολο, που ωθείται στη στοίβα (και στο δάσος).
- Σε ενέργεια απλοποίησης, δημιουργείται ένας νέος κόμβος για το μη τερματικό σύμβολο στο οποίο αναφέρεται ο κανόνας και συνδέονται σ' αυτόν ως απόγονοι, οι η πιο δεξιές ρίζες του δάσους, που αντιστοιχούν στα σύμβολα του δεξιού μέρους του κανόνα. Τότε διαγράφονται οι καταστάσεις που συνοδεύουν τις η ρίζες. Η κατάσταση που επισυνάπτεται στη νέα ρίζα, καθορίζεται με βάση την κατάσταση της ρίζας, που βρίσκεται αμέσως πιο αριστερά και το μη τερματικό σύμβολο του νέου κόμβου.
- Για τον καθορισμό των ενεργειών της ανάλυσης χρησιμοποιούμε έναν **πίνακα ενεργειών** και έναν **πίνακα μεταβάσεων**.



# Ανάλυση LR IV

Πίνακας ενεργειών LR(1) ανάλυσης της γραμματικής του προηγούμενου παραδείγματος

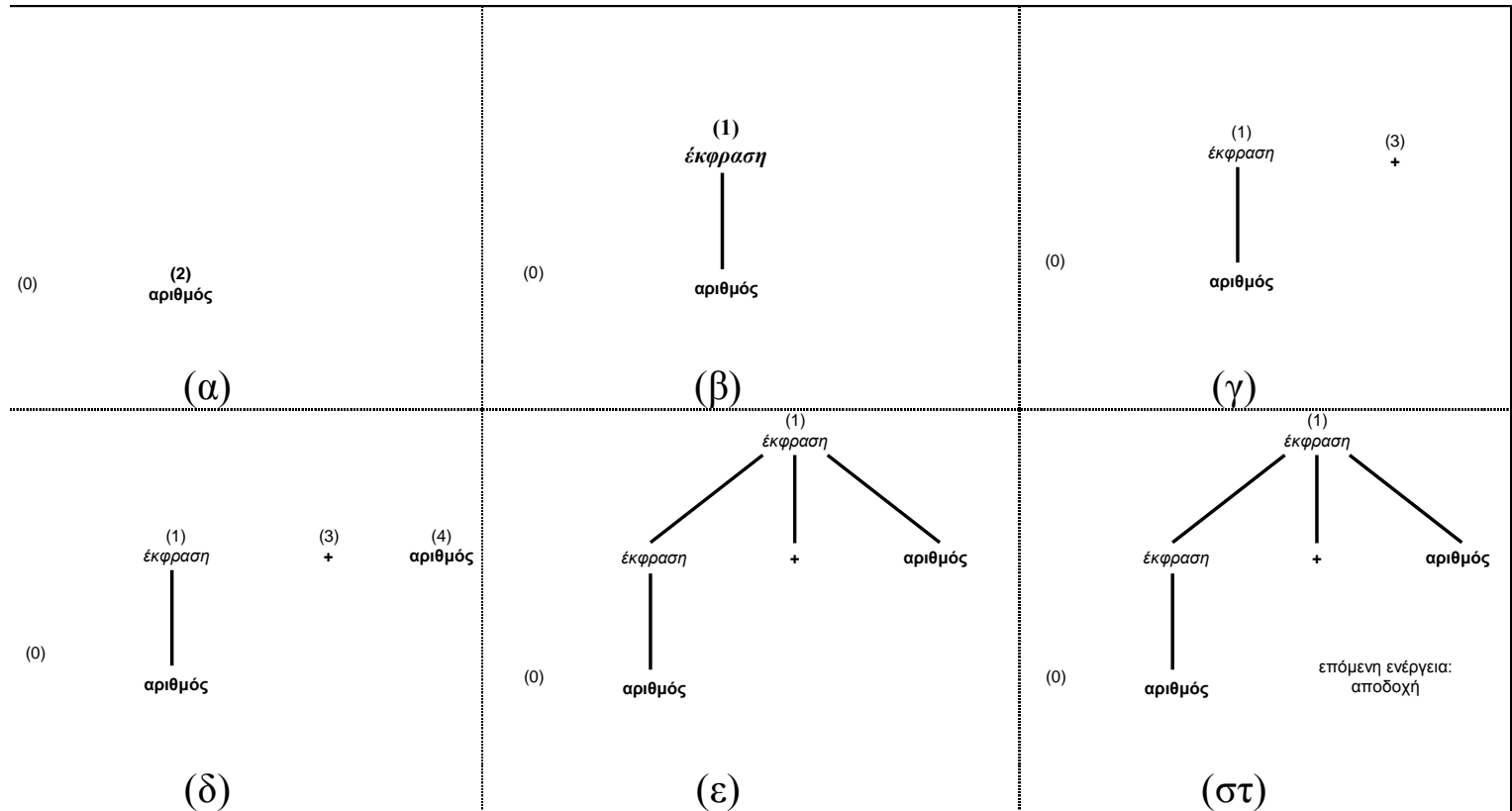
ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ ΕΙΣΟΔΟΥ		
	“αριθμός”	“+”	\$
κατάσταση 0	ώθηση		
κατάσταση 1		ώθηση	αποδοχή
κατάσταση 2		απλοποίηση (έκφραση = “αριθμός”)	απλοποίηση (έκφραση = “αριθμός”)
κατάσταση 3	ώθηση		
κατάσταση 4		απλοποίηση (έκφραση = έκφραση “+” “αριθμός”)	απλοποίηση (έκφραση = έκφραση “+” “αριθμός”)

Πίνακας μεταβάσεων LR(1) ανάλυσης της γραμματικής του παραδείγματος

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΑΣ ΡΙΖΑΣ		
	έκφραση	“αριθμός”	“+”
κατάσταση 0	κατάσταση 1	κατάσταση 2	
κατάσταση 1			κατάσταση 3
κατάσταση 2			
κατάσταση 3		κατάσταση 4	
κατάσταση 4			



# Ανάλυση LR V



Ανάπτυξη δένδρου της έκφρασης 27+5 με ανάλυση LR(1)



# Ανάλυση LR VI

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- (1) έκφραση = έκφραση "+" όρος.
- (2) έκφραση = έκφραση "-" όρος.
- (3) έκφραση = όρος.
- (4) όρος = όρος "\*" παράγοντας.
- (5) όρος = όρος "/" παράγοντας.
- (6) όρος = παράγοντας.
- (7) παράγοντας = "(" έκφραση ")".
- (8) παράγοντας = "αριθμός".

Πίνακας ενεργειών για τη γραμματική αριθμητικών εκφράσεων

	"αριθμός"	"+"	"-"	"*"	"/"	"("	")"	\$
κατάσταση 0	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 1		ώθηση	ώθηση					αποδοχή
κατάσταση 2		απλοπ (3)	απλοπ (3)	ώθηση	ώθηση		απλοπ (3)	απλοπ (3)
κατάσταση 3		απλοπ (6)	απλοπ (6)	απλοπ (6)	απλοπ (6)		απλοπ (6)	απλοπ (6)
κατάσταση 4	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 5		απλοπ (8)	απλοπ (8)	απλοπ (8)	απλοπ (8)		απλοπ (8)	απλοπ (8)
κατάσταση 6	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 7	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 8	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 9	ώθηση					ώθηση		
κατάσταση 10		ώθηση	ώθηση				ώθηση	
κατάσταση 11		απλοπ (1)	απλοπ (1)	ώθηση	ώθηση		απλοπ (1)	απλοπ (1)
κατάσταση 12		απλοπ (2)	απλοπ (2)	ώθηση	ώθηση		απλοπ (2)	απλοπ (2)
κατάσταση 13		απλοπ (4)	απλοπ (4)	απλοπ (4)	απλοπ (4)		απλοπ (4)	απλοπ (4)
κατάσταση 14		απλοπ (5)	απλοπ (5)	απλοπ (5)	απλοπ (5)		απλοπ (5)	απλοπ (5)
κατάσταση 15		απλοπ (7)	απλοπ (7)	απλοπ (7)	απλοπ (7)		απλοπ (7)	απλοπ (7)



# Ανάλυση LR VII

Πίνακας μεταβάσεων για τη γραμματική αριθμητικών εκφράσεων										
	“αριθμός”	“+”	“-”	“*”	“/”	“(”	)”	έκφραση	όρος	παράγοντας
κατάσταση 0	5					4		1	2	3
κατάσταση 1		6	7							
κατάσταση 2				8	9					
κατάσταση 3										
κατάσταση 4	5					4		10	2	3
κατάσταση 5										
κατάσταση 6	5					4			11	3
κατάσταση 7	5					4			12	3
κατάσταση 8	5					4				13
κατάσταση 9	5					4				14
κατάσταση 10		6	7				15			
κατάσταση 11				8	9					
κατάσταση 12				8	9					
κατάσταση 13										
κατάσταση 14										
κατάσταση 15										





# Ανάλυση LR VIII

LR(1) ανάλυση της συμβολοσειράς $(27-5) * 8$		
ΣΤΟΙΒΑ	ΣΥΜΒΟΛΟΣΕΙΡΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ
\$0	$(27-5)*8$	ώθηση
\$0 "("4	$27-5)*8$	ώθηση
\$0 "("4 "αριθμός"5	$-5)*8$	απλοποίηση κατά (8)
\$0 "("4 παράγοντας3	$-5)*8$	απλοποίηση κατά (6)
\$0 "("4 όρος2	$-5)*8$	απλοποίηση κατά (3)
\$0 "("4 έκφραση10	$-5)*8$	ώθηση
\$0 "("4 έκφραση10 "-"7	$5)*8$	ώθηση
\$0 "("4 έκφραση10 "-"7 "αριθμός"5	$)*8$	απλοποίηση κατά (8)
\$0 "("4 έκφραση10 "-"7 παράγοντας3	$)*8$	απλοποίηση κατά (6)
\$0 "("4 έκφραση10 "-"7 όρος12	$)*8$	απλοποίηση κατά (2)
\$0 "("4 έκφραση10	$)*8$	ώθηση
\$0 "("4 έκφραση10 ")"15	$*8$	απλοποίηση κατά (7)
\$0 παράγοντας3	$*8$	απλοποίηση κατά (6)
\$0 όρος2	$*8$	ώθηση
\$0 όρος2 "*"8	$8$	ώθηση
\$0 όρος2 "*"8 "αριθμός"5	$$$	απλοποίηση κατά (8)
\$0 όρος2 "*"8 παράγοντας13	$$$	απλοποίηση κατά (4)
\$0 όρος2	$$$	απλοποίηση κατά (3)
\$0 έκφραση1	$$$	αποδοχή



# Ανάλυση LR IX

Αρχή:  
S

Προτασιακή μορφή:

- $\Rightarrow$  έκφραση  
*m*
- $\Rightarrow$  όρος  
*m*
- $\Rightarrow$  όρος \* παράγοντας  
*m*
- $\Rightarrow$  όρος \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  παράγοντας \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( έκφραση ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( έκφραση - όρος ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( έκφραση - παράγοντας ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( έκφραση - **αριθμός** ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( όρος - **αριθμός** ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( παράγοντας - **αριθμός** ) \* **αριθμός**  
*m*
- $\Rightarrow$  ( **αριθμός** - αριθμός ) \* **αριθμός**  
*m*

Κανόνας:

- [έκφραση = όρος]
- [όρος = όρος “\*” παράγοντας]
- [παράγοντας = “αριθμός”]
- [όρος = παράγοντας]
- [παράγοντας = (“ έκφραση “”)]
- [έκφραση = έκφραση “-” όρος]
- [όρος = παράγοντας]
- [παράγοντας = “αριθμός”]
- [έκφραση = όρος]
- [όρος = παράγοντας]
- [παράγοντας = “αριθμός”]





# 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



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ