

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ενοποιητική Γραμματική

4.1. Γενικά

Από τους πιο διαδεδομένους φορμαλισμούς για την παράσταση γλωσσικής πληροφορίας είναι οι **Ενοποιητικές Γραμματικές** κι ανάμεσά τους ο πιο απλός είναι ο φορμαλισμός της **Ενοποιητικής Γραμματικής Patr II**.

Ο φορμαλισμός αυτός αναπτύχθηκε στο SRI International και υπακούει στους περιορισμούς:

- **Συμπαράθεση** (*concatenation*) ως τη μόνη πράξη συνδυασμού συμβολοακολουθιών, και
- **Ενοποίηση** (*unification*) ως τη μόνη πράξη συνδυασμού πληροφορίας.

Οι **Γραμματικές Ορισμένης Φράσης (ΓΟΦ)** χρησιμοποιούν *όρους*, που μοιάζουν με τους όρους της λογικής, για να παραστήσουν τα γλωσσικά αντικείμενα. Η σημασία των όρων αυτών και των αντίστοιχων μεταβλητών εξαρτάται από τη *θέση* τους και όχι από το *όνομά* τους. Έτσι, τα κατηγορήματα (1) και (2), στο ακόλουθο παράδειγμα, είναι ισοδύναμα.

- (1) noun (Agr, Case, Gend).
- (2) noun (_ , _ , _).
- (3) noun (agr(sg,3), nom, masc).

Σημείωση: στην *Prolog* τα ονόματα των μεταβλητών είναι χρήσιμα για να ορίσουν την **ταυτότητα** κάποιου στιγμιότυπου, αλλά όχι για να ορίσουν κάποια **οντολογία**.

```
nr ( agr(Num,Pers), Case ) →  
  det ( agr(Num,Pers), Case, Gend ),  
  adj ( agr(Num,Pers), Case,Gend ),  
  n ( agr(Num,Pers), Case, Gend ).
```

Οι γλωσσολόγοι αναλύουν τη γλώσσα με βάση κάποια **οντολογία**, έχουν δηλαδή **κατηγορίες** όπως *αριθμός, πτώση, γένος, πρόσωπο* κλπ. Οι **δομές ιδιοτήτων** επιτρέπουν την έκφραση των στοιχείων της οντολογίας αυτής.

Παράδειγμα:

(4) $f1$ $\left[\begin{array}{l} \text{cat: noun} \\ \text{agr: } f2 \left[\begin{array}{l} \text{num: sg} \\ \text{pers: 3} \end{array} \right] \\ \text{case: nom} \\ \text{gend: masc} \end{array} \right]$

4.2. Ιδιότητες - Τιμές

Οι φορμαλισμοί που βασίζονται στην ενοποίηση χρησιμοποιούν ως **πεδίο πληροφορίας** (*informational domain*) σύστημα βασισμένο στις **ιδιότητες** (*features*) και τις **τιμές** (*values*) τους. Τα στοιχεία αυτού του πεδίου ονομάζονται **δομές ιδιοτήτων**. Χρησιμοποιούνται διαφορετικά ονόματα στις διάφορες εργασίες: **λειτουργικές δομές** (*functional structures*) (LFG), **συλλογή ιδιοτήτων**, **πίνακας ιδιοτήτων ή κατηγοριών** (GPSG), **συναρτησιακές δομές** (FUG), **όροι** (DCG), **κατευθυνόμενοι ακυκλικοί γράφοι** (στον φορμαλισμό Patr II).

Ο κοινός συμβολισμός της **δομής ιδιοτήτων** γίνεται με τα άγκιστρα []. Παράδειγμα:

$\left[\begin{array}{l} \text{αριθμός : ενικός} \\ \text{πρόσωπο : τρίτο} \end{array} \right]$

Στους φορμαλισμούς που βασίζονται στην ενοποίηση είναι χαρακτηριστικό ότι και οι ίδιες οι τιμές των ιδιοτήτων μπορεί να είναι **δομημένες** (**σύνθετες δομές**). Για παράδειγμα, η πιο πάνω δομή μπορεί να είναι ένα συστατικό (με όνομα “συμφωνία”) μιας άλλης δομής:

Παραδείγματα συνθέτων δομών:

$\left[\begin{array}{l} \text{κατηγορία: ΟΦ} \\ \text{συμφωνία::} \left[\begin{array}{l} \text{αριθμός : ενικός} \\ \text{πρόσωπο : τρίτο} \end{array} \right] \end{array} \right]$

(5) <i>f1</i>	<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><i>cat:</i></td> <td>noun</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><i>agr:</i></td> <td><i>f2</i> <table style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>num:</i></td> <td>sg</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>pers:</i></td> <td>3</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><i>case:</i></td> <td>nom</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><i>gend:</i></td> <td>masc</td> </tr> </table>	<i>cat:</i>	noun	<i>agr:</i>	<i>f2</i> <table style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>num:</i></td> <td>sg</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>pers:</i></td> <td>3</td> </tr> </table>	<i>num:</i>	sg	<i>pers:</i>	3	<i>case:</i>	nom	<i>gend:</i>	masc
<i>cat:</i>	noun												
<i>agr:</i>	<i>f2</i> <table style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>num:</i></td> <td>sg</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;"><i>pers:</i></td> <td>3</td> </tr> </table>	<i>num:</i>	sg	<i>pers:</i>	3								
<i>num:</i>	sg												
<i>pers:</i>	3												
<i>case:</i>	nom												
<i>gend:</i>	masc												

Το τελευταίο σημαντικό χαρακτηριστικό των δομών ιδιοτήτων είναι η ιδιότητα της **σύγκλισης** (*reentrancy*) κατά την οποία δύο ιδιότητες σε μια δομή μπορεί να συμμερίζονται την ίδια τιμή. Πρέπει να ξεχωρίζουμε προσεκτικά “τις δύο ιδιότητες με μία τιμή” από τις “δύο ιδιότητες με παρόμοια τιμή” (πρβλ. πιο κάτω).

4. 2. 1. Δομές Ιδιοτήτων

Ορισμός: Οι **δομές ιδιοτήτων** είναι μερικές συναρτήσεις από το σύνολο των ιδιοτήτων ή κατηγοριών ή κατηγορημάτων (*attributes*) ή χαρακτηριστικών στο σύνολο που ορίζεται από την ένωση του συνόλου των ατομικών τιμών (*atomic values*) με το σύνολο των δομών ιδιοτήτων.

Θεωρώντας τη **σύνθετη δομή** του παραδείγματος (5):

Το **σύνολο ιδιοτήτων** της δομής *f1* είναι: { *cat*, *agr*, *case*, *gend* } (Σημειώνουμε ότι δεν έχει σημασία η σειρά.)

Το **σύνολο τιμών** της δομής *f1* είναι: { noun, *f2*, nom, masc }, και της δομής *f2*: {sg, 3}

Ορισμός: **Μονοπάτι** (*path*) σε μια δομή είναι μια ακολουθία ιδιοτήτων που συμβολίζεται μέσα σε γωνιακές παρενθέσεις: <ιδιότητα τιμή> (π.χ.: <agreement number>).

Το σύνολο των **μονοπατιών** (*paths*) είναι το σύνολο των ακολουθιών που μπορούν να σχηματιστούν από το σύνολο των ιδιοτήτων της δομής.

Έτσι, το **σύνολο μονοπατιών** της δομής *f1* (5) είναι:

{ <cat >, <case >, <gend >, <agr num>, <agr mers> }

Οι δομές ιδιοτήτων μπορεί να είναι **σύνθετες** (*complex*) ή **ατομικές** (*atomic*). Οι σύνθετες δομές μπορεί να θεωρηθούν (όπως είπαμε) ως μερικές συναρτήσεις από ιδιότητες σε τιμές (που κι αυτές είναι ιδιότητες).

Ο συμβολισμός **D(f)** υποδηλώνει την τιμή που συσχετίζεται με την ιδιότητα **f** στη δομή ιδιοτήτων **D**, π.χ.: D(number) = third.

Παρόμοια, μπορούμε να αναφερθούμε στο **πεδίο** (*domain*) μιας δομής ιδιοτήτων **D** με τον συμβολισμό: **dom(D)** (π.χ.: dom(D) = {number, person}).

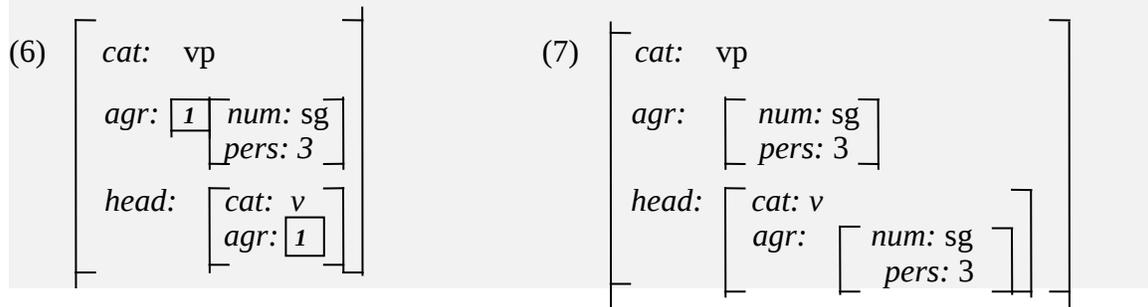
Μια δομή με κενό πεδίο συχνά ονομάζεται “**κενή δομή**” ή **μεταβλητή**. Οι μεταβλητές προφανώς συμβολίζονται [].

4.2.1. Ερώτηση

Έχει σημασία η θέση των ζευγών χαρακτηριστικό-τιμή μέσα σε μια δομή χαρακτηριστικών;

4.2.2. Σύγκλιση (reentrancy)

Στο παράδειγμα (6), που ακολουθεί, έχουμε ταυτότητα στιγμιότυπου (token), δηλαδή το στιγμιότυπο είναι ένα. Στο παράδειγμα (7) έχουμε ταυτότητα τύπου, δηλαδή δύο διακριτές τιμές (στιγμιότυπα) ίδιου τύπου.



Ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ταυτότητα του στιγμιότυπου είναι ένα τετραγωνάκι με τον αριθμό ταυτότητας (π.χ. [1])

4.2.2. Ερωτήσεις

1. Τι είδους ταυτότητα έχουμε στις πιο κάτω προτάσεις
 - (i) Ο Χάρης είδε τον εαυτό του στον καθρέφτη.
 - (ii) Ο Χάρης είδε τον Χάρη στον καθρέφτη.

2. Τί είδους ταυτότητα εκφράζουν οι πιο κάτω όροι της Prolog:

$f(X, \alpha, X)$.

Έστω ότι η τιμή $\beta(\gamma)$ αποδίδεται στην μεταβλητή X . Τι είδους ταυτότητα έχουμε;

$f(\beta(\gamma), \alpha, \beta(\gamma))$.

Σημείωση: Ποια διαφορά βλέπετε ανάμεσα στους όρους και στις δομές ιδιοτήτων;

4. 2. 3. Τυποποίηση (Typing)

$\left[\begin{array}{l} \text{cat: noun} \\ \text{agr: } \left[\begin{array}{l} \text{num: sg} \\ \text{pers: 3} \end{array} \right] \\ \text{case: nom} \\ \text{gend: masc} \\ \text{tense: present} \end{array} \right]$	(8)
---	-----

Η δομή (8) είναι μαθηματικά ορθή σύμφωνα με τον τρόπο που ορίσαμε τις δομές χαρακτηριστικών - τιμών. Γλωσσολογικά όμως είναι απαράδεκτη (τουλάχιστον για τα Ελληνικά και τα Αγγλικά). Ως μαθηματικά ορθή, όμως, θα μπορούσε να προκύψει σε οποιαδήποτε φάση της επεξεργασίας χωρίς να ενοχληθεί το υπολογιστικό σύστημα που την υλοποιεί. Αυτό δεν είναι δυνατόν να συμβεί με τους όρους που έχουν ορισμένο πλήθος συστατικών.

Μία λύση θα ήταν να τυποποιηθούν οι δομές ιδιοτήτων, ώστε να καθοριστεί ακριβώς και ο αριθμός και το είδος των ιδιοτήτων και των τιμών τους.

4. 2. 4. Εγκλεισμός (subsumption)

Ορισμός: Μια δομή χαρακτηριστικών *A* **εγκλείεται** (*subsumed*) από μία δομή ιδιοτήτων *B* αν όλες οι ιδιότητες και τα μονοπάτια της *A* υπάρχουν και στην *B*.

Επίσης:

- Κάθε ιδιότητα ή μονοπάτι της *A* έχει την ίδια τιμή στην *A* και στην *B* αν οι τιμές τους είναι ατομικές. Στην περίπτωση που οι τιμές τους είναι δομές ιδιοτήτων, έστω *A1* και *B1* αντιστοίχως, τότε η *A1* εγκλείεται από την *B1*.
- Όλες οι συγκλίσεις που υπάρχουν στην *A* υπάρχουν και στην *B*.

Λέμε ότι μια πιο γενική δομή περιέχει *λιγότερη πληροφορία* από μια άλλη ή ότι την εγκλείει.

Μία *ατομική τιμή* δεν εγκλείει ούτε εγκλείεται από άλλη ατομική τιμή. Οι μεταβλητές εγκλείουν όλες τις άλλες δομές ιδιοτήτων, ατομικές και σύνθετες, επειδή αποτελούν την δομή με τη μικρότερη πληροφορία.

Με τον εγκλεισμό μπορούμε να διατάξουμε τις δομές ιδιοτήτων:

1	[]	D_{var}
2	[cat : NP]	D_{NP}
3	[cat : NP agreement : [number : sg]]	D_{NPsg}
4	[cat : NP agreement : [number : sg person : 3rd]]	D_{NPsg3}
5	[cat : NP agreement : [number : sg person : 3rd] subject : [number : sg person : 3rd]]	$D_{NPsg3Subj}$
6	[cat : NP agreement : [1 [number : sg person : 3rd]] subject : [1]]	$D'_{NPsg3Subj}$

Η διάταξη των πιο πάνω δομών ιδιοτήτων είναι:

$$(9) D_{var} \subseteq D_{NP} \subseteq D_{NPsg} \subseteq D_{NPsg3} \subseteq D_{NPsg3Subj} \subseteq D'_{NPsg3Subj}$$

Σημείωση: Το σύμβολο \subseteq υποδηλώνει τον εγκλεισμό.

4. 2. 5. Ενοποίηση (Unification) και Γενίκευση (Generalisation)

Ορισμός: **Ενοποίηση** δύο δομών ιδιοτήτων είναι η μικρότερη δομή ιδιοτήτων που εγκλείει και τις δύο.

Ορισμός: **Γενίκευση** δύο δομών ιδιοτήτων είναι η μεγαλύτερη δομή χαρακτηριστικών που εγκλείεται και από τις δύο.

Η ενοποίηση, εάν ερμηνευθεί ως πράξη (operation) επί των δομών ιδιοτήτων, όταν είναι μη καταστροφική, παίρνει δύο δομές ιδιοτήτων και απ' αυτές κατασκευάζει μια τρίτη δομή, την ενοποίησή τους. Όταν είναι καταστροφική, όπως στην Prolog, παίρνει δύο δομές και τις αντικαθιστά με την ενοποίησή τους. Η ενοποίηση, ως πράξη, είναι **ανεξάρτητη** σειράς εκτέλεσης.

Από άποψη υπολογιστική οι *όροι* πλεονεκτούν σε ταχύτητα, γιατί και προτιμήθηκαν στην Prolog.

4. 3. Ενοποιητικές Γραμματικές

Η Ενοποιητικές Γραμματικές είναι σύνολο Συμφραστικώς Ανεξάρτητων Κανόνων σχολιασμένων με δομές ιδιοτήτων. Τα σχόλια εκφράζουν περιορισμούς τους οποίους πρέπει να ικανοποιούν οι συμβολοακολουθίες που γίνονται αποδεκτές ως γραμματικές προτάσεις. Δηλαδή τα σχόλια εμποδίζουν την **υπερπαραγωγή** (*overgeneration*).

(10) S → NP VP
[num: Number] [num: Number]
[person: Person] [person: Person]
[case: nom] [tense: Tense]

(11) NP → DET NOUN
[num: Num] [num: Num] [num: Num]
[person: Person] [person: Person] [person: Person]
[case: Case] [gender: Gen] [gender: Gen]
[case: Case] [case: Case]

(12) DET η
[num: sg]
[person: 3]
[gender: fm]
NOUN γάτα
[num: sg]
[person: 3]
[gender: fm]
[case: -]

Ουσιαστικά όλη η πληροφορία βρίσκεται στο λεξικό (12) και διοχετεύεται (percolates) στις ιεραρχικά ανώτερες δομές έτσι όπως καθορίζουν οι κανόνες (10) και (11). Καθοδόν συγκρητίζεται (merges) με την πληροφορία που είναι συναρτημένη με τους κανόνες.

4.3. Ερωτήσεις

- (α) Δώστε τους κανόνες που ορίζουν VP με αμετάβατο και μεταβατικό ρήμα.
- (β) Περιγράψτε πώς λειτουργεί η γραμματική
- (γ) Πώς παίρνει τιμή το χαρακτηριστικό case.

Στο παράδειγμα (8) χρησιμοποιούμε το συμβολισμό της PROLOG για να δείξουμε ότι οι τιμές ορισμένων μονοπατιών είναι ίδιες. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της σύγκλισης και γιατί;

4.4. Συμβολισμός PATR II

Ο συμβολισμός PATR II προτάθηκε από τον Shieber το 1986 για να αντιμετωπιστούν προβλήματα σαν και αυτά που φάνηκαν στις ασκήσεις 3.2 και 3.3 καθώς και για να υπάρξει ένα θεωρητικώς ανεξάρτητος συμβολισμός χρήσιμος για την κωδικοποίηση οποιασδήποτε ενοποιητικής γραμματικής με συμφραστικώς ανεξάρτητο σκελετό.

Παραθέτουμε παράδειγμα ενός κανόνα σε συμβολισμό Patr II.

(13)

S	→	NP	VP
<NP num >	=	<VP num >	
<NP person >	=	<VP person >	
<NP case >	=	nom	
<VP tense >	=	past	

4.4. Ερωτήσεις

Μεταγράψτε τον ακόλουθο κανόνα σε PATR II.

NP	→	DET	NOUN
[agr: 1 [case: nom]]		[agr: 1]	

Βιβλιογραφία

Ο Covington (1994) προσφέρει μια βατή εισαγωγή λίγο στο Αμερικάνικο εκπαιδευτικό ύφος. Εάν ενδιαφέρεστε για μια πιο σε βάθος περιγραφή και για περαιτέρω προγράμματα δείτε τους Gazdar

and Mellish (1989) --- οι οποίοι όμως γράφουν σε Αγγλικό ύφος και είναι και πρωτοπόροι στο είδος (ίσως, λίγο δυσνόητοι). Για μια καλή εισαγωγή στις Ενοποιητικές Γραμματικές δείτε τους Sag and Wasow. Για το PATR καθώς και για μια διεξοδική τυπική περιγραφή και κριτική των ενοποιητικών γραμματικών της εποχής του δείτε τον Shieber (1986)---το βιβλίο δεν έχει χάσει ακόμη την επικαιρότητά του.

Michael A. Convington. 1994. *Natural Language Processing for Prolog Programmers*. Prentice Hall: New Jersey, USA

Gerald Gazdar and Chris Mellish. 1989. *Natural Language Processing in Prolog: an introduction to computational linguistics*. Wokingham: Addison-Wesley.

Ivan A. Sag and Thomas Wasow. *Syntactic Theory: A Formal Introduction*. CSLI Publications, Leland Stanford Junior University (Partial Draft of September, 1997 (you can possibly download it from Stanford)).

Stuart M. Shieber. 1986. *An Introduction to Unification Based Approaches to Grammar*. Chicago: Chicago University Press.