



Ασκήσεις μελέτης B2-B3

Lab 4

Human-Computer Interaction, AUEB
Εαρινό εξάμηνο 2022-2023

Lab Assistant: Sofia Eleftheriou



Άσκηση B2.2

α)

Χρησιμοποιώντας τις παρακάτω προτάσεις ως (μικροσκοπικό) σώμα κειμένων εκπαίδευσης:

<start> he plays football

<start> he plays cricket

<start> she enjoys good football

<start> she plays good music

<start> he prays to god

<start> please buy me the other ball

<start> he pleases the other players by playing good football

εκτιμήστε τις πιθανότητες $P(t_1^4)$ που θα επέστρεφε ένα γλωσσικό μοντέλο διγραμμάτων με εξομάλυνση Laplace για κάθε μία από τις δύο παρακάτω προτάσεις

t_1^4 : <start> he please god football

t_1^4 : <start> he plays good football

Υποθέστε ότι το λεξιλόγιο V περιέχει όλες τις λέξεις του σώματος κειμένων (εξαιρώντας το <start>), οπότε $|V| = 21$. Δείξτε λεπτομερώς τους υπολογισμούς σας, χωρίς να εκτελέσετε τις τελικές αριθμητικές πράξεις.



- $P(\langle \text{start} \rangle, \text{he, please, god, football}) = P(\text{he} \mid \langle \text{start} \rangle) P(\text{please} \mid \text{he}) P(\text{god} \mid \text{please}) P(\text{football} \mid \text{god}) = (4+1)/(7+21) (0+1)/(4+21) (0+1)/(1+21) (0+1)/(1+21)$
- $P(\langle \text{start} \rangle, \text{he, plays, good, football}) = P(\text{he} \mid \langle \text{start} \rangle) P(\text{plays} \mid \text{he}) P(\text{good} \mid \text{plays}) P(\text{football} \mid \text{good}) = (4+1)/(7+21) (2+1)/(4+21) (1+1)/(3+21) (2+1)/(3+21)$

Σημείωση: Στην πράξη αποφεύγουμε διαδοχικούς πολλαπλασιασμούς πιθανοτήτων, υπολογίζουμε συνήθως τον λογάριθμο της πιθανότητας μιας ακολουθίας λέξεων, δηλαδή θα υπολογίζαμε το $\log P(\langle \text{start} \rangle, \text{he, please, god, football})$, αντί του $P(\langle \text{start} \rangle, \text{he, please, god, football})$, οπότε θα καταλήγαμε στο παρακάτω άθροισμα τεσσάρων λογαρίθμων, αντί του παραπάνω γινομένου τεσσάρων πιθανοτήτων: $\log[(4+1)/(7+21)] + \log[(0+1)/(4+21)] + \log[(0+1)/(1+21)] + \log[(0+1)/(1+21)]$



β)

Υποθέστε ότι ένας χρήστης έγραψε στο πληκτρολόγιο του κινητού του την παρακάτω ακολουθία λέξεων w_1^4 : <start> he pls gd ftball

Εκτιμήστε τις πιθανότητες $P(t_1^4 | w_1^4)$ των δύο υποθέσεων (ακολουθιών λέξεων που ίσως ήθελε να γράψει) t_1^4 του σκέλους (α), χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο θορυβώδους καναλιού (βλ. σχετικές διαφάνειες) και το γλωσσικό μοντέλο διγραμμάτων του σκέλους (α).

Θεωρήστε ότι $P(w_i | t_i) \approx 1/(LD(w_i, t_i)+1)$, όπου $LD(w_i, t_i)$ η απόσταση Levenshtein από τη λέξη w_i στην t_i . Δείξτε λεπτομερώς τους υπολογισμούς σας, χωρίς να εκτελέσετε τις τελικές αριθμητικές πράξεις και χωρίς να υπολογίσετε τις αποστάσεις Levenshtein.



Χρησιμοποιώντας το θορυβώδες κανάλι των διαφανειών της διάλεξης, έχουμε:

$$P(t_1^4 | w_1^4) = P(t_1^4) P(w_1^4 | t_1^4) / P(w_1^4)$$

Για $t_1^4 = \langle \text{start} \rangle$ he please god football:

$$P(t_1^4) = P(\langle \text{start} \rangle, \text{he}, \text{please}, \text{god}, \text{football})$$

$$P(w_1^4 | t_1^4) / P(w_1^4) = P(\langle \text{start} \rangle \text{ he pls gd fball} | \langle \text{start} \rangle, \text{he}, \text{please}, \text{god}, \text{football}) / P(w_1^4)$$

Η πιθανότητα $P(\langle \text{start} \rangle, \text{he}, \text{please}, \text{god}, \text{football})$ εκτιμάται από το γλωσσικό μοντέλο, όπως στο σκέλος (α).

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση $P(w_i | t_i) \approx 1/(LD(w_i, t_i)+1)$ της εκφώνησης (βλ. και διαφάνειες), η πιθανότητα $P(w_1^4 | t_1^4) = P(\langle \text{start} \rangle \text{ he pls gd fball} | \langle \text{start} \rangle, \text{he}, \text{please}, \text{god}, \text{football})$ γίνεται:

$$P(\text{he}, \text{he}) P(\text{pls}, \text{please}) P(\text{gd}, \text{god}) P(\text{ftball}, \text{football}) = \\ 1/(LD(\text{he}, \text{he})+1) 1/(LD(\text{pls}, \text{please})+1) 1/(LD(\text{gd}, \text{god})+1) 1/(LD(\text{ftball}, \text{football})+1)$$

Η πιθανότητα $P(w_1^4)$ δεν χρειάζεται να εκτιμηθεί, γιατί είναι ίδια και για τις δύο υποθέσεις $t_1^4 = \langle \text{start} \rangle$ he please god football και $t_1^4 = \langle \text{start} \rangle$ he plays good football.

Ομοίως εκτιμούμε την πιθανότητα $P(t_1^4 | w_1^4)$ για την υπόθεση $t_1^4 = \langle \text{start} \rangle$ he plays good football.

Επιλέγουμε τελικά την υπόθεση t_1^4 με το μεγαλύτερο $P(t_1^4 | w_1^4)$.

Σημείωση: Και πάλι στην πράξη θα υπολογίζαμε τον λογάριθμο κάθε γινομένου πιθανοτήτων, οπότε θα καταλήγαμε σε αθροίσματα λογαρίθμων πιθανοτήτων, αντί γινόμενα πιθανοτήτων.



Υ)

Εξηγήστε αναλυτικά πώς θα γινόταν η αποκωδικοποίηση με beam search (διαφάνειες «Beam search decoder»), αν ο χρήστης γράψει στο πληκτρολόγιο την ακολουθία λέξεων w_1^4 του σκέλους (β). Χρησιμοποιούμε πάλι το γλωσσικό μοντέλο διγραμμάτων λέξεων του σκέλους (α), εκπαιδευμένο στο μικροσκοπικό σώμα εκπαίδευσης εκείνου του σκέλους, μαζί με το μοντέλο θορυβώδους καναλιού του σκέλους (β).

Θεωρήστε ότι το πλέγμα (lattice) αναζήτησης είναι το ακόλουθο, δηλαδή περιλαμβάνει 4 κοντινές (κατά απόσταση διόρθωσης) υποψήφια σωστές λέξεις (του λεξικού), για κάθε λέξη w_i που έχει γράψει ο χρήστης. Σε κάθε βήμα του beam search, κρατάμε τα $b = 2$ καλύτερα μονοπάτια.



start

$t_1 = \text{he}$

$t_2 = \text{please}$

$t_1 = \text{god}$

$t_1 = \text{football}$

$t_1 = \text{her}$

$t_1 = \text{plays}$

$t_1 = \text{good}$

$t_1 = \text{ball}$

$t_1 = \text{she}$

$t_1 = \text{players}$

$t_1 = \text{gone}$

$t_1 = \text{volleyball}$

$t_1 = \text{here}$

$t_1 = \text{pleases}$

$t_1 = \text{goat}$

$t_1 = \text{basketball}$

$k = 0$

$k = 1$
 $w_1 = \text{he}$

$k = 2$
 $w_2 = \text{pls}$

$k = 3$
 $w_3 = \text{gd}$

$k = 4$
 $w_4 = \text{ftball}$



k = 0

k = 1
 $w_1 = he$

k = 2
 $w_2 = pls$

k = 3
 $w_3 = gd$

k = 4
 $w_4 = ftball$



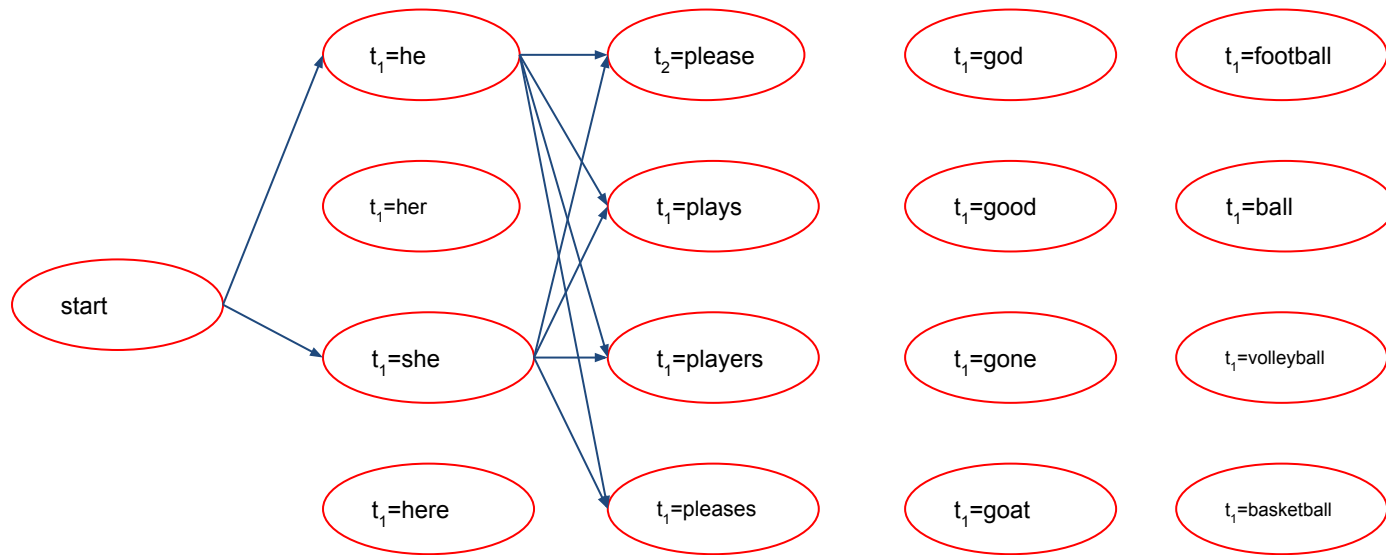
Για $k=1$

$$\langle \text{start, he} \rangle: P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) = (4+1)/(7+21) \cdot 1/(0+1) = 5/28 = \mathbf{0.179}^{**}$$

$$\langle \text{start, her} \rangle: P(\text{her}|\text{start}) P(\text{he}|\text{her}) = (0+1)/(7+21) \cdot 1/(1+1) = 1/28 \cdot 1/2 = 0.018$$

$$\langle \text{start, she} \rangle: P(\text{she}|\text{start}) P(\text{he}|\text{she}) = (2+1)/(7+21) \cdot 1/(1+1) = 3/28 \cdot 1/2 = \mathbf{0.054}^{**}$$

$$\langle \text{start, here} \rangle: P(\text{here}|\text{start}) P(\text{he}|\text{here}) = (0+1)/(7+21) \cdot 1/(2+1) = 1/28 \cdot 1/3 = 0.012$$



k = 0

k = 1
 $w_1 = he$

k = 2
 $w_2 = pls$

k = 3
 $w_3 = gd$

k = 4
 $w_4 = ftball$



Για $k=2$

<start, he, please>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{please}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{please}) = 5/28 (0+1)/(4+21) 1/(3+1) = 0.0018$

<start, he, plays>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) = 5/28 (2+1)/(4+21) 1/(1+2) = \mathbf{0.0071}^{**}$

<start, he, players>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{players}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{players}) = 5/28 (0+1)/(4+21) 1/(4+1) = 0.0014$

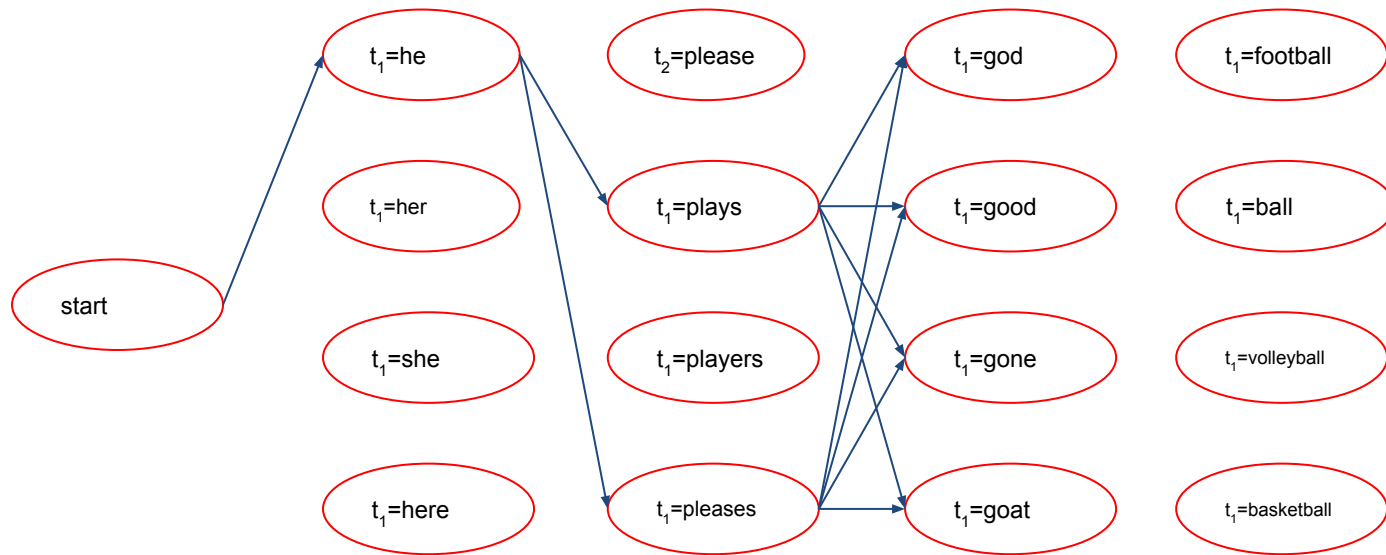
<start, he, pleases>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{pleases}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{pleases}) = 5/28 (1+1)/(4+21) 1/(4+1) = \mathbf{0.0029}^{**}$

<start, she, please>: $P(\text{she}|\text{start}) P(\text{he}|\text{she}) P(\text{please}|\text{she}) P(\text{pls}|\text{please}) = 3/56 (0+1)/(2+21) 1/(3+1) = 0.0006$

<start, she, plays>: $P(\text{she}|\text{start}) P(\text{he}|\text{she}) P(\text{plays}|\text{she}) P(\text{pls}|\text{plays}) = 3/56 (1+1)/(2+21) 1/(2+1) = 0.0016$

<start, she, players>: $P(\text{she}|\text{start}) P(\text{he}|\text{she}) P(\text{players}|\text{she}) P(\text{pls}|\text{players}) = 3/56 (0+1)/(2+21) 1/(4+1) = 0.0005$

<start, she, pleases>: $P(\text{she}|\text{start}) P(\text{he}|\text{she}) P(\text{pleases}|\text{she}) P(\text{pls}|\text{pleases}) = 3/56 (0+1)/(2+21) 1/(4+1) = 0.0005$



k = 0

k = 1
w₁ = he

k = 2
w₂ = pls

k = 3
w₃ = gd

k = 4
w₄ = ftball



Για $k=3$

<start, he, plays, god>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{god}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{god}) = 0.0071 (0+1)/(3+21) 1/(1+1) = \mathbf{0.00015}^{**}$

<start, he, plays, good>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{good}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{good}) = 0.0071 (1+1)/(3+21) 1/(2+1) = \mathbf{0.0002}^{**}$

<start, he, plays, gone>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{gone}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{gone}) = 0.0071 (0+1)/(3+21) 1/(4+1) = 0.00006$

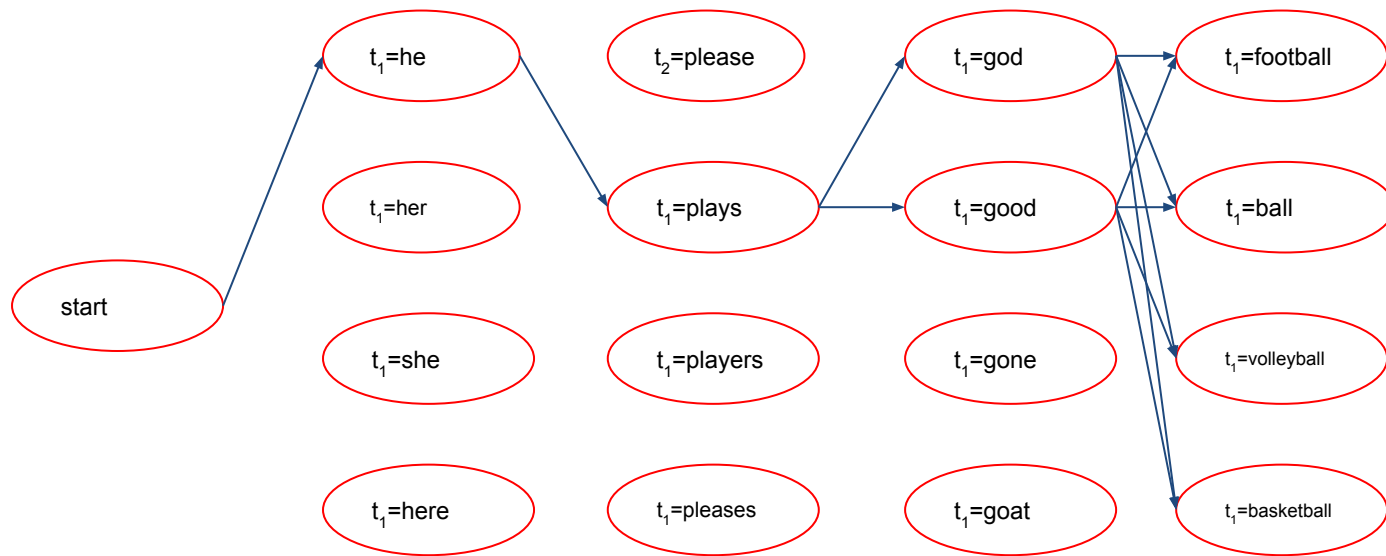
<start, he, plays, goat>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{goat}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{goat}) = 0.0071 (0+1)/(3+21) 1/(4+1) = 0.00006$

<start, he, pleases, god>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{pleases}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{pleases}) P(\text{god}|\text{pleases}) P(\text{gd}|\text{god}) = 0.0029 (0+1)/(1+21) 1/(1+1) = 0.00007$

<start, he, pleases, good>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{pleases}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{pleases}) P(\text{good}|\text{pleases}) P(\text{gd}|\text{good}) = 0.0029 (0+1)/(1+21) 1/(2+1) = 0.00004$

<start, he, pleases, gone>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{pleases}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{pleases}) P(\text{gone}|\text{pleases}) P(\text{gd}|\text{gone}) = 0.0029 (0+1)/(1+21) 1/(4+1) = 0.00003$

<start, he, pleases, goat>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{pleases}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{pleases}) P(\text{goat}|\text{pleases}) P(\text{gd}|\text{goat}) = 0.0029 (0+1)/(1+21) 1/(4+1) = 0.00003$



k = 0

k = 1
 $w_1 = he$

k = 2
 $w_2 = pls$

k = 3
 $w_3 = gd$

k = 4
 $w_4 = ftball$



Για $k=3$

<start, he, plays, god, football>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{god}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{god}) P(\text{football}|\text{god})$
 $P(\text{ftball}|\text{football}) = 0.00015 (0+1)/(1+21) 1/(2+1) = 0.0000023$

<start, he, plays, god, ball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{god}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{god}) P(\text{ball}|\text{god})$
 $P(\text{ftball}|\text{ball}) = 0.00015 (0+1)/(1+21) 1/(2+1) = 0.0000023$

<start, he, plays, god, volleyball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{god}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{god})$
 $P(\text{volleyball}|\text{god}) P(\text{ftball}|\text{volleyball}) = 0.00015 (0+1)/(1+21) 1/(8+1) = 0.00000076$

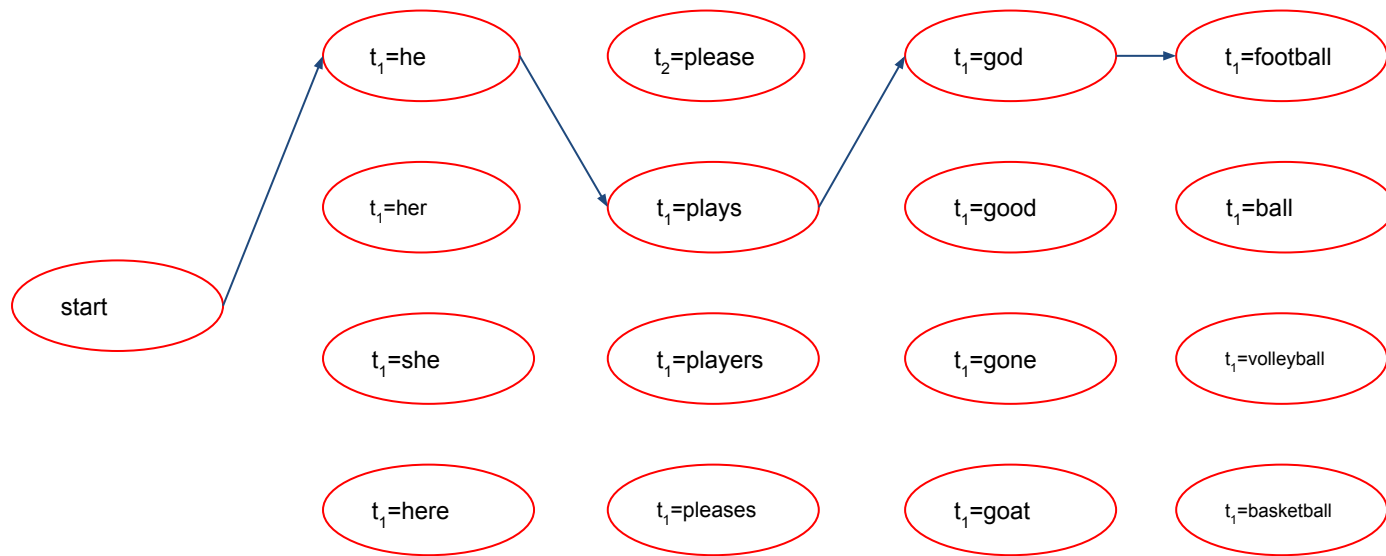
<start, he, plays, god, basketball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{god}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{god})$
 $P(\text{basketball}|\text{god}) P(\text{ftball}|\text{basketball}) = 0.00015 (0+1)/(1+21) 1/(6+1) = 0.00000097$

<start, he, plays, good, football>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{good}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{good})$
 $P(\text{football}|\text{good}) P(\text{ftball}|\text{football}) = 0.0002 (2+1)/(3+21) 1/(2+1) = \mathbf{0.0000083}^{**}$

<start, he, plays, good, ball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{good}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{good}) P(\text{ball}|\text{good})$
 $P(\text{ftball}|\text{ball}) = 0.0002 (0+1)/(3+21) 1/(2+1) = 0.0000028$

<start, he, plays, good, volleyball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{good}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{good})$
 $P(\text{volleyball}|\text{good}) P(\text{ftball}|\text{volleyball}) = 0.0002 (0+1)/(3+21) 1/(8+1) = 0.00000093$

<start, he, plays, good, basketball>: $P(\text{he}|\text{start}) P(\text{he}|\text{he}) P(\text{plays}|\text{he}) P(\text{pls}|\text{plays}) P(\text{good}|\text{plays}) P(\text{gd}|\text{good})$
 $P(\text{basketball}|\text{good}) P(\text{ftball}|\text{basketball}) = 0.0002 (0+1)/(3+21) 1/(6+1) = 0.0000012$



k = 0

k = 1
 $w_1 = he$

k = 2
 $w_2 = pls$

k = 3
 $w_3 = gd$

k = 4
 $w_4 = ftball$



Άσκηση Β3.1

Σχεδιάστε τα δύο συντακτικά δέντρα που προκύπτουν για την πρόταση «είδαμε το γιατρό με την άσπρη μπλούζα», όταν χρησιμοποιείται η ακόλουθη γραμματική με αρχικό σύμβολο S.

V -> είδαμε

Det -> το | την

N -> γιατρό | μπλούζα

Prep -> με

Adj -> άσπρη

Nominal -> N | Adj N | N PP

NP -> Det Nominal

PP -> Prep NP

VP -> V NP | V NP PP

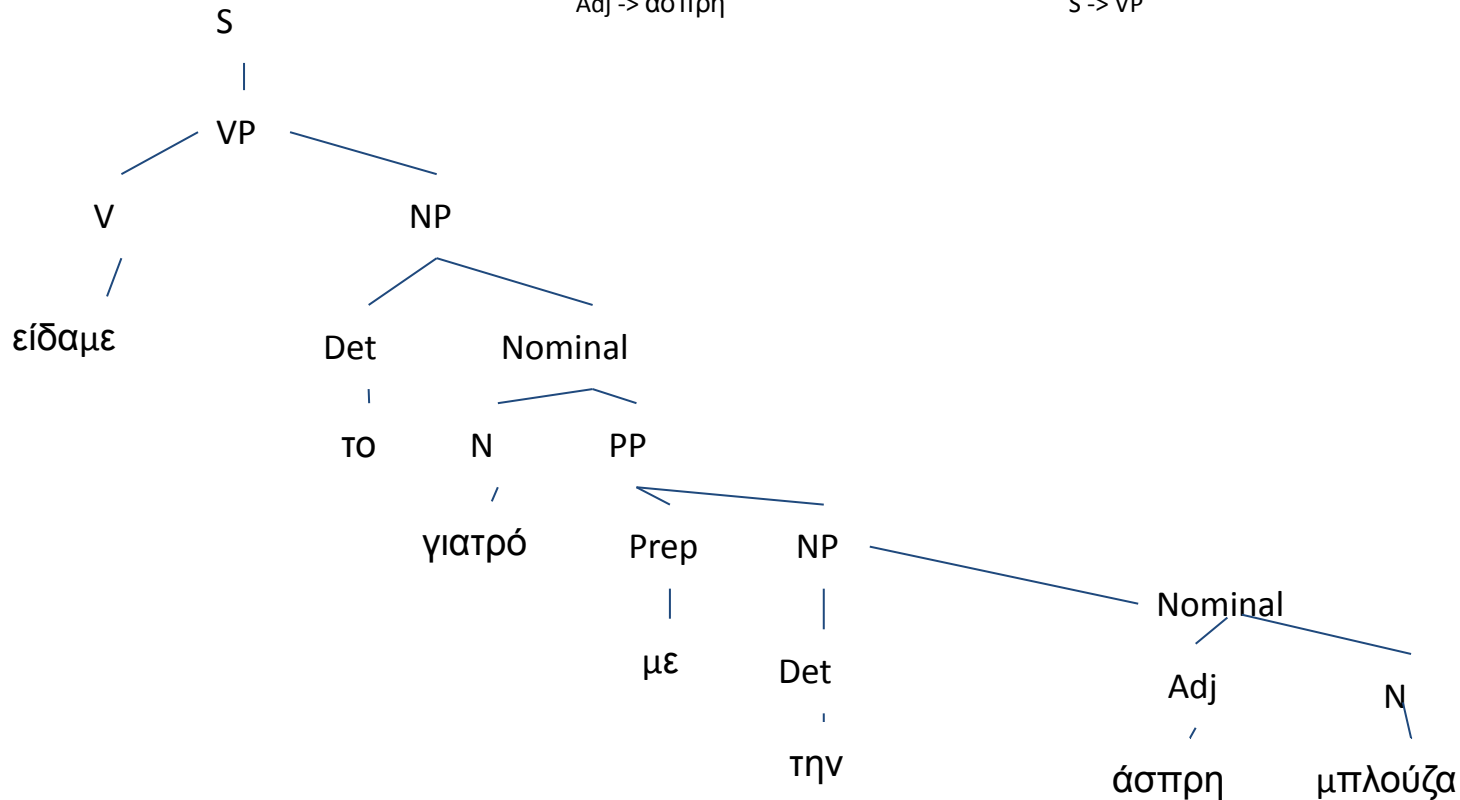
S -> VP

“είδαμε το γιατρό με την άσπρη
μπλούζα”



V -> είδαμε
Det -> το | την
N -> γιατρό | μπλούζα
Prep -> με
Adj -> άσπρη

Nominal -> N | Adj N | N PP
NP -> Det Nominal
PP -> Prep NP
VP -> V NP | V NP PP
S -> VP





Άσκηση B3.2

Δίνεται η ακόλουθη γραμματική:

S -> V NP

NP -> Det Nominal

Det -> μια

Nominal -> Adj Nominal

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή

V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> πτήση

Συμπληρώστε τους υπολογισμούς που θα κάνει ο αλγόριθμος CKY κατά την ανάλυση της πρότασης «επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση».

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP

NP -> Det Nominal

Det -> μια

Nominal -> Adj Nominal

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή

V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2						
3						
4						

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)				
1			Det (1,2)			
2				Adj (2,3)		
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)			
1			Det (1,2)			
2				Adj (2,3)		
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)			
1			Det (1,2)	X (1,3)		
2				Adj (2,3)		
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)		
1			Det (1,2)	X (1,3)		
2				Adj (2,3)		
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)		
1			Det (1,2)	X (1,3)		
2				Adj (2,3)		
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)		
1			Det (1,2)	X (1,3)		
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)		
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

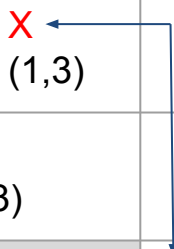
Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)		
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)



“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5) X
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
 NP -> Det Nominal
 Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
 V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5) X
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
 NP -> Det Nominal
 Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
 V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5) X X
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	S (0,5)
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
 NP -> Det Nominal
 Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
 V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	S (0,5)
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
 NP -> Det Nominal
 Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
 V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	S (0,5) X
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
 NP -> Det Nominal
 Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
 V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	S (0,5) X X X
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)

“επιθυμώ μια φτηνή απογευματινή πτήση”

S -> V NP
NP -> Det Nominal
Det -> μια

Adj -> πρωινή | απογευματινή | ακριβή | φτηνή
V -> θέλω | επιθυμώ

Nominal -> Adj Nominal

Nominal -> πτήση



0 επιθυμώ 1 μια 2 φτηνή 3 απογευματινή 4 πτήση 5

	0	1	2	3	4	5
0		V (0,1)	X (0,2)	X (0,3)	X (0,4)	S (0,5)
1			Det (1,2)	X (1,3)	X (1,4)	NP (1,5)
2				Adj (2,3)	X (2,4)	Nominal (2,5)
3					Adj (3,4)	Nominal (3,5)
4						Nominal (4,5)



Άσκηση B3.3

Επιβεβαιώστε ότι η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου CKY είναι $O(n^3)$, όπου n το πλήθος των λέξεων της πρότασης.



Έχουμε να γεμίσουμε $O(n^2)$ κελιά του πίνακα. Σε κάθε κελί του πίνακα, έχουμε να ελέγξουμε $O(n)$ δυνατούς τεμαχισμούς (σε δύο μέρη A, B που θα συνδυάζονται με κάποιον κανόνα $X \rightarrow A B$) του τμήματος της πρότασης εισόδου που αντιστοιχεί σε αυτό το κελί. Για κάθε έλεγχο δυνατού τεμαχισμού (σε δύο μέρη A, B), πρέπει να σαρώσουμε τους κανόνες της γραμματικής (εξαιρώντας τους κανόνες του λεξικού) για να βρούμε τους αντίστοιχους κανόνες (μορφής $X \rightarrow A B$). Αν η γραμματική έχει $|G|$ κανόνες (εξαιρώντας τους κανόνες του λεξικού) και ο έλεγχος της καταλληλότητας κάθε κανόνα κοστίζει $O(1)$, τότε κάθε σάρωση της γραμματικής κοστίζει $O(|G|)$ και η συνολική πολυπλοκότητα γίνεται $O(n^3 |G|)$. Αν αγνοήσουμε το μέγεθος της γραμματικής, τότε η συνολική πολυπλοκότητα είναι $O(n^3)$.



Άσκηση B3.5

Μετατρέψτε την ακόλουθη γραμματική σε μορφή DCG, προσθέτοντας επίσης έλεγχο συμφωνίας γένους, ώστε να μην επιτρέπονται προτάσεις όπως «η σκύλος κυνήγησε το γάτα».

S -> NP VP Det -> ο | η | το | τη
NP -> Det N N -> σκύλος | σκύλο | γάτα
VP -> V NP V -> κυνήγησε | δάγκωσε

ΚΑΙ

αν την δώσουμε στην Prolog μαζί με το στόχο:

phrase(s(Action, Agent, Object), [ο, σκύλος, κυνήγησε, τη, γάτα]).

η Prolog να απαντήσει:

Action = chase, Agent = dog, Object = cat,

ενώ στην περίπτωση του στόχου:

phrase(s(Action, Agent, Object), [ο, σκύλος, δάγκωσε, τη, γάτα]).

η Prolog να απαντήσει:

Action = bite, Agent = dog, Object = cat.



s(Action, Agent, Object) --> np(Agent), vp(Action, Object).

np(Entity) --> det(Gender), n(Entity, Gender).

vp(Action, Object) --> v(Action), np(Object).

det(masc) --> [ο].

det(fem) --> [η].

det(masc) --> [το].

det(fem) --> [τη].

n(dog, masc) --> [σκύλος].

n(dog, masc) --> [σκύλο].

n(cat, fem) --> [γάτα].

v(chase) --> [κυνήγησε].

v(bite) --> [δάγκωσε]

S -> NP VP

NP -> Det N

VP -> V NP

Det -> ο | η | το | τη

N -> σκύλος | σκύλο | γάτα

V -> κυνήγησε | δάγκωσε



Άσκηση B3.6

Τροποποιήστε τη γραμματική DCG της διαφάνειας «Σημασιολογία αριθμητικής γλώσσας», ώστε να επιτρέπει αριθμητικές πράξεις μεταξύ αριθμών από το μηδέν ως και το 9.999.

Ως απλούστευση, το δέκα να γράφεται ως [one, ten], το δώδεκα ως [one, ten, two], το 23 ως [two, ten, three], το εκατό ως [one, hundred], το 110 ως [one, hundred, one, ten], το 123 ως [one, hundred, two, ten, three], το 1000 ως [one, thousand], το 1123 ως [one, thousand, one, hundred, two, ten, three] κ.ο.κ.

Για παράδειγμα, η ακόλουθη εντολή:

?-phrase(expression(V), [open, two, thousand, three, hundred, five, ten, two, plus, two, ten, one, close]).

θα πρέπει να επιστρέφει:

V = 2373

και η εντολή:

?-phrase(expression(V), [open, open, two, thousand, three, hundred, five, ten, two, plus, two, ten, one, close, minus, one, thousand, seven, ten, close]).

V = 1303



digit --> [zero].
digit --> [one].
...
digit --> [nine].

expression --> digit.
expression --> [open], expression, [plus], expression, [close].
expression --> [open], expression, [minus], expression, [close].
expression --> [open], expression, [star], expression, [close].
expression --> [open], expression, [slash], expression, [close].

digit(0) --> [zero]. digit(1) --> [one].
digit(2) --> [two]. digit(3) --> [three].
digit(4) --> [four]. digit(5) --> [five].
digit(6) --> [six]. digit(7) --> [seven].
digit(8) --> [eight]. digit(9) --> [nine].

- number(Value) --> digit(Value).
number(NewValue) --> digit(Value1), [ten], number(Value2),
{Value2 < 10, NewValue is Value1 * 10 + Value2}.
number(NewValue) --> digit(Value1), [ten], {NewValue is Value1 * 10}.
- number(NewValue) --> digit(Value1), [hundred], number(Value2),
{Value2 < 100, NewValue is Value1 * 100 + Value2}.
number(NewValue) --> digit(Value1), [hundred], {NewValue is Value1 * 100}.
- number(NewValue) --> digit(Value1), [thousand], number(Value2),
{Value2 < 1000, NewValue is Value1 * 1000 + Value2}.
number(NewValue) --> digit(Value1), [thousand], {NewValue is Value1 * 1000}.

digit --> [zero].

digit --> [one].

...

digit --> [nine].

expression --> digit.

expression --> [open], expression, [plus], expression, [close].

expression --> [open], expression, [minus], expression, [close].

expression --> [open], expression, [star], expression, [close].

expression --> [open], expression, [slash], expression, [close].



expression(Value) --> number(Value).

expression(NewValue) --> [open], expression(Value1), [plus], expression(Value2), [close],
{NewValue is Value1 + Value2}.

expression(NewValue) --> [open], expression(Value1), [minus], expression(Value2) , [close],
{NewValue is Value1 - Value2}.



Άσκηση B3.7

Γράψτε μια γραμματική DCG που να επιτρέπει προτάσεις όπως:

[άνοιξε,τα,παράθυρα,του,σαλονιού], [κλείσε,το,μικρό,παράθυρο,του,σαλονιού],

[σβήσε,το,μεγάλο,φως,της,μικρής,κουζίνας], [άναψε,τα,φώτα,των,μικρών,μπάνιων]

αλλά να **μην** επιτρέπει προτάσεις με ασυμφωνία γένους, αριθμού ή πτώσης, όπως οι παρακάτω:

X [άνοιξε,το,παράθυρα,του,σαλονιού], X [κλείσε,το,μικρή,παράθυρο,του,σαλονιού],

X [σβήσε,το,μεγάλου,φως,της,μικρής,κουζίνας], X [άναψε,τα,φώτα,το,μικρού,μπάνιων]

και να απαιτεί τα ρήματα «ανάβω» και «σβήνω» να χρησιμοποιούνται μόνο με φώτα, ενώ τα «ανοίγω» και «κλείνω» μόνο με παράθυρα. Για παράδειγμα, να **μην** επιτρέπονται προτάσεις όπως:

X [σβήσε,το,μικρό,παράθυρο,του,σαλονιού], X [άνοιξε,το,μεγάλο,φως,της,μικρής,κουζίνας]



Άσκηση B3.7

Για τις επιτρεπόμενες προτάσεις, θέλουμε η γραμματική να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

?- phrase(s(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2,
[άνοιξε,τα,μεγάλα,παράθυρα,του,μικρού,σαλονιού]).

Action = open, Type1 = window, Size1 = large, Number1 = plur, Type2 = livingroom, Size2=small, Number2 = sing

?- phrase(s(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2,
[άναψε,τα,φώτα,των,μικρών,μπάνιων]).

Action = on, Type1 = light, Size1 = unknown, Number1 = plur,
Type2 = bathroom, Size2=small, Number2 = plur

?- phrase(s(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2,
[κλείσε,τα,παράθυρα]).

Action = close, Type1 = window, Size1 = unknown, Number1 = plur,
Type2 = unknown, Size2=unknown, Number2 = unknown

[άνοιξε,τα,παράθυρα,του,σαλονιού], [κλείσε,το,μικρό,παράθυρο,του,σαλονιού],
[σβήσε,το,μεγάλο,φως,της,μικρής,κουζίνας], [άναψε,τα,φώτα,των,μικρών,μπάνιων]



s(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2) --> vp(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2).

vp(Action, Type, Size, Number, unknown, unknown, unknown) -->
v(Action, Type), np(Gender, Number, acc, Type, Size).

vp(Action, Type1, Size1, Number1, Type2, Size2, Number2) -->
v(Action, Type1), np(Number1, acc, Type1, Size1), np(Number2, gen, Type2, Size2).

np(Number, Case, Type, Size) -->
det(Gender, Number, Case), nominal(Gender, Number, Case, Type, Size).

nominal(Gender, Number, Case, Type, Size) -->
adj(Gender, Number, Case, Size), n(Gender, Number, Case, Type).

nominal(Gender, Number, Case, Type, unknown) -->
n(Gender, Number, Case, Type).

[άνοιξε,τα,παράθυρα,του,σαλονιού], [κλείσε,το,μικρό,παράθυρο,του,σαλονιού],
[σβήσε,το,μεγάλο,φως,της,μικρής,κουζίνας], [άναψε,τα,φώτα,των,μικρών,μπάνιων]



v(on, light) --> [άναψε].

v(open, window) --> [άνοιξε].

v(off, light) --> [σβήσε].

v(close, window) --> [κλείσε].

det(neut, sing, acc) --> [το].

det(neut, sing, gen) --> [του].

det(Gender, plur, gen) --> [των].

det(neut, plur, acc) --> [τα].

det(fem, sing, gen) --> [της].

n(neut, sing, acc, window) --> [παράθυρο].

n(neut, plur, acc, window) --> [παράθυρα].

n(neut, sing, acc, light) --> [φως].

n(neut, plur, acc, light) --> [φώτα].

n(neut, sing, gen, livingroom) --> [σαλονιού].

n(neut, plur, gen, livingroom) --> [σαλονιών].

n(neut, sing, gen, bathroom) --> [μπάνιου].

n(neut, plur, gen, bathroom) --> [μπάνιων].

n(fem, sing, gen, kitchen) --> [κουζίνας].

n(fem, plur, gen, kitchen) --> [κουζινών].

[άνοιξε,τα,παράθυρα,του,σαλονιού], [κλείσε,το,μικρό,παράθυρο,του,σαλονιού],
[σβήσε,το,μεγάλο,φως,της,μικρής,κουζίνας], [άναψε,τα,φώτα,των,μικρών,μπάνιων]



adj(neut, sing, acc, small) --> [μικρό].
adj(neut, sing, gen, small) --> [μικρού].
adj(fem, sing, acc, small) --> [μικρή].
adj(fem, sing, gen, small) --> [μικρής].
adj(Gender, plur, gen, small) --> [μικρών].
adj(neut, sing, acc, large) --> [μεγάλο].
adj(neut, sing, gen, large) --> [μεγάλου].
adj(fem, sing, acc, large) --> [μεγάλη].
adj(fem, sing, gen, large) --> [μεγάλης].
adj(Gender, plur, gen, large) --> [μεγάλων].