

Περιεχόμενα

Πρόλογος	xxv
1. Εισαγωγή	1
1.1. Ιστορική Εξέλιξη της Prolog.....	2
1.2. Προστακτικός και Δηλωτικός Προγραμματισμός.....	2
1.3. Δηλωτική και διαδικαστική έννοια ενός προγράμματος Prolog.....	5
1.4. Χαρακτηριστικά της Prolog που την ισχυροποιούν για εφαρμογές TN.....	6
1.5. Prolog και Ανάπτυξη Λογισμικού.....	7
1.6. Η εξέλιξη της Prolog.....	7
1.7. Σύντομη παρουσίαση των υπόλοιπων κεφαλαίων του βιβλίου.....	8
1.8. Ασκήσεις.....	10
2. Τα Βασικά Μέρη ενός Προγράμματος Prolog	11
2.1. Προτάσεις Γεγονότα.....	12
2.2. Όροι.....	17
2.2.1. Σταθερές.....	18
2.2.2. Μεταβλητές.....	20
2.2.3. Σύνθετοι Όροι.....	20
2.2.4. Σύνταξη των όρων της Prolog σε κανόνες παραγωγής.....	23
2.2.5. Ταξινόμηση όρων με βάση το εάν περιέχουν ή όχι μεταβλητές..	24
2.3. Ενοποίηση.....	25
2.3.1. Ισότητα.....	26
2.3.2. Παραδείγματα.....	26
2.4. Ερωτήσεις.....	29
2.5. Προτάσεις Κανόνες.....	31
2.5.1. Σύνταξη προγράμματος Prolog και ερώτησης σε κανόνες παραγωγής.....	40
2.5.2. Μορφή ορισμάτων στις κλήσεις κατηγορημάτων.....	40
2.6. Σύνθετες Ερωτήσεις.....	43
2.7. Κατηγορήματα Εισόδου και Εξόδου.....	44
2.8. Ασκήσεις.....	49

3. Αναδρομή, Λίστες και Αριθμητική σε Prolog	55
3.1. Αναδρομή	55
3.2. Λίστες	59
3.2.1. Δομή και Χρήση της Λίστας	60
3.2.2. Παραδείγματα Προγραμμάτων με Λίστες	65
3.3. Τρόπος κλήσης κατηγορήματος	71
3.4. Κατασκευή Δομής στη Κεφαλή και στο Σώμα Προτάσεων	73
3.4.1. Κατασκευή δομής στην κεφαλή μιας πρότασης	77
3.4.2. Κατασκευή δομής στο σώμα μιας πρότασης στην αναδρομή.	80
3.5. Αριθμητική σε Prolog	84
3.6. Παραδείγματα.	89
3.6.1. Οι 8 - Βασίλισσες	89
3.7. Ασκήσεις	93
4. Δένδρο Αναζήτησης, Οπισθοδρόμηση και Άρνηση	99
4.1. Δέντρο Αναζήτησης	99
4.2. Οπισθοδρόμηση και Αποκοπή (!)	105
4.2.1. Παραδείγματα με Αποκοπή	110
4.3. Άρνηση σε Prolog	112
4.4. Το κατηγορήμα fail	118
4.5. Ασκήσεις	120
5. Έλεγχος Ροής σε Προγράμματα Prolog	123
5.1. Μοντέλο Περιγραφής Ελέγχου Ροής σε Προγράμματα Prolog	123
5.1.1. Εκτέλεση Διαδικασιών σε Prolog και σε Συμβατικές Γλώσσες. ..	134
5.2. Ασκήσεις	135
6. Τελεστές Οριζόμενοι από τον Χρήστη	137
6.1 Οδηγίες	137
6.2 Η οδηγία op/3	139
6.3 Παράδειγμα υπολογισμού λογικών παραστάσεων	144
6.4. Ασκήσεις	147

7. Ενσωματωμένα Κατηγορήματα	151
7.1. Είσοδος από αρχείο και έξοδος σε αρχείο	152
7.2. Μετα-λογικά Κατηγορήματα	154
7.2.1 Κατηγορήματα Σύγκρισης Όρων	154
7.2.2. Κατηγορήματα που εξετάζουν τη δομή ενός σύνθετου ή απλού όρου	157
7.2.3. Κατηγορήματα που αναλύουν έναν όρο στα συστατικά του μέρη.....	158
7.2.4. Κατηγορήματα που εξετάζουν την τρέχουσα δέσμευση των όρων.....	160
7.3. Κατηγορήματα που συλλέγουν όλες τις λύσεις ενός στόχου.....	161
7.4. Κατηγορήματα Τροποποίησης του Προγράμματος.....	164
7.5. Άλλα Ενσωματωμένα Κατηγορήματα	167
7.6. Παραδείγματα	167
7.7. Ασκήσεις	171
8. Προγραμματιστικές Τεχνικές	177
8.1. Κατασκευή Λογικών Προγραμμάτων.....	177
8.1.1. Προγραμματισμός με την Αναλυτική Μέθοδο	178
8.2. Σχήματα Προγραμμάτων.....	183
8.2.1. Σχήματα συντακτικής γενίκευσης.....	185
8.2.1.1. Παραδείγματα Κατασκευής Προγραμμάτων με Χρήση Συντακτικών Σχημάτων.....	192
8.2.1.2. Κατασκευή Δομής στην Κεφαλή και στο Σώμα μιας Πρότασης.....	193
8.2.2. Σχήματα σημασιολογικής γενίκευσης.....	198
8.3. Δυαδικά Δένδρα	201
8.3.1. Ταξινομημένα Δυαδικά Δένδρα.....	203
8.3.1.1. Αναζήτηση, καταχώρηση και διαγραφή στοιχείου σε ΤΔΔ204	
8.4. Ανοικτές Λίστες και Λίστες Διαφοράς	212
8.5. Δομές Δεδομένων σε Prolog	217
8.5.1. Ακολουθίες.....	221
8.5.1.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων ακολουθιών.....	222

8.5.1.2. Παραδείγματα.....	226
8.5.2. Σύνολα.....	227
8.5.2.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων συνόλων.	228
8.5.2.2. Παραδείγματα.....	230
8.5.3. Πολυσύνολα.....	231
8.5.3.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων πολυσυνόλων.	233
8.5.3.2. Παραδείγματα.....	239
8.5.4. Πλειάδες.....	241
8.5.4.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων πλειάδων.....	242
8.5.5. Στοίβες.....	245
8.5.5.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων της στοίβας με λίστες. ...	245
8.5.6. Δυαδικές Σχέσεις.....	247
8.5.6.1. Ορισμός και υλοποίηση πράξεων δυαδικών σχέσεων .	248
8.5.7. Γράφοι.....	251
8.5.7.1. Αναπαράσταση γράφων.	251
8.5.7.2. Ορισμός και υλοποίηση.....	253
8.6. Ασκήσεις.....	258
9. Μετα-Προγραμματισμός.....	269
9.1. Εισαγωγή.....	259
9.1.1. Ταξινόμηση συστημάτων μετα-προγραμματισμού και μετα-προγραμμάτων.....	271
9.1.2. Μετα-προγραμματισμός σε Prolog.....	272
9.2. Αναπαράσταση Προγράμματος-Αντικείμενο σε Βασικούς Όρους.....	274
9.2.1. Πρώτος Τρόπος Αναπαράστασης σε Βασικούς Όρους.....	275
9.2.2. Δεύτερος Τρόπος Αναπαράστασης σε Βασικούς Όρους.....	277
9.2.3. Τρίτος Τρόπος Αναπαράστασης σε Βασικούς Όρους.....	279
9.2.4. Παραδείγματα Αναπαράστασης Προγράμματος-Αντικείμενο σε Βασικούς Όρους.....	280
9.3. Αναπαράσταση Προγράμματος-Αντικείμενο σε μη-Βασικούς Όρους.....	285
9.4. Μεταφραστές.....	287
9.4.1. Μεταφραστές σε Prolog.....	289

9.5. Ενοποίηση Ατομικών Τύπων και Μετονομασία Μεταβλητών.....	291
9.5.1. Ενοποίηση Ατομικών Τύπων με Αναπαράσταση σε Βασικούς Όρους.....	291
9.5.2. Μετονομασία Μεταβλητών με Αναπαράσταση σε Βασικούς Όρους.....	296
9.6. Ασκήσεις.....	298
10. Αναζήτηση σε Χώρο Καταστάσεων.....	301
10.1. Εισαγωγή.....	301
10.2. Λύση Προβλημάτων με Αναζήτηση σε Χώρο-Καταστάσεων.....	303
10.3. Αναπαράσταση προβλημάτων.....	306
10.4. Αναζήτηση σε Χώρο – Καταστάσεων.....	312
10.5. Αναζήτηση σε Κατευθυνόμενους Μη-Κυκλικούς Γράφους.....	313
10.6. Αναζήτηση σε Κατευθυνόμενους Κυκλικούς Γράφους.....	316
10.7. Παραδείγματα.....	318
10.7.1. Το Πρόβλημα με τις Κανάτες και το Νερό.....	318
10.8. Ασκήσεις.....	322
11. Συστήματα Γνώσης.....	329
11.1. Εισαγωγή.....	329
11.2. Συστήματα γνώσης και Έμπειρα Συστήματα.....	330
11.3. Αρχιτεκτονική ενός Συστήματος Γνώσης.....	332
11.3.1. Η Βάση Γνώσης και η Έννοια της Αναπαράσταση Γνώσης.....	336
11.3.2. Απόκτηση γνώσης και επικύρωσή της.....	341
11.4. Συστήματα γνώσης με κανόνες.....	344
11.5. Υλοποίηση Συστημάτων Γνώσης σε Prolog.....	349
11.5.1. Παραδείγματα.....	351
11.6. Ασκήσεις.....	360
12. Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας.....	365
12.1. Εισαγωγή.....	365
12.2. Γλωσσολογικά επίπεδα ανάλυσης φυσικής γλώσσας.....	367
12.2.1. Αναγνώριση Χαρακτήρων, Προσωδία, Φωνολογία.....	368

12.2.2. Μορφολογία	368
12.2.3. Σύνταξη, Γραμματικές και Συντακτικοί Αναλυτές	370
12.2.4. Σημασιολογία	377
12.2.5. Πραγματολογία	378
12.3. Γραμματικές οριστικών προτάσεων και Συντακτικοί Αναλυτές ..	379
12.3.1. Μετατροπή των ΓΟΠ (DCG) κανόνων σε προτάσεις Prolog... 383	
12.3.2. Προσθήκη ορισμάτων σε μη τελικά σύμβολα.	388
12.3.3. Προσθήκη στόχων της Prolog στους ΓΟΠ (DCG) κανόνες.	390
12.3.4. Δομική αναπαράσταση προτάσεων σε γραμματικές οριστικών προτάσεων.....	392
12.4. Σημασιολογική αναπαράσταση προτάσεων σε γραμματικές οριστικών προτάσεων	396
12.4.1. Ερμηνεία, σημασιολογική σύνθεση και περιορισμοί ποσοδεικτών	397
12.4.2. Βασικές έννοιες λ-λογισμού.....	402
12.4.3. Σημασιολογική αναπαράσταση προτάσεων στο λ-λογισμό.	403
12.4.4. Παραδείγματα	409
12.4.5. Ερωτήσεις.....	412
12.5. Παραδείγματα	413
12.5.1. Μετατροπή κειμένου σε λίστα λέξεων.....	413
12.5.2. Διεπικοινωνία στα Ελληνικά με ΒΔ.....	415
12.6. Ασκήσεις	417
13. Βιβλιογραφία	340
Ευρετήριο.....	343

Κατάλογος Προγραμμάτων

Πρόγραμμα 2.1: ΒΔ για το σημασιολογικό δίκτυο του Σχήματος 2.2	17
Πρόγραμμα 2.2: Prolog πρόγραμμα με δύο διαδικασίες.	32
Πρόγραμμα 2.3: Πρόγραμμα με προτάσεις κανόνες.	33
Πρόγραμμα 2.4: Πρόγραμμα με τις σχέσεις οικογενείας του Σχήματος 2.1.	39
Πρόγραμμα 2.5: Χρήση σύνθετων όρων σε υλοποίηση κανόνων Συστήματος Γνώσης.	42
Πρόγραμμα 2.6: Εφαρμογή χρήσης των κατηγορημάτων read/1 και write/1.	48
Πρόγραμμα 3.1: Υπολογισμός του παραγοντικού φυσικού αριθμού.	58
Πρόγραμμα 3.2: Μέλος λίστας.	65
Πρόγραμμα 3.3: Προσάρτηση της λίστας L2 στη λίστα L1.	66
Πρόγραμμα 3.4: Αντιστροφή λίστας.	66
Πρόγραμμα 3.5: Μεταθέσεις των στοιχείων ενός συνόλου.	67
Πρόγραμμα 3.6: Μετάφραση Ελληνικών λέξεων στην Αγγλική.	67
Πρόγραμμα 3.7: Εκτύπωση όλων των στοιχείων λίστας.	68
Πρόγραμμα 3.8: Ταξινόμηση με επιλογή.	68
Πρόγραμμα 3.9: Ταξινόμηση με παρεμβολή.	69
Πρόγραμμα 3.10: Ταξινόμηση με ανταλλαγή γειτονικών στοιχείων.	70
Πρόγραμμα 3.11: Σβήσιμο της πρώτης εμφάνισης στοιχείου (κατασκευή στη κεφαλή).	78
Πρόγραμμα 3.12: Σβήσιμο πρώτης εμφάνισης με δομή αντίστοιχη του σχήματος της τεχνικής "κατασκευή στη κεφαλή".	78
Πρόγραμμα 3.13: Σβήσιμο όλων των επαναλήψεων στοιχείου (κατασκευή στη κεφαλή).	79
Πρόγραμμα 3.14: Σβήσιμο όλων των επαναλήψεων με δομή αντίστοιχη του σχήματος της τεχνικής "κατασκευή στη κεφαλή".	79
Πρόγραμμα 3.15: Σβήσιμο πρώτης εμφάνισης στοιχείου (κατασκευή στο σώμα).	81
Πρόγραμμα 3.16: Σβήσιμο πρώτης εμφάνισης με δομή αντίστοιχη του σχήματος της τεχνικής "κατασκευή στο σώμα".	82
Πρόγραμμα 3.17: Σβήσιμο Όλων των εμφανίσεων στοιχείου σε λίστα (κατασκευή στο σώμα).	83

Πρόγραμμα 3.18: Σβήσιμο όλων των επαναλήψεων με δομή αντίστοιχη του σχήματος της τεχνικής "κατασκευή στο σώμα".	83
Πρόγραμμα 3.19: Υπολογισμός του παραγοντικού με κατασκευή στο σώμα.	84
Πρόγραμμα 3.20: Υπολογισμός παραγοντικού με δομή αντίστοιχη του σχήματος της τεχνικής "κατασκευή στο σώμα".	84
Πρόγραμμα 3.21: Υπολογισμός μήκους λίστας με κατασκευή δομής στη κεφαλή.	88
Πρόγραμμα 3.22: Υπολογισμός μήκους λίστας με κατασκευή δομής στο σώμα.	88
Πρόγραμμα 3.23: Μικρότερο στοιχείο λίστας με κατασκευή δομής στη κεφαλή.	89
Πρόγραμμα 3.24: Μικρότερο στοιχείο λίστας με κατασκευή δομής στο σώμα.	89
Πρόγραμμα 3.25: Τοποθέτηση 8 βασίλισσες σε μια σκακιέρα.	93
Πρόγραμμα 4.1: Η σχέση $progonos/2$.	100
Πρόγραμμα 4.2: Το πρόγραμμα του $p/2$ για μελέτη του δέντρου αναζήτησης.	103
Πρόγραμμα 4.3: Πρόγραμμα με !.	105
Πρόγραμμα 4.4: Το πρόγραμμα του $p/1$ χωρίς !.	106
Πρόγραμμα 4.5: Το πρόγραμμα του $p/1$ με ! (περίπτωση 1).	107
Πρόγραμμα 4.6: Το πρόγραμμα του $p/1$ με ! (περίπτωση 2).	108
Πρόγραμμα 4.7: Το πρόγραμμα του $p/1$ με ! (περίπτωση 3).	109
Πρόγραμμα 4.8: Πρόγραμμα για την συνάρτηση $f(X)$ χωρίς !.	111
Πρόγραμμα 4.9: Πρόγραμμα για τη συνάρτηση $f(X)$ με !.	111
Πρόγραμμα 4.10: Ένωση δύο ταξινομημένων λιστών.	112
Πρόγραμμα 4.11: Πρόγραμμα επίδειξης της άρνησης 1.	114
Πρόγραμμα 4.12: Πρόγραμμα επίδειξης της άρνησης 2.	115
Πρόγραμμα 4.13: Πρόγραμμα επίδειξης της άρνησης 3.	116
Πρόγραμμα 4.14: Πρόγραμμα επίδειξης της άρνησης 4.	117
Πρόγραμμα 4.15: Πρόγραμμα επίδειξης της άρνησης 5.	117
Πρόγραμμα 4.16: Συνδυασμός ! και fail.	118
Πρόγραμμα 4.17: Το κατηγορημα $den_aresei/2$.	119

Πρόγραμμα 4.18: Υλοποίηση άρνησης με ! και fail.....	119
Πρόγραμμα 4.19: Οπισθοδρόμηση με fail για εύρεση όλων των λύσεων.	120
Πρόγραμμα 5.1: Πρόγραμμα με δύο διαδικασίες.....	126
Πρόγραμμα 5.2: Prolog πρόγραμμα με 7 διαδικασίες.....	127
Πρόγραμμα 5.3: Ανίχνευση του προγράμματος, Πρόγραμμα 5.3, για το στόχο "?- p(a)." από την Prolog.....	129
Πρόγραμμα 5.4: Ανίχνευση του προγράμματος, Πρόγραμμα 5.3, για το στόχο "?- p(b)." από την Prolog.	130
Πρόγραμμα 5.5: Ανίχνευση προγράμματος, Πρόγραμμα 5.3, για το στόχο "?- p(X)." από την Prolog.	131
Πρόγραμμα 5.6: Πρόγραμμα με 6 διαδικασίες.....	131
Πρόγραμμα 5.7: Ανίχνευση προγράμματος, Πρόγραμμα 5.8, για το στόχο "?- p(X,Y)." από την Prolog.	133
Πρόγραμμα 5.8: Ανίχνευση προγράμματος, Πρόγραμμα 5.8, για το στόχο "?- p(X,Y)." από την Prolog.	133
Πρόγραμμα 6.1: Πρόγραμμα με οδηγίες (directives).....	138
Πρόγραμμα 6.2: Πρόγραμμα υπολογισμού λογικών παραστάσεων.....	146
Πρόγραμμα 7.1: Ανάγνωση από αρχείο.	152
Πρόγραμμα 7.2: Ανάγνωση από αρχείο και εκτύπωση σε αρχείο.....	154
Πρόγραμμα 7.3: Πρόγραμμα για εξέταση στόχων για bagoff/3, setoff/3 και findall/3.	161
Πρόγραμμα 7.4: bagof/3, setof/3 και υπαρξιακές μεταβλητές.	164
Πρόγραμμα 7.5: Πρόγραμμα με δυναμικά τροποποιήσιμες προτάσεις.....	166
Πρόγραμμα 7.6: Υπόορος σύνθετου όρου.....	168
Πρόγραμμα 7.7: Όρος χωρίς δεσμευμένες μεταβλητές.....	169
Πρόγραμμα 7.8: Αντικατάσταση των εμφανίσεων όρου με άλλο όρο.....	170
Πρόγραμμα 8.1: Ταξινόμηση λίστας με μετάθεση των στοιχείων της.....	183
Πρόγραμμα 8.2: Πολλαπλασιασμός όλων των στοιχείων μιας λίστας επί ένα αριθμό.	188
Πρόγραμμα 8.3: Άθροισμα όλων των στοιχείων μιας λίστας.....	188
Πρόγραμμα 8.4: Διπλασιασμός στοιχείων λίστας ακέραιων (α μορφή). ..	192
Πρόγραμμα 8.5: Διπλασιασμός στοιχείων λίστας ακεραίων (β μορφή)....	192

Πρόγραμμα 8.6: Διπλασιασμός στοιχείων λίστας ακεραίων (γ μορφή)...	193
Πρόγραμμα 8.7: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στη κεφαλή (α τρόπος)...	196
Πρόγραμμα 8.8: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στη κεφαλή (β τρόπος)...	196
Πρόγραμμα 8.9: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στο σώμα (α τρόπος).	197
Πρόγραμμα 8.10: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στο σώμα (β τρόπος). ..	197
Πρόγραμμα 8.11: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στη κεφαλή (α τρόπος). 198	
Πρόγραμμα 8.12: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στο σώμα (β τρόπος). ..	198
Πρόγραμμα 8.13: Το τελικό πρόγραμμα Prolog για το κατηγορήμα sum/2. ...	201
Πρόγραμμα 8.14: Πράξεις τύπων δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο sum/2.	201
Πρόγραμμα 8.15: Μέλος σε δυαδικό δέντρο.	203
Πρόγραμμα 8.16: Εύρεση στοιχείου σε ταξινομημένο ΔΔ.	205
Πρόγραμμα 8.17: Καταχώρηση κόμβου σε ταξινομημένο ΔΔ.....	206
Πρόγραμμα 8.18: Διαγραφή κόμβου σε ταξινομημένο ΔΔ.	208
Πρόγραμμα 8.19: Ανίχνευση στόχου του κατηγορήματος append/3.	212
Πρόγραμμα 8.20: Προσάρτηση με ανοικτές λίστες.....	214
Πρόγραμμα 8.21: Προσάρτηση με λίστες διαφοράς.	216
Πρόγραμμα 8.22: Άδεια ακολουθία.....	222
Πρόγραμμα 8.23: Η κεφαλή ακολουθίας.....	222
Πρόγραμμα 8.24: Η ουρά ακολουθίας.....	222
Πρόγραμμα 8.25: Δημιουργία ακολουθίας.....	222
Πρόγραμμα 8.26: Όλα τα στοιχεία ακολουθίας πλην του τελευταίου.	222
Πρόγραμμα 8.27: Το τελευταίο στοιχείο ακολουθίας.	222
Πρόγραμμα 8.28: Καταχώρηση στοιχείου στο τέλος ακολουθίας.	223
Πρόγραμμα 8.29: Καταχώρηση N εμφανίσεων στοιχείου στη κεφαλή ακολουθίας.	223
Πρόγραμμα 8.30: Πλήθος στοιχείων ακολουθίας.	223
Πρόγραμμα 8.31: Συνένωση ακολουθιών.	223
Πρόγραμμα 8.32: Αντιστροφή ακολουθίας.	224
Πρόγραμμα 8.33: N-στο στοιχείο ακολουθίας.	224
Πρόγραμμα 8.34: Διαγραφή μιας εμφάνισης στοιχείου από ακολουθία. ..	224
Πρόγραμμα 8.35: Διαγραφή όλων των εμφανίσεων στοιχείου από ακολουθία. .	225

Πρόγραμμα 8.36: Διαγραφή του Νστού στοιχείου ακολουθίας.	225
Πρόγραμμα 8.37: Ανάλυση ακολουθίας σε δύο ακολουθίες.	225
Πρόγραμμα 8.38: Υλοποίηση ταξινόμησης με παρεμβολή με ακολουθίες.	227
Πρόγραμμα 8.39: Άδειο σύνολο.	228
Πρόγραμμα 8.40: Καταχώρηση στοιχείου σε σύνολο.	228
Πρόγραμμα 8.41: Ανάκτηση στοιχείου από σύνολο.	228
Πρόγραμμα 8.42: Αφαίρεση στοιχείου από σύνολο.	228
Πρόγραμμα 8.43: Μέλος συνόλου.	228
Πρόγραμμα 8.44: Διαγραφή στοιχείου από σύνολο.	229
Πρόγραμμα 8.45: Διαφορά συνόλων.	229
Πρόγραμμα 8.46: Ένωση συνόλων.	229
Πρόγραμμα 8.47: Τομή συνόλων.	229
Πρόγραμμα 8.48: Πληθικότητα συνόλου.	230
Πρόγραμμα 8.49: Υλοποίηση με σύνολα της ταξινόμησης με παρεμβολή.	231
Πρόγραμμα 8.50: Άδειο πολυσύνολο.	233
Πρόγραμμα 8.51: Πλήθος εμφανίσεων στοιχείου σε πολυσύνολο.	233
Πρόγραμμα 8.52: Μέλος πολυσυνόλου.	233
Πρόγραμμα 8.53: Πολλαπλότητα στοιχείου σε πολυσύνολο.	234
Πρόγραμμα 8.54: Ίση πολλαπλότητα στοιχείου σε πολυσύνολο.	234
Πρόγραμμα 8.55: Ανάκτηση εμφάνισης στοιχείου σε πολυσύνολο.	234
Πρόγραμμα 8.56: Διαγραφή στοιχείου πολυσυνόλου.	234
Πρόγραμμα 8.57: Διαγραφή Ν εμφανίσεων στοιχείου πολυσυνόλου.	235
Πρόγραμμα 8.58: Διαγραφή διακριτού μέλους πολυσυνόλου.	235
Πρόγραμμα 8.59: Ανάκτηση διακριτού μέλους πολυσυνόλου.	236
Πρόγραμμα 8.60: Καταχώρηση διακριτού στοιχείου σε πολυσύνολο.	236
Πρόγραμμα 8.61: Επέκταση πολυσυνόλου με διακριτό στοιχείο.	236
Πρόγραμμα 8.62: Ένωση πολυσυνόλων.	237
Πρόγραμμα 8.63: Τομή πολυσυνόλων.	238
Πρόγραμμα 8.64: Διαφορά πολυσυνόλων.	238
Πρόγραμμα 8.65: Μέγεθος πολυσυνόλου.	239
Πρόγραμμα 8.66: Πλήθος διακριτών στοιχείων πολυσυνόλου.	239

Πρόγραμμα 8.67: Άθροισμα πολυσυνόλων.....	239
Πρόγραμμα 8.68: Παράδειγμα με πολυσύνολα: Άθροισμα στοιχείων πολυσυνόλου.....	241
Πρόγραμμα 8.69: Κατασκευή Πλειάδας.....	242
Πρόγραμμα 8.70: Κατασκευή καρτεσιανού γινομένου.....	243
Πρόγραμμα 8.71: Κατασκευή ζεύγους.....	243
Πρόγραμμα 8.72: Πρώτο στοιχείο ζεύγους.....	243
Πρόγραμμα 8.73: Δεύτερο στοιχείο ζεύγους.....	243
Πρόγραμμα 8.74: Μήκος πλειάδας.....	244
Πρόγραμμα 8.75: Πρώτο στοιχείο και υπόλοιπα στοιχεία πλειάδας.....	244
Πρόγραμμα 8.76: Απεικόνιση πλειάδας σε ακολουθία.....	244
Πρόγραμμα 8.77: Άδεια στοίβα.....	245
Πρόγραμμα 8.78: Κορυφή στοίβας (A τρόπος).....	245
Πρόγραμμα 8.79: Κορυφή στοίβας (B τρόπος).....	246
Πρόγραμμα 8.80: Αφαίρεση στοιχείου από στοίβα (A' τρόπος).....	246
Πρόγραμμα 8.81: Αφαίρεση στοιχείου από στοίβα (B' τρόπος).....	246
Πρόγραμμα 8.82: Καταχώρηση στοιχείου σε στοίβα (A' τρόπος).....	246
Πρόγραμμα 8.83: Καταχώρηση στοιχείου σε στοίβα (B' τρόπος).....	246
Πρόγραμμα 8.84: Πεδίο ορισμού δυαδικής σχέσης.....	248
Πρόγραμμα 8.85: Πεδίο τιμών δυαδικής σχέσης.....	249
Πρόγραμμα 8.86: Σχέση ταυτότητα.....	249
Πρόγραμμα 8.87: Αντίστροφη σχέση.....	249
Πρόγραμμα 8.88: Περιορισμός πεδίου ορισμού δυαδικής σχέσης.....	250
Πρόγραμμα 8.89: Περιορισμός πεδίου τιμών δυαδικής σχέσης.....	250
Πρόγραμμα 8.90: Άδειος γράφος.....	254
Πρόγραμμα 8.91: Κατασκευή γράφου.....	254
Πρόγραμμα 8.92: Κορυφές γράφου.....	254
Πρόγραμμα 8.93: Ακμές γράφου.....	254
Πρόγραμμα 8.94: Προσθήκη ακμής σε γράφο.....	255
Πρόγραμμα 8.95: Διαγραφή ακμής από γράφο.....	255
Πρόγραμμα 8.96: Προσθήκη κορυφής σε γράφο.....	255

Πρόγραμμα 8.97: Διαγραφή κορυφής από γράφο.	256
Πρόγραμμα 8.98: Εύρεση των γειτονικών κορυφών μιας κορυφής.	257
Πρόγραμμα 8.99: Αντικατάσταση του συνόλου των κορυφών ενός γράφου.	257
Πρόγραμμα 8.100: Αντικατάσταση του συνόλου των ακμών ενός γράφου.	257
Πρόγραμμα 9.1: Πρόγραμμα αντικείμενο member/2.	276
Πρόγραμμα 9.2: Πρόγραμμα αντικείμενο member/2.	276
Πρόγραμμα 9.3: Παράσταση σε Βασικούς Όρους (1ος τρόπος).	277
Πρόγραμμα 9.4: Παράσταση σε Βασικούς Όρους (2ος τρόπος).	279
Πρόγραμμα 9.5: Παράσταση σε Βασικούς Όρους (3ος τρόπος).	280
Πρόγραμμα 9.6: Παράσταση σε Βασικούς Όρους (3ος τρόπος).	280
Πρόγραμμα 9.7: Πρόγραμμα-αντικείμενο p/2.	281
Πρόγραμμα 9.8: Παράσταση σε βασικούς όρους (1ος τρόπος).	281
Πρόγραμμα 9.9: Παράσταση σε βασικούς όρους (1ος τρόπος).	281
Πρόγραμμα 9.10: Παράσταση σε βασικούς όρους (2ος τρόπος).	282
Πρόγραμμα 9.11: Παράσταση σε βασικούς όρους (2ος τρόπος).	282
Πρόγραμμα 9.12: Παράσταση σε βασικούς όρους (2ος τρόπος).	282
Πρόγραμμα 9.13: Παράσταση σε βασικούς όρους (3ος τρόπος).	283
Πρόγραμμα 9.14: Παράσταση σε βασικούς όρους (3ος τρόπος).	284
Πρόγραμμα 9.15: Παράσταση σε βασικούς όρους (3ος τρόπος).	284
Πρόγραμμα 9.16: Παράσταση σε βασικούς όρους (3ος τρόπος).	285
Πρόγραμμα 9.17: Απλός Μεταφραστής προγράμματος-αντικείμενο.	285
Πρόγραμμα 9.18: Μεταφραστής Prolog προγράμματος σε Prolog.	288
Πρόγραμμα 9.19: Μεταφραστής Προγραμμάτων Prolog.	289
Πρόγραμμα 9.20: Μεταφραστής Προγραμμάτων Prolog.	291
Πρόγραμμα 9.21: Ενοποίηση Ατόμων με Αναπαράσταση σε Βασική Μορφή... ..	293
Πρόγραμμα 9.22: Μετονομασία Μεταβλητών σε Πρόταση με Αναπαράσταση σε Βασική Μορφή.....	297
Πρόγραμμα 10.1: Έλεγχος ύπαρξης μονοπατιού με γνωστό αρχικό και τελικό κόμβο για το γράφημα Σχήμα 10.1.....	314
Πρόγραμμα 10.2: Εύρεση μονοπατιού από αρχικό προς τελικό κόμβο σε μη-κυκλικό γράφημα.	315

Πρόγραμμα 10.3: Έλεγχος ύπαρξης μονοπατιού με κύκλους για το γράφημα του σχ. Σχήμα 10.2.....	317
Πρόγραμμα 10.4: Έλεγχος ύπαρξης μονοπατιού χωρίς κύκλους σε κυκλικό γράφημα.....	317
Πρόγραμμα 10.5: Εύρεση μονοπατιού από αρχικό προς τελικό κόμβο σε κυκλικό γράφημα.....	318
Πρόγραμμα 10.6: Υλοποίηση του προβλήματος με τις κανάτες.....	320
Πρόγραμμα 11.1: Αναπαράσταση πεδίου προβλήματος με 3 κουτιά.....	340
Πρόγραμμα 11.2: Υλοποίηση if-then κανόνα σε Prolog.....	351
Πρόγραμμα 11.3: Ανάγνωση δεδομένων και εύρεση αποτελεσμάτων από το περιβαλλοντικό ΣΓ.....	356
Πρόγραμμα 11.4: Η Βάση γνώσης του Περιβαλλοντικού ΣΓ σε Prolog...	358
Πρόγραμμα 12.1: Ένας συντακτικός αναλυτής για μια απλή Αγγλική γραμματική.....	383
Πρόγραμμα 12.2: Συντακτικός αναλυτής για απλή Αγγλική γραμματική με ονόματα μεταβλητών με έννοια.....	386
Πρόγραμμα 12.3: Μερικές από τις προτάσεις που αναγνωρίζει ο συντακτικός αναλυτής της Αγγλικής γραμματικής.....	387
Πρόγραμμα 12.4: Συντακτικός αναλυτής για γραμματική με ορίσματα στα μη-τελικά σύμβολα.....	390
Πρόγραμμα 12.5: Συντακτικός αναλυτής της Αγγλικής από ΓΟΠ (DCG) κανόνες με στόχους της Prolog.....	392
Πρόγραμμα 12.6: Στόχοι και τα δέντρα ανάλυση τους.....	396
Πρόγραμμα 12.7: Προτάσεις Αγγλικής με τη σημασιολογία τους σε λογική.	411
Πρόγραμμα 12.8: Σημασιολογία προτάσεων με καθοριστές σε κατηγορηματική μορφή.....	411
Πρόγραμμα 12.9: Σημασιολογία προτάσεων με καθοριστές σε κατηγορηματική μορφή.....	412
Πρόγραμμα 12.10: Υλοποίηση «which» και «how many» ερωτήσεων.....	412
Πρόγραμμα 12.11: Μετατροπή συμβολοσειράς σε κωδικούς χαρακτήρων.....	413
Πρόγραμμα 12.12: Μετατροπή συμβολοσειράς κειμένου σε λίστα λέξεων.	414

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Αναπαράσταση Γνώσης σε σημασιολογικό δίκτυο.	13
Σχήμα 2.2: Σημασιολογικό δίκτυο με τις σχέσεις μιας οικογένειας.	15
Σχήμα 2.3: Ταξινόμηση όρων της Prolog.	18
Σχήμα 2.4: Σύνθετος όρος σε Prolog.	22
Σχήμα 2.5: Ταξινόμηση των όρων της Prolog με βάση εάν περιέχουν ή όχι μεταβλητές.	24
Σχήμα 2.6: Ενοποίηση όρων.	25
Σχήμα 2.7: Συνδεσμολογία αντιστάσεων.	49
Σχήμα 2.8: Σημασιολογικό δίκτυο για τη σχέση goneas/2.	51
Σχήμα 2.9: Κατευθυνόμενο μη κυκλικό γράφημα.	53
Σχήμα 3.1: Στοιβά αναδρομικών κλήσεων.	59
Σχήμα 3.2: Δομή λίστας μ' ένα στοιχείο.	60
Σχήμα 3.3: Δομή της λίστας [stef,sdo,seyp,steg].	61
Σχήμα 3.4: Δομή της λίστας [yannis,kostas,anna].	62
Σχήμα 3.5: Δομή της λίστας [X, a, b, [Y, c], W].	63
Σχήμα 3.6: Σχέσεις υποσυνόλου μεταξύ των τρόπων κλήσης.	73
Σχήμα 3.7: Πιθανές κινήσεις μιας βασίλισσας.	90
Σχήμα 3.8: Μια λύση των 8-βασιλισσών και συνθήκη διαγώνιου κτυπήματος.	92
Σχήμα 4.1: SLD-απόρριψη για τον στόχο progonos(yannis, eleni).	101
Σχήμα 4.2: Δέντρο αναζήτησης για «?- progonos(yannis, anna).»	102
Σχήμα 4.3: Δέντρο αναζήτησης για τον στόχο ?- p(y, W).	104
Σχήμα 4.4: Δέντρο αναζήτησης του προγράμματος, Πρόγραμμα 4.4, για τον στόχο ?- p(X).	107
Σχήμα 4.5: Δέντρο αναζήτησης του προγράμματος, Πρόγραμμα 4.5, για στόχο ?- p(X).	108
Σχήμα 4.6: Δέντρο αναζήτησης του προγράμματος, Πρόγραμμα 4.6, για στόχο ?- p(X).	109
Σχήμα 4.7: Δέντρο αναζήτησης του προγράμματος, Πρόγραμμα 4.7, για στόχο ?- p(X).	110
Σχήμα 4.8: Γραφική της συνάρτησης f(X).	111

Σχήμα 4.9. Ορισμός της συνάρτησης $f(X)$	111
Σχήμα 5.1: Θύρες εισόδου και εξόδου σε υποπρόγραμμα.....	124
Σχήμα 5.2: Θύρες εισόδου και εξόδου στο υποπρόγραμμα progonos/2....	126
Σχήμα 5.3: Θύρες εισόδου και εξόδου στο υποπρόγραμμα goneas/2.	126
Σχήμα 5.4: Γραφική αναπαράσταση της δομής του Προγράμματος 5.3 χρησιμοποιώντας το «κιβώτιο διαδικασίας».....	128
Σχήμα 5.5: Γραφική αναπαράσταση της δομής του Προγράμματος 5.6 χρησιμοποιώντας το «κιβώτιο διαδικασίας».....	132
Σχήμα 5.6: Μοντέλο εκτέλεσης διαδικασίας σε συμβατική γλώσσα	134
Σχήμα 5.7: Μοντέλο εκτέλεσης διαδικασίας σε Prolog.....	134
Σχήμα 6.1: Γραφική απεικόνιση του όρου $5*3+2$	142
Σχήμα 6.2: Απεικόνιση του όρου $4-3+2$ με δήλωση $\square:- \text{op}(500, \text{yfx}, [+,-])\square$	142
Σχήμα 6.3: Απεικόνιση του όρου $4-3+2$ με δήλωση $\square:- \text{op}(500, \text{xfy}, [+,-])\square$	143
Σχήμα 8.1: Δυαδικό Δέντρο.....	202
Σχήμα 8.2: Ταξινομημένο δυαδικό δέντρο ακεραίων.....	203
Σχήμα 8.3: Διαγραφή κόμβου περίπτωση αλγορίθμου 2 - πρόταση π_2	208
Σχήμα 8.4: Διαγραφή κόμβου περίπτωση αλγορίθμου 5a - πρόταση π_6	209
Σχήμα 8.5: Διαγραφή κόμβου περίπτωση αλγορίθμου 5a - πρόταση π_6	210
Σχήμα 8.6: Διαγραφή κόμβου περίπτωση αλγορίθμου 5b - πρόταση π_6	211
Σχήμα 8.7: Προσάρτηση λιστών στις συμβατικές γλώσσες.....	212
Σχήμα 8.8: Ανοικτή λίστα $L1 = [a,b,c L2]$	213
Σχήμα 8.9: Κλειστή λίστα $L1=[a,b,c,1,2]$	213
Σχήμα 8.10: Ανοικτή λίστα $L1=[a,b,c,1,2 L3]$	214
Σχήμα 8.11: Λίστα διαφοράς $L1 \setminus L2$ ή $[a,b,c L2] \setminus L2$	193
Σχήμα 8.12: Σχηματικά η προσάρτηση δύο λιστών διαφοράς $L1$ και $L2$..	216
Σχήμα 8.13: Δυαδικές σχέσεις σε γράφο.	247
Σχήμα 8.14: Αναπαράσταση κατευθυνόμενου Γράφου,.....	251
Σχήμα 8.15: Αναπαράσταση μη κατευθυνόμενου γράφου.	251
Σχήμα 10.1: Μη-κυκλικό κατευθυνόμενο γράφημα.....	302
Σχήμα 10.2: Αρχικές και τελικές καταστάσεις των γρίφων με 3, 8 και 15 πλακίδια.	308
Σχήμα 10.3: Χώρος καταστάσεων γρίφου-3.....	271

Σχήμα 10.4: Χώρος καταστάσεων γρίφου-3 σαν κατευθυνόμενος γράφος.....	311
Σχήμα 10.5: Μη-κυκλικός κατευθυνόμενος γράφος.	313
Σχήμα 10.6: Κατευθυνόμενος γράφος με κύκλους.....	316
Σχήμα 10.7: Μέρος του δέντρου αναζήτησης του προβλήματος με τις κανά- τες.....	321
Σχήμα 11.1: Σχέση Συστημάτων Γνώσης και Έμπειρων Συστημάτων... ..	332
Σχήμα 11.2: Αρχιτεκτονική ενός συστήματος γνώσης.....	333
Σχήμα 11.3: Σχηματική περιγραφή του πεδίου ενός προβλήματος.....	339
Σχήμα 11.4: Απεικόνιση πεδίου προβλήματος στην αναπαράσταση του σε λογική.....	341
Σχήμα 11.5: Ο Μηχανικός γνώσης εκμαίευει τη γνώση.....	242
Σχήμα 11.6: Αυτοματοποιημένη εκμαίευση γνώσης από τον εμπειρογνώμο- να.....	342
Σχήμα 11.7: Εκμαίευση γνώσης με μηχανική μάθηση.....	343
Σχήμα 11.8: Τα κύρια μέρη ενός συστήματος που βασίζεται σε κανόνες.	346
Σχήμα 11.9: Δέντρο αποφάσεων για «μόλυνση με οργανικό υλικό (organic matter pollution)».....	353
Σχήμα 11.10: Δέντρο αποφάσεων για «ανοξία (anoxia)» σε ποτάμια οικοσυ- στήματα.....	361
Σχήμα 12.1: Οδικός χάρτης ανάλυσης φυσικής γλώσσας.....	367
Σχήμα 12.2: Δέντρο ανάλυσης για την πρόταση "John saw his dog.".....	374
Σχήμα 12.3: Δέντρο ανάλυσης για τη πρόταση "Το παιδί παίζει ποδόσφαιρο.".	375
Σχήμα 12.4: Λίστες διαφοράς για μια πρόταση σε ένα αναλυτή της Αγγλικής...	385
Σχήμα 12.5: Δέντρο ανάλυσης με τα συστατικά της πρότασης.....	393
Σχήμα 12.6: Παράσταση σημασιολογικής σύνθεσης.....	400
Σχήμα 12.7: Αρχιτεκτονική συστήματος «ΕΡΩΤΗΣΗ-ΑΠΑΝΤΗΣΗ»... ..	416

Κατάλογος με Σχήματα Προγραμμάτων

Σχήμα Προγράμματος 3.1: Βασικό σχήμα προγράμματος για "κατασκευή δομής στη κεφαλή πρότασης".....	77
Σχήμα Προγράμματος 3.2: Βασικό σχήμα προγράμματος "κατασκευή δομής στο σώμα πρότασης".....	80
Σχήμα Προγράμματος 8.1: Έλεγχος ύπαρξης μιας ιδιότητας σε στοιχείο λίστας.....	186
Σχήμα Προγράμματος 8.2: Έλεγχος ύπαρξης μιας ιδιότητας σε όλα τα στοιχεία λίστας.....	186
Σχήμα Προγράμματος 8.3: Έλεγχος ιδιότητας και επεξεργασίας ενός στοιχείου λίστας.....	187
Σχήμα Προγράμματος 8.4: Επεξεργασία όλων των στοιχείων λίστας.....	188
Σχήμα Προγράμματος 8.5: Έλεγχος στοιχείου για μια ιδιότητα από N ιδιότητες.....	189
Σχήμα Προγράμματος 8.6: Έλεγχος σ' ένα στοιχείο με N ιδιότητες.....	189
Σχήμα Προγράμματος 8.7: Σύμπτυξη 3 σχημάτων σ' ένα σχήμα.....	190
Σχήμα Προγράμματος 8.8: Έλεγχος όλων των στοιχείων λίστας για μία από N ιδιότητες.....	190
Σχήμα Προγράμματος 8.9: Έλεγχος μερικών στοιχείων λίστας για μία ιδιότητα.....	191
Σχήμα Προγράμματος 8.10: Επεξεργασία μερικών των στοιχείων με βάση μια ιδιότητα.....	191
Σχήμα Προγράμματος 8.11: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στη κεφαλή.....	193
Σχήμα Προγράμματος 8.12: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στη κεφαλή.....	194
Σχήμα Προγράμματος 8.13: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στο σώμα.....	194
Σχήμα Προγράμματος 8.14: Επεξεργασία στοιχείων με κατασκευή στο σώμα.....	195
Σχήμα Προγράμματος 8.15: Το Αυξητικό σχήμα.....	200

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Κανόνες ενοποίησης δύο όρων T1 και T2.	26
Πίνακας 3.1: Πίνακας με τους πιο σημαντικούς αριθμητικούς τελεστές. ...	85
Πίνακας 6.1: Πίνακας προτεραιότητας και σχετικότητας των προδηλωμένων τελεστών της Prolog.	143
Πίνακας 12.1: Αναπαράσταση λέξεων, φράσεων στη λογική.	404

Κατάλογος Κανόνων Γραμματικών

Κανόνες 2.1: Συντακτικοί κανόνες των όρων.	23
Κανόνες 2.2: Συντακτικοί κανόνες ενός Prolog προγράμματος.	40
Κανόνες 2.3: Συντακτικοί κανόνες Prolog.	40
Κανόνες 6.1: Κανόνες σύνταξης οδηγιών (directives)	137
Κανόνες 12.1: Συντακτικοί κανόνες της Αγγλικής γλώσσας.	373
Κανόνες 12.2: Συντακτικοί κανόνες της Ελληνικής γλώσσας.	373
Κανόνες 12.3: ΓΟΠ (DCG) κανόνες για μια απλή Αγγλική γραμματική.	382
Κανόνες 12.4: ΓΟΠ (DCG) κανόνες με ορίσματα στα μη-τελικά σύμβολα.	389
Κανόνες 12.5: ΓΟΠ(DCG) Κανόνες της Αγγλικής με Prolog στόχους.	391
Κανόνες 12.6: Γραμματική που δημιουργεί το δέντρο ανάλυσης της πρότασης.	395
Κανόνες 12.7: DCG κανόνες με σημασιολογία σε λογική.	410

Κατάλογος Αλγορίθμων

Αλγόριθμος 2.1: If-then κανόνες σε ψευδοκώδικα από σύστημα γνώσης.	41
Αλγόριθμος 2.2: If-then κανόνες σε πιο ευκρινή και δομημένη μορφή.	42
Αλγόριθμος 2.3: If-then κανόνες από ένα σύστημα γνώσης.	48
Αλγόριθμος 9.1: Ενοποίηση Ατομικών Τύπων.	293
Αλγόριθμος 10.1: Αλγόριθμος λύσης προβλημάτων με αναζήτηση σε χώρο καταστάσεων.	304
Αλγόριθμος 11.1: if-then κανόνας σε ψευδοκώδικα.	345

Αλγόριθμος 11.2: Γεγονότα σε ψευδοκώδικα.	347
Αλγόριθμος 11.3: if-then κανόνες συστήματος γνώσης για «μόλυνση με οργανικό υλικό».....	355