

Περιεχόμενα

Πρόλογος	19
Λίγα λόγια για τους συγγραφείς	24
I Πράκτορες στον κόσμο	25
1 Τεχνητή νοημοσύνη και πράκτορες	27
1.1 Τι είναι η τεχνητή νοημοσύνη;	27
1.1.1 Τεχνητή και φυσική νοημοσύνη	28
1.1.2 Φυσική νοημοσύνη	31
1.2 Ένα σύντομο ιστορικό της τεχνητής νοημοσύνης	32
1.2.1 Σχέση με άλλα επιστημονικά πεδία	35
1.3 Πράκτορες ενταγμένοι σε περιβάλλοντα	37
1.4 Πρωτότυπες εφαρμογές	38
1.4.1 Αυτόνομο ρομπότ για διανομή αντικειμένων και παροχή βοήθειας	38
1.4.2 Βοηθός διαγνώσεων	40
1.4.3 Πράκτορας διδασκαλίας	41
1.4.4 Πράκτορας συναλλαγών	42
1.4.5 Έξυπνη οικία	42
1.5 Χώρος σχεδίασης πρακτόρων	43
1.5.1 Δομοστοιχείωση	43
1.5.2 Χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού	45
1.5.3 Αναπαράσταση	46
1.5.4 Υπολογιστικά όρια	48
1.5.5 Μάθηση	50
1.5.6 Αβεβαιότητα	51
1.5.7 Προτίμηση	52
1.5.8 Αριθμός πρακτόρων	54
1.5.9 Διαδραστικότητα	55
1.5.10 Αλληλεπίδραση των διαστάσεων	56
1.6 Σχεδίαση πρακτόρων	58
1.6.1 Απλοποίηση περιβαλλόντων και πρακτόρων	58
1.6.2 Εργασίες – Προβλήματα	59
1.6.3 Ορισμός μιας λύσης	61
1.6.4 Αναπαραστάσεις	62
1.7 Κοινωνικός αντίκτυπος	64
1.8 Επισκόπηση του βιβλίου	65
1.9 Επανάληψη	66
1.10 Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	66
1.11 Ασκήσεις	68
2 Αρχιτεκτονικές πρακτόρων και ιεραρχικός έλεγχος	69
2.1 Πράκτορες και περιβάλλοντα	69
2.1.1 Ελεγκτές	71
2.1.2 Καταστάσεις πεποιθήσεων	73
2.1.3 Συναρτήσεις πρακτόρων	74
2.2 Ιεραρχικός έλεγχος	75

2.3	Σχεδίαση πρακτόρων	82
2.3.1	Διακριτός, συνεχής και υβριδικός	82
2.3.2	Επιλογή συναρτήσεων πρακτόρων	82
2.3.3	Υπολογισμοί μη πραγματικού χρόνου και πραγματικού χρόνου	84
2.4	Κοινωνικός αντίκτυπος	87
2.5	Επανάληψη	88
2.6	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	88
2.7	Ασκήσεις	89
II	Συλλογιστική και σχεδιασμός με βεβαιότητα	93
3	Αναζήτηση λύσεων	95
3.1	Επίλυση προβλήματος ως αναζήτηση	95
3.2	Χώροι καταστάσεων	96
3.3	Αναζήτηση γράφου	99
3.3.1	Τυποποίηση της αναζήτησης γράφου	100
3.4	Γενικός αλγόριθμος αναζήτησης	102
3.5	Στρατηγικές απληροφόρητης αναζήτησης	103
3.5.1	Αναζήτηση πρώτα κατά πλάτος	105
3.5.2	Αναζήτηση πρώτα κατά βάθος	106
3.5.3	Επαναληπτική εμβάθυνση	111
3.5.4	Αναζήτηση πρώτα για το πιο χαμηλό κόστος	113
3.6	Πληροφορημένη (ευρετική) αναζήτηση	115
3.6.1	Αναζήτηση A^*	116
3.6.2	Διακλάδωση και οριοθέτηση	119
3.6.3	Σχεδίαση ευρετικής συνάρτησης	121
3.7	Κλάδεμα του χώρου αναζήτησης	122
3.7.1	Κλάδεμα κύκλων	123
3.7.2	Κλάδεμα πολλαπλών διαδρομών	123
3.7.3	Σύνοψη στρατηγικών αναζήτησης	126
3.8	Βελτιώσεις αναζήτησης	127
3.8.1	Κατεύθυνση αναζήτησης	127
3.8.2	Δυναμικός προγραμματισμός	129
3.9	Κοινωνικός αντίκτυπος	132
3.10	Επανάληψη	133
3.11	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	133
3.12	Ασκήσεις	134
4	Συλλογιστική με περιορισμούς	139
4.1	Μεταβλητές και περιορισμοί	139
4.1.1	Μεταβλητές και εκχωρήσεις τιμών	139
4.1.2	Περιορισμοί	143
4.1.3	Προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών	144
4.2	Επίλυση προβλημάτων ικανοποίησης περιορισμών με αναζήτηση	145
4.3	Αλγόριθμοι συνέπειας	148
4.4	Διαχωρισμός πεδίου ορισμού	152
4.5	Απαλοιφή μεταβλητών	154
4.6	Τοπική αναζήτηση	158
4.6.1	Επαναληπτική καλύτερη δυνατή βελτίωση	159
4.6.2	Τυχαίοι αλγόριθμοι	160
4.6.3	Παραλλαγές τοπικής αναζήτησης	161
4.6.4	Αξιολόγηση τυχαioποιημένων αλγορίθμων	165
4.6.5	Τυχαία επανεκκίνηση	167
4.7	Μέθοδοι που βασίζονται στον πληθυσμό	168

4.8	Βελτιστοποίηση	171
4.8.1	Συστηματικές μέθοδοι για διακριτή βελτιστοποίηση	173
4.8.2	Τοπική αναζήτηση για βελτιστοποίηση	176
4.8.3	Κάθοδος κλίσης για συνεχείς συναρτήσεις	177
4.9	Κοινωνικός αντίκτυπος	179
4.10	Επανάληψη	180
4.11	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	180
4.12	Ασκήσεις	181
5	Προτάσεις και συμπερασματολογία	187
5.1	Προτάσεις	187
5.1.1	Συντακτικό του προτασιακού λογισμού	187
5.1.2	Σημασιολογία του προτασιακού λογισμού	188
5.2	Προτασιακοί περιορισμοί	191
5.2.1	Μορφή διαξευκτικών προτάσεων για τα προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών	192
5.2.2	Αξιοποίηση προτασιακής δομής στην τοπική αναζήτηση	193
5.3	Προτασιακές οριστικές προτάσεις	194
5.3.1	Ερωτήματα και απαντήσεις	196
5.3.2	Αποδείξεις	197
5.4	Υποβολή ερωτημάτων στον χρήστη	203
5.5	Αποσφαλμάτωση στο επίπεδο γνώσεων	204
5.5.1	Εσφαλμένες απαντήσεις	205
5.5.2	Ελλείπουσες απαντήσεις	206
5.6	Εις άτοπον απαγωγή	207
5.6.1	Προτάσεις Horn	207
5.6.2	Υποτιθέμενα και συγκρούσεις	209
5.6.3	Διάγνωση βάσει συνέπειας	210
5.6.4	Συλλογιστική με υποθέσεις και προτάσεις Horn	211
5.7	Υπόθεση πλήρους γνώσης	214
5.7.1	Μη μονότονη συλλογιστική	217
5.7.2	Διαδικασίες απόδειξης για άρνηση ως αποτυχία	218
5.8	Απαγωγή	221
5.9	Αιτιώδη μοντέλα	223
5.10	Κοινωνικός αντίκτυπος	225
5.11	Επανάληψη	226
5.12	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	227
5.13	Ασκήσεις	228
6	Ντετερμινιστικός σχεδιασμός	237
6.1	Αναπαράσταση καταστάσεων, ενεργειών και στόχων	238
6.1.1	Ρητή αναπαράσταση χώρου καταστάσεων	239
6.1.2	Η αναπαράσταση STRIPS	240
6.1.3	Αναπαράσταση ενεργειών που βασίζεται σε χαρακτηριστικά	242
6.1.4	Αρχικές καταστάσεις και στόχοι	244
6.2	Εμπρόσθιος σχεδιασμός	244
6.3	Αναδρομικός σχεδιασμός	246
6.4	Ο σχεδιασμός ως πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών (CSP)	249
6.4.1	Χαρακτηριστικά ενεργειών	252
6.5	Σχεδιασμός μερικής διάταξης	253
6.6	Κοινωνικός αντίκτυπος	256
6.7	Επανάληψη	257
6.8	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	257
6.9	Ασκήσεις	258

III Μάθηση και συλλογιστική με αβεβαιότητα	263
7 Επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση	265
7.1 Ζητήματα μάθησης	266
7.2 Τα θεμέλια της επιβλεπόμενης μάθησης	269
7.2.1 Αξιολόγηση προβλέψεων	272
7.2.2 Εκτιμήσεις σημείου χωρίς χαρακτηριστικά εισόδου	278
7.2.3 Τύποι σφαλμάτων	280
7.3 Βασικά μοντέλα για επιβλεπόμενη μάθηση	283
7.3.1 Εκμάθηση δέντρων απόφασης	283
7.3.2 Γραμμική παλινδρόμηση και ταξινόμηση	289
7.4 Υπερπροσαρμογή	297
7.4.1 Ψευδομετρητές	299
7.4.2 Ομαλοποίηση	301
7.4.3 Διασταυρούμενη επικύρωση	303
7.5 Σύνθετα μοντέλα	306
7.5.1 Ενίσχυση	307
7.5.2 Δέντρα με ενίσχυση κλίσης	309
7.6 Περιορισμοί	313
7.7 Κοινωνικός αντίκτυπος	314
7.8 Επανάληψη	315
7.9 Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	316
7.10 Ασκήσεις	317
8 Νευρωνικά δίκτυα και βαθιά μάθηση	323
8.1 Νευρωνικά δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης	324
8.1.1 Μάθηση παραμέτρων	327
8.2 Βελτιωμένη βελτιστοποίηση	332
8.2.1 Ορμή	333
8.2.2 RMS-Prop	334
8.2.3 Adam	335
8.2.4 Αρχικοποίηση	335
8.3 Βελτίωση γενίκευσης	336
8.4 Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα	338
8.5 Νευρωνικά μοντέλα για ακολουθίες	342
8.5.1 Ενσωματώσεις λέξεων	343
8.5.2 Αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα	346
8.5.3 Μακρά και βραχεία μνήμη	349
8.5.4 Προσοχή και μετασχηματιστές	352
8.5.5 Μεγάλα γλωσσικά μοντέλα	354
8.6 Άλλα μοντέλα νευρωνικών δικτύων	356
8.6.1 Αυτόματοι κωδικοποιητές	356
8.6.2 Δίκτυα αντιπαλότητας	357
8.6.3 Μοντέλα διάχυσης	357
8.7 Κοινωνικός αντίκτυπος	358
8.8 Επανάληψη	359
8.9 Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	360
8.10 Ασκήσεις	361
9 Συλλογιστική με αβεβαιότητα	365
9.1 Πιθανότητα	365
9.1.1 Η σημασιολογία της πιθανότητας	366
9.1.2 Υπό συνθήκη πιθανότητα	368
9.1.3 Αναμενόμενες τιμές	372

9.2	Ανεξαρτησία	373
9.3	Δίκτυα πεποιθήσεων	374
9.3.1	Παρατηρήσεις και ερωτήματα	376
9.3.2	Κατασκευή δικτύων πεποιθήσεων	377
9.3.3	Αναπαράσταση υπό συνθήκη πιθανοτήτων και παραγόντων	382
9.4	Πιθανοτική συμπερασματολογία	391
9.5	Ακριβής πιθανοτική συμπερασματολογία	392
9.5.1	Αναδρομική εξαρτημένη μάθηση	395
9.5.2	Απαλοιφή μεταβλητών για δίκτυα πεποιθήσεων	399
9.5.3	Αξιοποίηση δομής και μεταγλώττιση	402
9.6	Ακολουθιακά μοντέλα πιθανοτήτων	403
9.6.1	Μαρκοβιανές αλυσίδες	403
9.6.2	Κρυφά μαρκοβιανά μοντέλα	405
9.6.3	Αλγόριθμοι για παρακολούθηση και εξομάλυνση	410
9.6.4	Δυναμικά δίκτυα πεποιθήσεων	412
9.6.5	Κοκκιότητα χρόνου	413
9.6.6	Πιθανοτικά γλωσσικά μοντέλα	414
9.7	Στοχαστική προσομοίωση	420
9.7.1	Δειγματοληψία από μόνο μία μεταβλητή	421
9.7.2	Εμπρόσθια δειγματοληψία	422
9.7.3	Δειγματοληψία απόρριψης	423
9.7.4	Στάθμιση πιθανοφάνειας	424
9.7.5	Δειγματοληψία σημαντικότητας	426
9.7.6	Φιλτράρισμα σωματιδίων	427
9.7.7	Μαρκοβιανή αλυσίδα Monte Carlo	429
9.8	Κοινωνικός αντίκτυπος	431
9.9	Επανάληψη	432
9.10	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	432
9.11	Ασκήσεις	433
10	Μάθηση με αβεβαιότητα	439
10.1	Πιθανοτική μάθηση	439
10.2	Μπεϋζιανή μάθηση	440
10.2.1	Εκμάθηση πιθανοτήτων	441
10.2.2	Πιθανοτικοί ταξινομητές	445
10.2.3	Πιθανοτική μάθηση δέντρων αποφάσεων	449
10.2.4	Μήκος περιγραφής	450
10.3	Μη επιβλεπόμενη μάθηση	451
10.3.1	k -μέσοι	451
10.3.2	Μεγιστοποίηση αναμονής για μαλακή συσταδοποίηση	455
10.4	Μάθηση δικτύων πεποιθήσεων	458
10.4.1	Κρυφές μεταβλητές	458
10.4.2	Ελλιπή δεδομένα	459
10.4.3	Μάθηση δομής	460
10.4.4	Γενική περίπτωση μάθησης δικτύου πεποιθήσεων	461
10.5	Κοινωνικός αντίκτυπος	462
10.6	Επανάληψη	462
10.7	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	463
10.8	Ασκήσεις	463
11	Αιτιότητα	465
11.1	Πιθανοτικά αιτιώδη μοντέλα	466
11.1.1	Συμβολισμός do	468
11.1.2	Διαχωρισμός εξάρτησης	469

11.2	Ελλιπή δεδομένα	470
11.3	Συναγωγή αιτιότητας	473
11.3.1	Κριτήριο κερκόπορτας	474
11.3.2	Λογισμός do	475
11.3.3	Κριτήριο εξώπορτας	475
11.3.4	Παράδοξο του Simpson	477
11.4	Βοηθητικές μεταβλητές	478
11.5	Αντιπραγματική συλλογιστική	480
11.6	Κοινωνικός αντίκτυπος	482
11.7	Επανάληψη	483
11.8	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	483
11.9	Ασκήσεις	484
IV	Σχεδιασμός και δράση με αβεβαιότητα	487
12	Σχεδιασμός με αβεβαιότητα	489
12.1	Προτιμήσεις και ωφέλεια	490
12.1.1	Αξιώματα για ορθολογικότητα	490
12.1.2	Παραγοντοποιημένη ωφέλεια	495
12.1.3	Θεωρία προοπτικής	499
12.2	Εφάπαξ αποφάσεις	501
12.2.1	Δίκτυα απόφασης ενός σταδίου	504
12.3	Ακολουθιακές αποφάσεις	506
12.3.1	Δίκτυα απόφασης	507
12.3.2	Πολιτικές	511
12.3.3	Βελτιστοποίηση δικτύων απόφασης χρησιμοποιώντας αναζήτηση	512
12.3.4	Απαλοιφή μεταβλητών για δίκτυα απόφασης	514
12.4	Η αξία των πληροφοριών και του ελέγχου	518
12.5	Διεργασίες λήψης απόφασης	521
12.5.1	Πολιτικές	525
12.5.2	Επανάληψη τιμών	527
12.5.3	Επανάληψη πολιτικών	531
12.5.4	Δυναμικά δίκτυα απόφασης	531
12.5.5	Μερικώς παρατηρήσιμες διεργασίες απόφασης	535
12.6	Κοινωνικός αντίκτυπος	537
12.7	Επανάληψη	538
12.8	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	538
12.9	Ασκήσεις	539
13	Ενισχυτική μάθηση	549
13.1	Το πρόβλημα της ενισχυτικής μάθησης	549
13.2	Εξελικτικοί αλγόριθμοι	552
13.3	Χρονικές διαφορές	553
13.4	Μαθαίνοντας από εμπειρίες	554
13.4.1	Q-μάθηση	554
13.5	Εξερεύνηση και εκμετάλλευση	556
13.6	Αξιολόγηση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης	558
13.7	Μάθηση on-policy	559
13.8	Ενισχυτική μάθηση που βασίζεται σε μοντέλα	561
13.9	Ενισχυτική μάθηση με γενίκευση	563
13.9.1	SARSA με προσέγγιση γραμμικής συνάρτησης	564
13.9.2	Διαφυγή από τοπικά βέλτιστα	566
13.10	Κοινωνικός αντίκτυπος	567
13.11	Επανάληψη	567

13.12	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	568
13.13	Ασκήσεις	568
14	Συστήματα πολλαπλών πρακτόρων	571
14.1	Πλαίσιο πολλαπλών πρακτόρων	571
14.2	Αναπαραστάσεις παιγνίων	572
14.2.1	Παίγνια κανονικής μορφής	573
14.2.2	Εκτεταμένη μορφή παιγνίου	574
14.2.3	Δίκτυα απόφασης πολλαπλών πρακτόρων	576
14.3	Επίλυση παιγνίων τέλειων πληροφοριών	577
14.3.1	Ανταγωνιστικά παίγνια	578
14.4	Συλλογιστική με ατελείς πληροφορίες	581
14.4.1	Υπολογισμός ισορροπιών Nash	586
14.5	Ομαδική λήψη απόφασης	589
14.6	Σχεδίαση μηχανισμών	589
14.7	Ενισχυτική μάθηση πολλαπλών πρακτόρων	592
14.7.1	Παίγνια τέλειων πληροφοριών	592
14.7.2	Ενισχυτική μάθηση με στοχαστικές πολιτικές	592
14.7.3	Σύγχρονα προγράμματα παιγνίων	595
14.8	Κοινωνικός αντίκτυπος	596
14.9	Επανάληψη	597
14.10	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	597
14.11	Ασκήσεις	598
V	Αναπαράσταση ατόμων και σχέσεων	603
15	Άτομα και σχέσεις	605
15.1	Αξιοποίηση σχεσιακής δομής	605
15.2	Σύμβολα και σημασιολογία	607
15.3	Κατηγορηματικός λογισμός	608
15.3.1	Σημασιολογία βασικών λογικών τύπων	609
15.3.2	Ερμηνεία μεταβλητών	611
15.4	Datalog: Μια γλώσσα σχεσιακών κανόνων	613
15.4.1	Ερωτήματα με μεταβλητές	615
15.5	Αποδείξεις και αντικαταστάσεις	618
15.5.1	Στιγμιότυπα και αντικαταστάσεις	618
15.5.2	Διαδικασία απόδειξης από κάτω προς τα πάνω για την Datalog	620
15.5.3	Ενοποίηση	621
15.5.4	Οριστική ανάλυση με μεταβλητές	622
15.6	Λειτουργικά σύμβολα και δομές δεδομένων	625
15.6.1	Διαδικασίες απόδειξης με λειτουργικά σύμβολα	628
15.7	Εφαρμογές στη φυσική γλώσσα	631
15.7.1	Χρήση οριστικών προτάσεων για γραμματικές ανεξάρτητες από το συγκείμενο	633
15.7.2	Επαύξηση της γραμματικής	637
15.7.3	Κατασκευή διεπαφής φυσικής γλώσσας με μια βάση δεδομένων	637
15.7.4	Σύγκριση με τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα	641
15.8	Ισότητα	642
15.8.1	Ισχυρισμοί ισότητας	643
15.8.2	Υπόθεση μοναδικών ονομάτων	643
15.9	Υπόθεση πλήρους γνώσης	646
15.9.1	Αποδεικτικές διαδικασίες υπόθεσης πλήρους γνώσης	648
15.10	Κοινωνικός αντίκτυπος	649
15.11	Επανάληψη	650
15.12	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	650

15.13	Ασκήσεις	650
16	Γράφοι γνώσης και οντολογίες	655
16.1	Γράφοι γνώσης	655
16.1.1	Τριπλέτες	655
16.1.2	Άτομα και αναγνωριστικά	658
16.1.3	Γραφικές αναπαραστάσεις	659
16.2	Κλάσεις και ιδιότητες	661
16.2.1	Ιεραρχίες κλάσεων και ιδιοτήτων	661
16.2.2	Σχεδίαση κλάσεων	664
16.3	Οντολογίες και διαμοιρασμός γνώσης	667
16.3.1	Περιγραφική λογική	670
16.3.2	Οντολογίες ανώτατου επιπέδου	675
16.4	Κοινωνικός αντίκτυπος	677
16.5	Επανάληψη	678
16.6	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	678
16.7	Ασκήσεις	679
17	Σχεσιακή μάθηση και πιθανοτική συλλογιστική	681
17.1	Από σχέσεις σε χαρακτηριστικά και τυχαίες μεταβλητές	682
17.2	Μοντέλα που βασίζονται στην ενσωμάτωση	683
17.2.1	Μάθηση μιας δυαδικής σχέσης	683
17.2.2	Μάθηση γράφων γνώσης	689
17.3	Μάθηση της αλληλεξάρτησης των σχέσεων	691
17.3.1	Σχεσιακά πιθανοτικά μοντέλα	691
17.3.2	Συλλογική ταξινόμηση και πληθοπορισμός	696
17.3.3	Γλώσσα και θεματικά μοντέλα	698
17.3.4	Μερικές συγκεκριμένες αναπαραστάσεις	700
17.4	Αβεβαιότητα ύπαρξης και ταυτότητας	703
17.5	Κοινωνικός αντίκτυπος	704
17.6	Επανάληψη	705
17.7	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	705
17.8	Ασκήσεις	706
VI	Η μεγάλη εικόνα	709
18	Ο κοινωνικός αντίκτυπος της τεχνητής νοημοσύνης	711
18.1	Η ψηφιακή οικονομία	712
18.2	Αξίες και μεροληψία	713
18.3	Ανθρωποκεντρική τεχνητή νοημοσύνη	714
18.4	Εργασία και αυτοματοποίηση	716
18.5	Μεταφορές	717
18.6	Βιωσιμότητα	718
18.7	Ηθική	721
18.8	Διακυβέρνηση και κανονισμοί	724
18.9	Επανάληψη	725
18.10	Ασκήσεις	726
19	Αναδρομή και προοπτική	727
19.1	Ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης	727
19.2	Αναθεώρηση του χώρου σχεδίασης πρακτόρων	729
19.3	Ατενίζοντας το μέλλον	733
19.4	Αναφορές και περαιτέρω μελέτη	735
19.5	Ασκήσεις	735

Παράρτημα Α Βασικές μαθηματικές έννοιες και παραστάσεις	737
A.1 Κυλιόμενος μέσος όρος	737
A.2 Διακριτά μαθηματικά	738
A.3 Συναρτήσεις, παράγοντες και πίνακες	739
A.4 Σχέσεις και η σχεσιακή άλγεβρα	740
Παράρτημα Β Αντιστοίχιση με πακέτα ανοικτού κώδικα	743
B.1 Δέντρα με ενίσχυση κλίσης	743
B.2 Βαθιά μάθηση	743
Βιβλιογραφία	747