

Δ΄ Έκδοση

Τεχνητή Νοημοσύνη

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης
Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου



ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
Η ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	VI
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	IX
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	XI
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	1
1.1.1 Ορισμός της Νοημοσύνης.....	2
1.1.2 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	3
1.1.3 Προσεγγίσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης	4
1.1.4 Η δοκιμασία Turing	5
1.1.5 Σχέση της Τεχνητής Νοημοσύνης με τη Νοημοσύνη	6
1.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ	7
1.3 Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΗΜΕΡΑ.....	12
1.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	19
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	21
ΜΕΡΟΣ Α: ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	23
2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΛΥΣΗΣ	25
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	25
2.1.1 Περιγραφή Προβλήματος με Χώρο Καταστάσεων.....	28
2.1.2 Περιγραφή Προβλήματος με Αναγωγή σε απλούστερα.....	35
2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	36
2.2.1 Χώρος Αναζήτησης.....	38
2.2.2 Χαρακτηριστικά Αλγορίθμων	39
2.2.3 Διαδικασία Επιλογής ενός Αλγορίθμου Αναζήτησης.....	40
2.2.4 Ένας Γενικός Αλγόριθμος Αναζήτησης.....	41
2.3 ΠΛΗΡΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	43
2.3.1 Αεροπορική Εταιρία Αναθέτει Πτήσεις στους Πιλότους της.	43
2.3.2 Εύρεση διαδρομής.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΤΥΦΛΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	49
3.1 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΩΤΑ ΣΕ ΒΑΘΟΣ	51
3.2 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΩΤΑ ΣΕ ΠΛΑΤΟΣ	54
3.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗΣ ΕΚΒΑΘΥΝΣΗΣ	57
3.4 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	59
3.5 ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΚΑΙ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ	60
3.6 ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ.....	65
3.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΥΦΛΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ.....	67

3.7.1	Αεροπορική Εταιρία Αναθέτει Πτήσεις στους Πιλότους της	67
3.7.2	Εύρεση Διαδρομής	68
3.7.3	Σύγκριση DFS, BFS και ID.....	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71
4	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΥΡΕΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ.....	73
4.1	ΕΥΡΕΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ.....	73
4.1.1	Ευρετικές Συναρτήσεις σε Μικρά Προβλήματα	75
4.2	ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΩΤΑ ΣΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ	77
4.3	ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΜΕ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗ ΛΟΦΩΝ	80
4.3.1	Ακτινωτή Αναζήτηση	82
4.3.2	Αναζήτηση με Απαγορευμένες Καταστάσεις	83
4.3.3	Εξαναγκασμένη Αναρρίχηση Λόφου.....	84
4.3.4	Προσομοιωμένη Ανόπτηση	84
4.4	Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ A* (ΑΛΦΑ-ΑΣΤΡΟ)	85
4.4.1	A* με Επαναληπτική Εκβάθυνση	87
4.5	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΕΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	89
4.5.1	N-puzzle.....	89
4.5.2	Εύρεση διαδρομής	90
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	90
5	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΠΑΙΓΝΙΑ ΔΥΟ ΑΝΤΙΠΑΛΩΝ	93
5.1	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΙΓΝΙΑ	94
5.2	Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ MINIMAX	95
5.3	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ MINIMAX.....	97
5.3.1	Τρίλιζα.....	97
5.3.2	Σκάκι	98
5.3.3	NIM	100
5.4	Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ALPHA-BETA.....	101
5.4.1	Εφαρμογή του AB σε δένδρα μεγαλύτερου βάθους	102
5.5	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ALPHA-BETA ΜΕ ΤΟΝ MINIMAX	103
5.6	ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ	105
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	108
6	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ	109
6.1	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	109
6.2	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ	111
6.3	ΚΛΑΣΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	113
6.4	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ	118
6.4.1	Ο Αλγόριθμος AC-3	120
6.4.2	K-συνέπεια.....	121
6.5	ΣΥΝΔΥΑΖΟΝΤΑΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ.....	122
6.6	ΜΕΤΑ-ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	127
6.7	ΚΑΘΟΛΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	131
6.8	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΣΕΩΝ	133
6.9	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ.....	134
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135

7	ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ.....	137
7.1	ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΤΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	137
7.2	ΓΕΝΙΚΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	139
7.3	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	141
7.3.1	Κωδικοποίηση Υποψήφιων Λύσεων.....	142
7.3.2	Αρχικοποίηση Πληθυσμού.....	148
7.3.3	Συνάρτηση Καταλληλότητας.....	149
7.3.4	Μηχανισμός Επιλογής Γονέων	151
7.3.5	Αναπαραγωγή (ή Διασταύρωση).....	156
7.3.6	Μετάλλαξη	170
7.3.7	Δημιουργία Επόμενης Γενιάς.....	175
7.3.8	Συνθήκες Τερματισμού	176
7.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	177
7.5	ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	178
7.6	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	180
7.6.1	Ακρότατα Αριθμητικών Συναρτήσεων.....	181
7.6.2	Συνδυαστική Βελτιστοποίηση	181
7.6.3	Σχεδίαση	182
7.6.4	Χημεία & Φαρμακοβιομηχανία	184
7.6.5	Μηχανική Μάθηση	184
7.6.6	Άλλες Εφαρμογές	185
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	185
	ΜΕΡΟΣ Β: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΝΩΣΗΣ & ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ.....	187
8	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ.....	189
8.1	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΝΩΣΗΣ.....	189
8.1.1	Δεδομένα, Πληροφορία και Γνώση	189
8.1.2	Είδη Γνώσης.....	191
8.1.3	Κριτήρια Αξιολόγησης Μεθόδων Αναπαράστασης Γνώσης.....	192
8.1.4	Διαδικαστική Αναπαράσταση.....	192
8.2	ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ	193
8.2.1	Είδη Συλλογιστικής	194
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	196
9	ΛΟΓΙΚΗ	199
9.1	ΠΡΟΤΑΣΙΑΚΗ ΛΟΓΙΚΗ	200
9.1.1	Λογικές Ισοδυναμίες και Κανονικές Μορφές	202
9.1.2	Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων	204
9.2	ΚΑΤΗΓΟΡΗΜΑΤΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ	209
9.2.1	Σημασιολογία	211
9.2.2	Ισοδυναμίες και Κανονικές Μορφές	219
9.2.3	Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων	226
9.2.4	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	232
9.3	ΜΗ-ΜΟΝΟΤΟΝΗ ΛΟΓΙΚΗ.....	232
9.3.1	Αναιρέσιμη Λογική	234
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	240

10 ΔΟΜΗΜΕΝΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΝΩΣΗΣ	243
10.1 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	243
10.2 ΠΛΑΙΣΙΑ.....	248
10.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ	253
10.4 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ	255
10.5 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗ.....	258
10.6 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	260
10.7 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΓΡΑΦΟΙ.....	262
10.7.1 Δομικά Στοιχεία και Βασικές Έννοιες.....	262
10.7.2 Εννοιολογικοί Γράφοι και Λογική	266
10.7.3 Κανόνες Ορθής Διαμόρφωσης	267
10.7.4 Κανόνες Εξαγωγής Συμπερασμάτων	270
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	273
11 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΝΟΝΩΝ	275
11.1 ΕΙΔΗ ΚΑΝΟΝΩΝ	275
11.1.1 Παράδειγμα Αναπαράστασης Γνώσης με Κανόνες	277
11.1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κανόνων.....	278
11.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	278
11.2.1 Εξαγωγή Συμπερασμάτων	279
11.2.2 Σειρά Εκτέλεσης Κανόνων.....	283
11.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	287
11.3.1 Η Δομή ενός Συστήματος Παραγωγής.....	288
11.3.2 Κύκλος Λειτουργίας ενός Συστήματος Παραγωγής	288
11.3.3 Ενεργοποίηση Κανόνων	289
11.3.4 Επίλυση Συγκρούσεων	295
11.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΚΑΝΟΝΩΝ ΜΕ ΠΛΑΙΣΙΑ	303
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	304
12 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	307
12.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	307
12.2 ΧΡΟΝΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ.....	308
12.2.1 Λογική Υπολογιστικού Δένδρου.....	311
12.2.2 Εφαρμογές Χρονικής Λογικής.....	313
12.3 ΛΟΓΙΚΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ	313
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	314
13 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ.....	317
13.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ	318
13.1.1 Τι είναι πιθανότητα;.....	318
13.1.2 Βασικές Έννοιες Πιθανοτήτων	319
13.2 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΥΕΣ.....	321
13.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	322
13.3.1 Συντελεστές Βεβαιότητας και Πιθανότητες.....	323
13.3.2 Υπολογισμός Συντελεστών Βεβαιότητας	324
13.3.3 Συντελεστές Βεβαιότητας στα Γεγονότα	325
13.3.4 Υπολογισμοί με CF	326

13.3.5 Παρατηρήσεις	327
13.4 ΔΙΚΤΥΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΟΥ	327
13.4.1 Δίκτυα Πιθανοτήτων	328
13.4.2 Δίκτυα Συμπερασμού	329
13.5 ΘΕΩΡΙΑ DEMPSTER-SHAFER	331
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	334
14 ΑΣΑΦΕΙΑ	337
14.1 ΠΗΓΕΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ	337
14.2 ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΑΣΑΦΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ	339
14.2.1 Ασαφές Σύνολο και Συνάρτηση Συμμετοχής	339
14.2.2 Ιδιότητες Ασαφών Συνόλων	342
14.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΑΦΟΥΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ	345
14.3.1 Ασαφείς Μεταβλητές, Αριθμοί και Προτάσεις	345
14.3.2 Ασαφείς Σχέσεις	346
14.3.3 Πράξεις με Ασαφείς Σχέσεις	347
14.4 ΑΣΑΦΕΙΣ ΚΑΝΟΝΕΣ	348
14.4.1 Σχέση Συνεπαγωγής Ασαφών Κανόνων	349
14.4.2 Συλλογιστικές Διαδικασίες GMP και GMT	352
14.4.3 Συνάθροιση Αποτελεσμάτων	355
14.4.4 Απο-ασαφοποίηση	357
14.5 ΑΣΑΦΗΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΣ	359
14.5.1 Ασαφής Συλλογιστική Mandani	360
14.5.2 Ασαφής Συλλογιστική Sugeno	362
14.5.3 Ασαφής Συλλογιστική Tsukamoto	363
14.6 Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ	364
14.7 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΣΑΦΟΥΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ	368
14.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	370
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	371
ΜΕΡΟΣ Γ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	373
15 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	375
15.1 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ – ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ STRIPS	376
15.1.1 Παραδοχές του Μοντέλου STRIPS	376
15.1.2 Αναπαράσταση Καταστάσεων	377
15.1.3 Αναπαράσταση Ενεργειών	379
15.1.4 Ορισμός Προβλήματος Σχεδιασμού	380
15.1.5 Διαγραμματική Αναπαράσταση Πλάνων	381
15.1.6 Μειονεκτήματα του Μοντέλου STRIPS	383
15.1.7 Το Πρόβλημα του Πλαισίου και η Αναπαράσταση STRIPS	384
15.1.8 Η γλώσσα αναπαράστασης PDDL	384
15.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	385
15.2.1 Διάσχιση του Χώρου Αναζήτησης	386
15.2.2 Σύγκριση Ορθής και Ανάστροφης Διάσχισης	390
15.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΠΛΑΝΩΝ	391
15.3.1 Αναπαράσταση Μη-Γραμμικών Πλάνων	392

15.3.2	Αλγόριθμος Παραγωγής Μερικώς Διατεταγμένων Πλάνων	394
15.3.3	Χρήση μη-Συγκεκριμένων Ενεργειών	397
15.4	ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΛΑΝΩΝ ΑΠΟ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΕΣ	398
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	399
16	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ.....	401
16.1	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΠΛΑΝΩΝ ΜΕ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΔΙΑΣΧΙΣΗ	401
16.2	ΒΑΘΜΙΑΙΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ	403
16.3	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΧΡΟΝΟ	405
16.3.1	Σχεδιασμός με Χρονικές Στιγμές.....	405
16.3.2	Σχεδιασμός με Χρονικά Διαστήματα	408
16.4	ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΛΑΝΩΝ	409
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	413
17	ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	415
17.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ ΓΡΑΦΟΥΣ	415
17.1.1	Επέκταση του Γράφου Σχεδιασμού	416
17.1.2	Εξαγωγή Λύσης	419
17.2	Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΑΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	420
17.2.1	Κωδικοποίηση Προβλημάτων	421
17.2.2	Επίλυση των Προβλημάτων	422
17.3	Άλλες Εξελιγμένες Τεχνικές Σχεδιασμού	424
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	427
	ΜΕΡΟΣ Δ: ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ & ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΓΝΩΣΗΣ.....	429
18	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ.....	431
18.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	431
18.2	ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΕΠΙΒΛΕΨΗ	437
18.3	ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ	440
18.3.1	Γραμμική Παρεμβολή.....	440
18.3.2	Μη Γραμμικά Μοντέλα – Πολυωνυμική Παρεμβολή	445
18.3.3	Γραμμικοί Ταξινομητές.....	446
18.4	ΜΑΘΗΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ	449
18.5	ΔΕΝΔΡΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ/ΑΠΟΦΑΣΗΣ	452
18.5.1	Ο Αλγόριθμος ID3.....	455
18.5.2	Ο Αλγόριθμος C4.5.....	460
18.5.3	Ο Αλγόριθμος Τυχαίου Δάσους.....	463
18.6	ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ.....	465
18.6.1	Μάθηση Προτασιακών Κανόνων Ταξινόμησης.....	466
18.6.2	Μάθηση Κανόνων Ταξινόμησης Πρώτης Τάξης	468
18.7	ΜΑΘΗΣΗ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	468
18.7.1	Ο Αλγόριθμος των k-Πλησιέστερων Γειτόνων	469
18.7.2	Πλησιέστεροι Γείτονες Σταθμισμένης Απόστασης	470
18.7.3	Σχόλια για τον k-NN	470
18.7.4	Μετρικές απόστασης/ομοιότητας.....	473
18.8	ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΤΑ ΒΑΥΕΣ.....	477
18.8.1	Πιθανότητα υπό Συνθήκη και Νόμος του Bayes	477

18.8.2	Νόμος του Bayes και Μηχανική Μάθηση.....	478
18.8.3	Πιθανοκρατικοί Ταξινομητές.....	479
18.9	ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	485
18.9.1	Η Βασική Ιδέα των SVM	485
18.9.2	Γραμμικές SVM.....	486
18.9.3	Μη γραμμικές SVM	488
18.9.4	Παρεμβολή Διανυσμάτων Υποστήριξης	490
18.9.5	Αξιολόγηση των SVM	491
18.10	ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΒΛΕΨΗ	491
18.10.1	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (συνοπτικά).....	492
18.10.2	Πρόβλεψη Πολλαπλών Μεταβλητών	493
18.10.3	Ημι-επιβλεπόμενη Μάθηση.....	494
18.11	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	495
18.11.1	Bagging.....	496
18.11.2	Boosting.....	497
18.11.3	Stacking	499
18.11.4	ECOC - Κωδικοποίηση διόρθωσης σφαλμάτων εξόδου.....	500
18.12	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	502
18.12.1	Μέθοδοι Αξιολόγησης/Επαλήθευσης Μοντέλων.....	502
18.12.2	Πολυπλοκότητα μοντέλου	504
18.12.3	Πρόβλεψη Απόδοσης	507
18.12.4	Μετρικές Αξιολόγησης Ταξινόμησης.....	510
18.12.5	Ανάλυση ROC.....	512
18.12.6	Μετρικές Αξιολόγησης Παρεμβολής	517
18.13	ΜΑΘΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΒΛΕΨΗ.....	520
18.13.1	Κανόνες Συσχέτισης	520
18.13.2	Ομάδες.....	530
18.14	ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ.....	539
18.14.1	Το πλαίσιο της ενισχυτικής μάθησης	540
18.14.2	Μοντέλα βέλτιστης συμπεριφοράς.....	541
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	542
19	ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	547
19.1	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	547
19.2	ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	549
19.3	ΕΙΔΗ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	551
19.4	ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΝΕΥΡΩΝΑ	553
19.4.1	Συνάρτηση Ενεργοποίησης	554
19.4.2	Πόλωση	556
19.4.3	Λογικές Συναρτήσεις με Τεχνητό Νευρώνα	557
19.5	ΤΝΔ ΠΡΟΣΘΙΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ	558
19.5.1	Perceptron	558
19.5.2	ΤΝΔ Πολλαπλών Επιπέδων	564
19.5.3	Προβλήματα στην Εκπαίδευση ΤΝΔ.....	573
19.6	ΜΝΗΜΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	582
19.6.1	Γραμμικοί Συσχετιστές	583

19.6.2	Δίκτυα Hopfield	587
19.6.3	Μνήμες Συσχέτισης Διπλής Κατεύθυνσης	590
19.7	ΤΝΔ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ	592
19.7.1	Μοντελοποίηση Ανταγωνισμού.....	592
19.7.2	Δίκτυα Kohonen	593
19.8	ΑΥΤΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ	598
19.9	ΒΑΘΙΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	599
19.9.1	CNN	600
19.9.2	RNN	609
19.9.3	GAN	615
19.10	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	616
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	618
20	ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	619
20.1.	ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΓΝΩΣΗΣ	622
20.1.1	Επιλογή.....	622
20.1.2	Προεπεξεργασία	623
20.1.3	Μετασχηματισμός	623
20.1.4	Εξόρυξη - Επιλογή Αλγορίθμου και Εφαρμογή του	630
20.1.5	Ερμηνεία και Αξιολόγηση.....	630
20.2.	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΓΝΩΣΗΣ	631
20.3.	ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΓΝΩΣΗΣ.....	633
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	635
	ΜΕΡΟΣ Ε: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΝΩΣΗΣ	637
21	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ.....	639
21.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ	641
21.1.1	Συστήματα Γνώσης και Συμβατικά Προγράμματα	643
21.1.2	Συστήματα Γνώσης και Άνθρωποι-Ειδικοί	645
21.1.3	Εφαρμογές των Συστημάτων Γνώσης	647
21.2	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ.....	649
21.2.1	Δομή και Λειτουργία	649
21.2.2	Αρχιτεκτονική Μαυροπίνακα	653
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	658
22	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΝΩΣΗΣ	661
22.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ	661
22.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ KADS	665
22.3	ΕΚΜΑΙΕΥΣΗ ΓΝΩΣΗΣ	669
22.3.1	Προβλήματα στη Διαδικασία Εκμάτευσης της Γνώσης.....	670
22.3.2	Μεθοδολογίες Εκμάτευσης Γνώσης	673
22.4	ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ.....	679
22.4.1	Επαλήθευση	680
22.4.2	Έλεγχος Αξιοπιστίας	686
22.5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	689
22.5.1	Καθορισμός εμβέλειας	690
22.5.2	Επαναχρησιμοποίηση	691

22.5.3	Απαρίθμηση Όρων	691
22.5.4	Ορισμός Κλάσεων και Ταξινόμιας.....	692
22.5.5	Ορισμός Ιδιοτήτων	698
22.5.6	Ορισμός όψεων ιδιοτήτων	700
22.5.7	Ορισμός Στιγμιοτύπων.....	703
22.6	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ	703
22.6.1	Γλώσσες Προγραμματισμού ΤΝ	705
22.6.2	Εργαλεία Τεχνολογίας Γνώσης	709
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	716
23	ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΕΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ	721
23.1	ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΜΟΝΤΕΛΑ	721
23.1.1	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	723
23.1.2	Μελέτη Περίπτωσης.....	724
23.2	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ.....	729
23.2.1	Γλώσσα QSIM.....	730
23.2.2	Παράδειγμα Ποιοτικής Προσομοίωσης	731
23.3	ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	735
23.3.1	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	738
23.3.2	Μελέτη Περίπτωσης.....	739
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	743
	ΜΕΡΟΣ ΣΤ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΗΣ	745
24	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	747
24.1	ΕΥΡΕΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	748
24.2	ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	750
24.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	753
24.3.1	Παραγωγή και Δοκιμή.....	753
24.3.2	Από τα Δεδομένα σε Πιθανές Λύσεις.....	753
24.3.3	Ιεραρχική Κατηγοριοποίηση Οδηγούμενη από τις Λύσεις	754
24.3.4	Ιεραρχική Κατηγοριοποίηση Οδηγούμενη από τα Δεδομένα	755
24.4	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	757
24.4.1	Κατηγοριοποίηση Χημικών Ενώσεων.....	757
24.4.2	Κατηγοριοποίηση Μολυσματικών Ασθενειών	759
24.4.3	Κατηγοριοποίηση Ορυκτών Κοιτασμάτων	765
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	769
25	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ	773
25.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	773
25.1.1	Παράδειγμα Προβλήματος Διαμόρφωσης	774
25.1.2	Κρίσιμα Ζητήματα στη Διαμόρφωση.....	776
25.2	ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.....	777
25.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	779
25.3.1	Επέκταση και Διευθέτηση	779
25.3.2	Σταδιακή Εργασία με Πρόβλεψη.....	780
25.3.3	Πρόταση και Αναθεώρηση.....	781
25.4	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	782

25.4.1	Διαμόρφωση Υπολογιστικών Συστημάτων	782
25.4.2	Διαμόρφωση Θεραπείας	787
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	789
26	ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ	791
26.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ	791
26.2	ΓΕΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ	792
26.2.1	Χώροι Αναζήτησης	792
26.2.2	Βασικές Λειτουργίες της Διάγνωσης	794
26.3	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ	795
26.3.1	Είδος Μοντέλου	796
26.3.2	Πολυπλοκότητα Βλάβης	797
26.3.3	Ιεραρχία Υποθέσεων	799
26.3.4	Αλληλεπίδραση Βλαβών	799
26.4	ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ	801
26.4.1	Εντροπία του Shannon	801
26.5	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	803
26.5.1	Διάγνωση Βλαβών σε Υπολογιστές	804
26.5.2	Διάγνωση Ασθενειών	806
26.5.3	Διάγνωση Βλαβών σε Ηλεκτρικά Κυκλώματα	810
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	813
	ΜΕΡΟΣ Ζ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ	817
27	ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ	819
27.1	ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ	820
27.1.1	Ορισμοί Πρακτόρων	821
27.1.2	Χαρακτηριστικά Πρακτόρων	823
27.2	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΙ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΙ	824
27.3	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΚΑΙ ΑΦΗΡΗΜΕΝΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ	826
27.3.1	Περιβάλλοντα Πρακτόρων	826
27.3.2	Αφηρημένες Αρχιτεκτονικές Πρακτόρων	827
27.4	ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΜΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	830
27.4.1	Πράκτορες Βασισμένοι στη Λογική	830
27.4.2	Πράκτορες με Πεπιοθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις	831
27.5	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΙΚΟΙ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ	834
27.6	ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ	838
27.7	ΜΙΑ ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ BDI ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ	840
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	845
28	ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	847
28.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ	848
28.1.1	Επικοινωνία και Αλληλεπίδραση	849
28.2	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΙ ΓΛΩΣΣΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	851
28.2.1	Η Γλώσσα Επικοινωνίας KQML	853
28.2.2	Η Γλώσσα Επικοινωνίας FIPA ACL	858
28.3	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ	861
28.4	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ	862

28.4.1	Πρωτόκολλα Σύναψης Συμβολαίων.....	863
28.5	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ	867
28.5.1	Πλειστηριασμοί	867
28.5.2	Διαπραγμάτευση σε πεδία προσανατολισμένα σε εργασίες.....	871
28.6	ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	874
28.6.1	Συνεπταγωγική Επιχειρηματολογία.....	875
28.6.2	Αφηρημένη Επιχειρηματολογία.....	877
28.7	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	879
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	881
29	ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	883
29.1	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ	883
29.1.1	Διασυνδεδεμένα Δεδομένα	885
29.1.2	Σημασιολογικός Ιστός και Τεχνητή Νοημοσύνη.....	887
29.1.3	Σημασιολογικός Ιστός και Οντολογίες.....	888
29.1.4	Σημασιολογικός Ιστός και Πράκτορες	889
29.2	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ.....	891
29.2.1	Κωδικοποίηση Χαρακτήρων, Προσδιορισμός Οντοτήτων	892
29.2.2	Συντακτικό Επίπεδο Αναπαράστασης Δεδομένων	893
29.2.3	Μοντέλο Αναπαράστασης Δεδομένων.....	895
29.2.4	Λεξιλόγιο Αναπαράστασης Δεδομένων	895
29.2.5	Οντολογίες	896
29.2.6	Κανόνες	896
29.2.7	Ερωτήσεις πάνω στα Δεδομένα	897
29.2.8	Λογική και Αποδείξεις	897
29.2.9	Έλεγχος Αξιοπιστίας.....	898
29.3	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ.....	899
29.3.1	Το Μοντέλο Δεδομένων RDF	899
29.3.2	Η Γλώσσα Οντολογιών Ιστού OWL	912
29.3.3	Η Γλώσσα Ερωταπαντήσεων SPARQL.....	922
29.3.4	Γλώσσες Κανόνων στον Σημασιολογικό Ιστό	926
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	938
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	941