
Εισαγωγή στη Ρομποτική

Μηχανική και Αυτόματος Έλεγχος

John J. Craig

Τρίτη Έκδοση

Επιστημονική Επιμέλεια Μετάφρασης:
Γωγούσης Αριστείδης, Καθηγητής Ρομποτικής
Ph.D. (Παν/μιο Minnesota), Dr. Phil. (Α.Π.Θ.)

Μετάφραση - Τεχνική διασκευή:
Νικόλαος Κωφίδης, Ph.D.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Αποκλειστικότητα για την ελληνική γλώσσα:

Introduction to Robotics, Mechanics and Control

John J. Craig

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Κεντρικό: Φιλίππου 91, Τ.Κ. 54635, Τηλ. 2310 247887, 2310 213912, Fax 2310 210729

Αρμενοπούλου 23, Τ.Κ. 54635 Θεσσαλονίκη, Τηλ./Fax 2310 219184

Υποκατάστημα: Κων. Μελενίκου 3, Τ.Κ. 54635, Τηλ. 2310 211823, Fax 2310 201274

Internet:

e-mail: info@tziola.gr

<http://www.tziola.gr>

Κατάστημα Αθηνών:

Πεσμαζόγλου 5 (Πανεπιστημίου 39)

ΣΤΟΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ - Αρσάκειο Μέγαρο

Κατάστημα 18,105 64,

Τηλ./Fax 210 3211097

Copyright © 2009 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Copyright © Pearson Education

ISBN 978-960-418-160-5

***Απαγορεύεται** η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου με οποιοδήποτε μέσο (**φωτοτυπία**, εκτύπωση, μικροφίλμ, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών ή άλλη μηχανική ή ηλεκτρονική μέθοδο) χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη.*

No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	13
Εισαγωγή	13
1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	13
1.2 Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ & Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ	16
1.3 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	37
Χωρικές Αναπαραστάσεις και Μετασχηματισμοί	37
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	37
2.2 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ: ΘΕΣΕΙΣ, ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΑ	38
2.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΑΠΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΟ	44
2.4 ΤΕΛΕΣΤΕΣ: ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ, ΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	51
2.5 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΜΗΝΕΙΩΝ	57
2.6 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	58
2.7 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	61
2.8 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ: ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ	64
2.9 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΩΝ	79
2.10 ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	95
Κινηματική Ρομποτικών Βραχιόνων	95
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	95
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	96
3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΛΩΝ	99
3.4 ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΗΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΤΑ ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	102
3.5 Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	110
3.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ, ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΙ ΧΩΡΟΙ	113
3.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ: ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΔΥΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	114
3.8 ΕΠΩΝΥΜΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	127
3.9 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ	130
3.10 ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	143
Το πρόβλημα της αντίστροφης κινηματικής	143
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	143
4.2 ΕΠΙΛΥΣΙΜΟΤΗΤΑ	144

4.3 Ο ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΓΙΑ $n < 6$	151
4.4 ΑΛΓΕΒΡΙΚΗ ΕΝΑΝΤΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	154
4.5 ΑΛΓΕΒΡΙΚΗ ΛΥΣΗ ΜΕ ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΗ ΑΝΑΓΩΓΗ	160
4.6 Η ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΡΙΕΡΕΡ ΟΤΑΝ ΤΡΕΙΣ ΑΞΟΝΕΣ ΤΕΜΝΟΝΤΑΙ	161
4.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ	164
4.8 ΤΑ ΕΠΩΝΥΜΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	175
4.9 Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ SOLVE	177
4.10 ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑ	178
4.11 ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ	179

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	189
<i>Ιακωβιανές: Ταχύτητες και στατικές δυνάμεις</i>	189

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	189
5.2 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ & ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ...	190
5.3 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	193
5.4 ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ: ΜΙΑ ΕΜΠΕΡΙΣΤΑΤΩΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	197
5.5 Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ	202
5.6 Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΜΕΛΟΣ ΣΕ ΜΕΛΟΣ	202
5.7 ΙΑΚΩΒΙΑΝΕΣ	207
5.8 ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΕΣ	210
5.9 ΟΙ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ	213
5.10 ΟΙ ΙΑΚΩΒΙΑΝΕΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	217
5.11 ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	219

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	229
<i>Δυναμική ρομποτικών βραχιόνων</i>	229

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	229
6.2 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ	230
6.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ	232
6.4 Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΥΤΟΝ ΚΑΙ Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ EULER	238
6.5 Η ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΝΕΥΤΟΝ–EULER	239
6.6 ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	244
6.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	245
6.8 Η ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	249
6.9 Η ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ LAGRANGE ΓΙΑ ΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ	251
6.10 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	256
6.11 ΣΥΝΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΗ ΑΚΑΜΠΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	260
6.12 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	261
6.13 ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ	262

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	277
<i>Η δημιουργία οδεύσεων</i>	277

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	277
7.2 ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	278

7.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	280
7.4 ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	298
7.5 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΩΝ ΟΔΕΥΣΕΩΝ	302
7.6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ	305
7.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΓΛΩΣΣΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ	307
7.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	308
7.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ	309

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	317
<i>Ο σχεδιασμός των μηχανισμών του βραχίονα</i>	<i>317</i>

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	317
8.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ	318
8.3 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ	322
8.4 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	330
8.5 ΠΛΕΟΝΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΔΟΜΕΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	333
8.6 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ	336
8.7 ΣΤΙΒΑΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ	339
8.8 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΣΗΣ	346
8.9 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	347

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	361
<i>Γραμμικός έλεγχος βραχιόνων</i>	<i>361</i>

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	361
9.2 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ	362
9.3 ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΤΑΞΗΣ	365
9.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΤΑΞΗΣ	373
9.5 ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΑΝΟΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	375
9.6 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΡΕΙΑΣ – ΑΚΟΛΟΥΘΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	378
9.7 ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ	379
9.8 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	381
9.9 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΛΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	382
9.10 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ.....	391

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	399
<i>Μη γραμμικός έλεγχος βραχιόνων</i>	<i>399</i>

10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	399
10.2 ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΧΡΟΝΟΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	400
10.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ–ΕΙΣΟΔΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ–ΕΞΟΔΟΥ	405
10.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ	406
10.5 ΜΙΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	408
10.6 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	413
10.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΛΥΑΡΥΝΟΝ	416
10.8 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ	422
10.9 ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	428

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	435
<i>Έλεγχος δύναμης ρομποτικών βραχιόνων</i>	435
11.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	435
11.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	436
11.3 ΣΧΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ	437
11.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ/ΔΥΝΑΜΗΣ	444
11.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ – ΜΑΖΑΣ	445
11.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ/ΔΥΝΑΜΗΣ	449
11.7 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ	456
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12	465
<i>Συστήματα και γλώσσες προγραμματισμού των ρομπότ</i>	465
12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	465
12.2 ΤΑ ΤΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	466
12.3 ΜΙΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	469
12.4 ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ: ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ	472
12.5 ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ: ΙΔΙΟΜΟΡΦΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	477
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13	485
<i>Μη διασυνδεδεμένα συστήματα προγραμματισμού (OLP)</i>	485
13.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	485
13.2 ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ OLP	489
13.3 ΠΙΛΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ	495
13.4 ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΠΟΕΡΓΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ OLP	506
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	513
Τριγωνομετρικές ταυτότητες	513
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	515
Οι συμβάσεις των 24 γωνιο-συνόλων	515
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	519
Εξισώσεις αντίστροφης κινηματικής	519
<i>Λύσεις επιλεγμένων ασκήσεων</i>	521
<i>Ευρετήριο</i>	531