

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ



## Πτυχιακή εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΚΑΙ  
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΣΤΟ AUTOCAD

Αγλαΐα Τσιάτταλου, Μαρία Αλβάνη

Λεμεσός 2011



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

## **Πτυχιακή εργασία**

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΚΑΙ  
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΣΤΟ AUTOCAD

Αγλαΐα Τσιάτταλου, Μαρία Αλβάνη

Επιβλέπων:

Δρ. Κωνσταντίνος Χριστοδούλου

Λεμεσός 2011

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Αγλαΐα Τσιάτταλου & Μαρία Αλβάνη, [2011]

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον Δρ. Κωνσταντίνο Χριστοδούλου, για την συνεχή βοήθεια που μας πρόσφερε και που ήταν πάντα δίπλα μας όποτε τον χρειαζόμασταν.

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι με την βοήθεια του λογισμικού AutoCAD να σχεδιαστούν σε δυσδιάστατη ή και τρισδιάστατη μορφή όπου είναι δυνατόν, βασικοί τύποι αισθητήρων/μετατροπέων και να δημιουργηθεί μια σχετική βάση δεδομένων (βιβλιοθήκη). Σε αυτή την βιβλιοθήκη θα μπορεί να έχει πρόσβαση ένας φοιτητής για να εξοικειωθεί και να κατανοήσει βασικές αρχές της λειτουργίας διάφορων αισθητήρων/μετατροπέων. Ταυτόχρονα η βιβλιοθήκη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από ένα μηχανικό για τον σχεδιασμό ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με τις έννοιες των όρων αισθητήρες, μετατροπείς και όργανα μέτρησης. Επίσης γίνεται αναφορά στον ρόλο και την χρησιμότητα τους όπως επίσης και τις διάφορες κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται.

Στο κυρίως μέρος της διπλωματικής εργασίας γίνεται μια επιλογή βασικών αισθητήρων/μετατροπέων από κάθε κατηγορία και υλοποιείται η λεπτομερής σχεδίαση και περιγραφή του καθενός με την βοήθεια του σχετικού λογισμικού.

Τέλος στο παράρτημα επισυνάπτονται φωτογραφίες καθώς και επιπρόσθετες πληροφορίες για κάθε αισθητήρα/μετατροπέα όπως αυτές έχουν αντληθεί από διάφορες πηγές.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Περίληψη	iv
1.1.	Κατάλογος Σχεδίων	viii
2.	Εισαγωγή	x
3.	Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας	xiii
4.	Περιγραφή Αισθητήρων /Μετατροπέων	1
4.1.	Μετατόπιση	1
4.1.1.	Γωνιόμετρο	1
4.1.2.	Μικρόμετρο	3
4.1.3.	Φωτοκύτταρο	5
4.1.4.	Ωμικός καθετήρας	7
4.1.5.	Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μεταβλητός Μετασχηματιστής	9
4.1.6.	Απλός επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης	11
4.1.7.	Σόναρ	13
4.1.8.	Επαγωγικός μετατροπέας	15
4.1.9.	Ανιχνευτής ελάχιστης στάθμης ψυκτικού-βενζινόμετρο	17
4.1.9.1.	Οδηγούμενος Πλωτήρας	17
4.1.10.	Αισθητήρας ραντάρ	19
4.2.	Θερμοκρασία	
4.2.1.	Θερμόμετρο βολβού υγρής αέριας φάσης	21
4.2.2.	Θερμόμετρο έλικα διμεταλλικού στοιχείου	23
4.2.3.	Υδραργυρικό θερμόμετρο	25
4.2.4.	Θερμίστορ με αντίσταση άνθρακος	27
4.2.5.	Θερμόμετρα θερμοαντίστασης λεπτού φιλμ με εγχάρακτους αγωγούς λευκόχρυσου	29
4.2.6.	Θερμοζεύγος	31
4.2.7.	Πυρόμετρο	33
4.2.8.	Ζεύγος αγωγών χαλκού-κονστανής	35

4.3. Πίεση-Δύναμη-Επιτάγχυνση	37
4.3.1. Απόλυτο πιεσόμετρο και μανόμετρο	38
4.3.2. Μανόμετρο στήλης υγρού θετικής και αρνητικής μανομετρικής πίεσης.	40
4.3.3. Μανόμετρο τύπου Bourdon κυκλικού τόξου	42
4.3.4. Μηχανική ελαστομηχανική διάταξη μέτρησης πίεσης	44
4.3.5. Βενζινοκινητήρας	46
4.3.6. Διαφορικός επαγωγικός αισθητήρας πίεσης	48
4.3.7. Πιεσόμετρο πολυμερούς πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου	50
4.3.8. Πιεζοαντίσταση τύπου φιλμ	52
4.3.9. Απόλυτο πιεσόμετρο φουσούνας	54
4.3.10. Πιεσόμετρο ελαστικού διαφράγματος μέτρησης της ελαστικής παραμόρφωσης	56
4.3.11. Μέτρηση δύναμης με ελαστικό στοιχείο ελαστικού δακτυλίου	58
4.3.12. Πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος	60
4.3.13. Επιταχυνσιόμετρο	62
4.3.14. Πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο	64
4.3.15. Επιταχυνσιόμετρο πιεζοαντιστάσεων	66
4.3.16. Ανιχνευτής σύγκρουσης οχήματος μαγνητικού διακόπτη	68
4.3.17. Γυροσκοπικός μικροαισθητήρας	70
4.4. Παροχή	
4.4.1. Σωλήνας Πιτώ	72
4.4.2. Ροόμετρο με Διάφραγμα	74
4.4.3. Ροόμετρα Θετικής Εκτόπισης	76
4.4.4. Μαγνητικό Ροόμετρο	78
4.4.5. Ανεμόμετρο τύπου περιστρεφόμενης έλικας	80
4.4.6. Ροτάμετρο	82
4.4.7. Μετρητή παροχής σε αντλίες υγρών καυσίμων	84
4.4.8. Ροόμετρο έλικα με αισθητήρα Χωλ	86
4.4.9. Ροόμετρο υπερήχων	88
4.4.10. Ροόμετρο θερμού σύρματος	90



4.5. Μέτρηση στροφών και Ροπή	92
4.5.1. Χρονομετρικό μηχανικό στροφόμετρο με μηχανική ένδειξη	93
4.5.2. Ταχύμετρο βελόνας με ηλεκτρική περιστροφική κίνηση	95
4.5.3. Επαγωγικό στροφόμετρο/αισθητήρα παλμών	97
4.5.4. Ροπόμετρο τύπου οδοντωτών τροχών	99
4.6. Ήχος	
4.6.1. Δυναμικό μικρόφωνο	101
4.6.2. Χωρητικό μικρόφωνο	103
4.6.3. Κεραμικό μικρόφωνο	105
4.6.4. Μικρόφωνο άνθρακα	107
5. Συμπέρασμα	109
6. Βιβλιογραφία	110
7. Παράρτημα	112

## 1.1. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

Όνομα αισθητήρα/μετατροπέα	Σελίδα
Γωνιόμετρο	2
Μικρόμετρο	4
Φωτοκύτταρο	6
Ωμικός καθετήρας	8
Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής	10
Απλός επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης	12
Σόναρ	14
Επαγωγικός μετατροπέας	16
Ανιχνευτής ελάχιστης στάθμης ψυκτικού-βενζινόμετρο	18
Αισθητήρας ραντάρ	20
Θερμόμετρο βολβού υγρής αέριας φάσης	22
Θερμόμετρο έλικα διμεταλλικού στοιχείου	24
Υδραργυρικό θερμόμετρο	26
Θερμίστορ με αντίσταση άνθρακος	28
Θερμόμετρα θερμοαντίστασης λεπτού φιλμ με εγχάρακτους αγωγούς λευκόχρυσου	30
Θερμοζεύγος	32
Πυρόμετρο	34
Ζεύγος αγωγών χαλκού-κωνστανής	36
Απόλυτο πιεσόμετρο και μανόμετρο	39
Μανόμετρο στήλης υγρού θετικής και αρνητικής μανομετρικής πίεσης.	41
Μανόμετρο τύπου Bourdon κυκλικού τόξου	43
Μηχανική ελαστομηχανική διάταξη μέτρησης πίεσης	45
Βενζινοκινητήρας	47
Διαφορικός επαγωγικός αισθητήρας πίεσης	49
Πιεσόμετρο πολυμερούς πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου	51
Πιεζοαντίσταση τύπου φιλμ	53
Απόλυτο πιεσόμετρο φυσούνας	55

Πιεσόμετρο ελαστικού διαφράγματος μέτρησης της ελαστικής παραμόρφωσης	57
Μέτρηση δύναμης με ελαστικό στοιχείο ελαστικού δακτυλίου	59
Πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος	61
Επιταγχνσιόμετρο	63
Πιεζοηλεκτρικό επιταγχνσιόμετρο	65
Επιταγχνσιόμετρο πιεζοαντιστάσεων	67
Ανιχνευτής σύγκρουσης οχήματος μαγνητικού διακόπτη	69
Γυροσκοπικός μικροαισθητήρας	71
Σωλήνας Πιτώ	73
Ροόμετρο με Διάφραγμα	75
Ροόμετρα Θετικής Εκτόπισης	77
Μαγνητικό Ροόμετρο	79
Ανεμόμετρο τύπου περιστρεφόμενης έλικας	81
Ροτάμετρο	83
Μετρητής παροχής σε αντλίες υγρών καυσίμων	85
Ροόμετρο έλικα με αισθητήρα Χωλ	87
Ροόμετρο υπερήχων	89
Ροόμετρο θερμού σύρματος	91
Χρονομετρικό μηχανικό στροφόμετρο με μηχανική ένδειξη	94
Ταχόμετρο βελόνας με ηλεκτρική περιστροφική κίνηση	96
Επαγωγικό στροφόμετρο/αισθητήρα παλμών	98
Ροπόμετρο τύπου οδοντωτών τροχών	100
Δυναμικό μικρόφωνο	102
Χωρητικό μικρόφωνο	104
Κεραμικό μικρόφωνο	106
Μικρόφωνο άνθρακα	108

## 1.1. DRAWINGS CATALOG

<b>Name of sensor / converter</b>	<b>Page</b>
Angle meter	2
Micrometer	4
Photocell	6
Ohmic probe	8
Linear variable differential transformer	10
Proximity sensor	12
Sonar	14
Inductive converter	16
Minimum level detector	18
Radar sensor	20
Wet –gas phase bulb thermometer	22
Thermometer with bimetallic element	24
Mercury thermometer	26
Thermistor with resistance to carbon	28
Thin film thermometers	30
Thermocouple	32
Pyrometer	34
Thermocouple (pair of Copper – Constance)	36
Absolute pressure meter and manometer	39
Pressure manometer	41
Bourdon type manometer	43
Mechanical pressure measuring device	45
Gasoline engine	47
Inductive pressure sensor	49
Multilateral piezoelectric crystal	51
Pressure resistance film type	53
Absolute pressure meter bellows	55
Pressure meter for tire valves	57
Measuring power with an elastic rubber element ring	59
Piezoelectric crystal	61
Accelerometer	63

Piezoelectric accelerometer	65
Strain gauges accelerometer	67
Vehicle crash detector	69
Gyro sensor	71
Pitot tube	73
Bulkhead flowmeter	75
Positive displacement flowmeters	77
Magnetic flowmeter	79
Anemometer type with rotor blades	81
Rotameter	83
Liquid fuel pumps flowmeters	85
Flowmeter with hall effect sensor	87
Ultrasonic flowmeter	89
Hot wire flowmeter	91
Chronometric mechanical tachometer	94
Speedometer	96
Inductive tachometer/ pulse sensor	98
Torque meter	100
Dynamic microphone	102
Capacitive microphone	104
Ceramic microphone	106
Carbon microphone	108

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

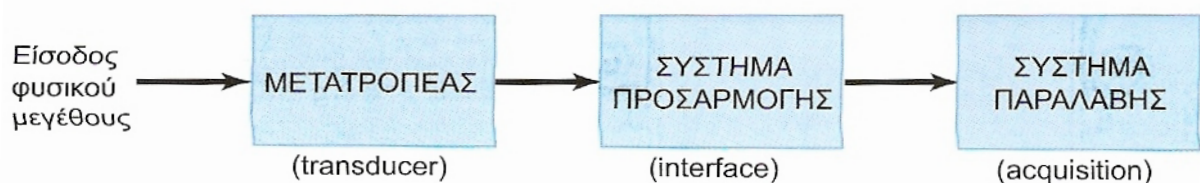
Στην παρούσα διπλωματική εργασία όπως αναφερθήκαμε θα ασχοληθούμε με τον σχεδιασμό διαφόρων τύπων αισθητήρων/μετατροπέων. Έτσι πιο κάτω δίνονται μερικά εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με τις πιο πάνω έννοιες, τον ρόλο και την χρησιμότητα τους καθώς και οι διάφορες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται.

Γενικά, *αισθητήρας* αποκαλείται το κύριο στοιχείο ενός οργάνου μέτρησης, αλλιώς μετρητή, που αντιδρά με το μετρούμενο μέγεθος (MM), π.χ. το φωτοβολταϊκό στοιχείο ενός μετρητή ακτινοβολίας, η πιεζοαντίσταση ενός μανομέτρου κλπ.

Από φυσική άποψη ένας αισθητήρας μετατρέπει ενέργεια μιας μορφής (είσοδος) σε ενέργεια άλλης μορφής (έξοδος) παράγοντας στην έξοδο του οργάνου μέτρησης ένα βαθμωτό μέγεθος, το σήμα, που λαμβάνει διάφορες τιμές σε μια προκαθορισμένη περιοχή μέτρησης.

Μερικά όργανα μέτρησης διαθέτουν *ανιχνευτές*, όπου το σήμα εξόδου δεν είναι βαθμωτό μέγεθος όπως στους αισθητήρες αλλά δυαδικό, καθώς περιέχει πληροφορία δύο μόνο διακριτών τιμών, π.χ. ΝΑΙ/ΟΧΙ (ON/OFF).

Οι αισθητήρες και οι ανιχνευτές αποτελούν *μετρητικούς μετατροπείς*. Συνιστούν το πιο "νευραλγικό" τμήμα ενός μετρητικού οργάνου, διότι μετατρέπουν την επίδραση του MM σε μια μορφή σήματος έτοιμη για περαιτέρω επεξεργασία, παραδίδοντας το στη συνέχεια στα επόμενα στάδια της μετρητικής διαδικασίας ως μηχανικό, ηλεκτρικό, οπτικό και σπανιότερα ψηφιακό σήμα (βλ. Εικ. 1).



Εικ. 1

Με κριτήριο την τελική μορφή εμφάνισης της μέτρησης στον επιμετρητή, τα διάφορα όργανα μετρήσεων διακρίνονται σε:

α. Αναλογικά όργανα

Σε αυτές τις περιπτώσεις, η μέτρηση εμφανίζεται ως ένδειξη σε βαθμονομημένη κλίμακα. Παραδείγματα: υδραργυρικό θερμόμετρο, μανόμετρο στήλης υγρού για μέτρηση μανομετρικής πίεσης κ.α.

β. Ψηφιακά όργανα

Η τελική έξοδος της μέτρησης παρέχεται ως σήμα ψηφιακής μορφής, σε οθόνη ψηφίων ή σε κάποιο σύστημα ελέγχου ή καταγράφεται ψηφιακά σε κατάλληλη συσκευή. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να τονιστεί ότι η μετατροπή του αρχικού αναλογικού σήματος σε ψηφιακό προϋποθέτει τη διάθεσή του σήματος σε ηλεκτρική μορφή και την χρήση κατάλληλης διάταξης μετατροπής.

Επιχειρώντας μια γενική ανασκόπηση των δυο πιο πάνω κατηγοριών μπορούμε να πούμε ότι τα αναλογικά όργανα εξασφαλίζουν άμεση εποπτεία μιας τεχνικής εγκατάστασης, απαιτούν όμως την ενεργή ανθρώπινη συνδρομή για την αντίληψη, την ανάλυση και την ερμηνεία της μέτρησης. Αποτελούν την καλύτερη επιλογή όταν δεν ενδιαφέρει η ακριβής τιμή του MM, συνδυάζοντας μάλιστα και άλλες χρήσιμες πληροφορίες και ευκολίες, π.χ. το ρυθμό μεταβολής ενός μεγέθους, τον εύκολο οπτικό έλεγχο τήρησης της ένδειξης σε προδιαγραμμένα όρια κ.ά.

Από την άλλη πλευρά, τα ψηφιακά όργανα χρησιμοποιούνται βασικά για γρήγορη λήψη μετρήσεων, ιδιαίτερα όταν απαιτείται αποθήκευση και περαιτέρω επεξεργασία των πληροφοριών. Επίσης χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μετρούμενων μεγεθών που μεταβάλλονται γρήγορα, δεδομένου ότι τα ψηφιακά όργανα διαθέτουν κατά κανόνα αισθητήρες που παρουσιάζουν μικρό χρόνο απόκρισης. Ακόμη μπορούμε να τα συναντήσουμε σε δύσκολες και απαιτητικές συνθήκες μέτρησης, π.χ. σε τοξικό περιβάλλον, όπου χρειάζεται μεταφορά των μετρήσεων σε μεγάλη απόσταση με ραδιοτηλεμετρία, λόγω της υψηλής αντοχής των ψηφιακών σημάτων σε ηλεκτρομαγνητικούς θορύβους και παρεμβολές. Τέλος τα ψηφιακά όργανα μέτρησης συστήνονται για την αυτόματη απόκτηση και αποθήκευση διάφορων μετρητικών δεδομένων, ιδιαίτερα όταν απαιτείται πληθώρα μετρήσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα, π.χ. σε διάφορες πειραματικές εγκαταστάσεις.

Οι συχνότερες τεχνικές μετρήσεις σε πεδία δραστηριοποίησης διάφορων Μηχανικών αφορούν διαπιστωμένα τα εξής τρία MM: μήκος, πίεση και θερμοκρασία.

Οι αισθητήρες / μετατροπείς ανάλογα με την λειτουργία τους και τον σκοπό που υπηρετούν χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες [9].

- Μετατόπιση
- Θερμοκρασία
- Πίεση
- Δύναμη – Επιτάχυνση
- Παροχή
- Γωνιακή Ταχύτητα
- Ροπή
- Χημική Ανάλυση
- Ήχος

Με βάση την πιο πάνω κατηγοριοποίηση έχουμε επιλέξει από κάθε κατηγορία μερικούς βασικούς αισθητήρες μετατροπείς και έχουμε προχωρήσει στην λεπτομερή σχεδίαση και περιγραφή τους με προσπάθεια και στόχο να εκπληρώσουμε τον σκοπό της διπλωματικής μας εργασίας.



### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Είναι πολύ σημαντικό για ένα μηχανικό να γνωρίζει και ουσιαστικά να έχει υπόψη του το σχέδιο ενός αισθητήρα. Και αυτό γιατί ανάλογα με τον σκοπό που θα χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας, πρέπει να είναι γνωστή η ακριβής μορφή του, οι αναλογίες του, ο τρόπος λειτουργίας του, τα διάφορα χαρακτηριστικά του και τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι με την βοήθεια του λογισμικού AutoCAD να σχεδιαστούν σε δυσδιάστατη ή και τρισδιάστατη μορφή όπου είναι δυνατόν βασικοί τύποι αισθητήρων/μετατροπέων και να δημιουργηθεί μια σχετική βάση δεδομένων (βιβλιοθήκη). Σε αυτή την βιβλιοθήκη θα μπορεί να έχει πρόσβαση ένας φοιτητής για να εξοικειωθεί και να κατανοήσει βασικές αρχές της λειτουργίας διάφορων αισθητήρων/μετατροπέων. Ταυτόχρονα η βιβλιοθήκη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από ένα μηχανικό για τον σχεδιασμό ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών.

Μια βιβλιοθήκη μπορεί να έχει διάφορες μορφές ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί, π.χ. αν το σχέδιο ενός αισθητήρα/μετατροπέα χρειάζεται να είναι λεπτομερές ώστε να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου ή και αυτοματισμού τότε η διαθέσιμη έκδοση του θα είναι σε μορφή AutoCAD (.dwg). Διαφορετικά, στην περίπτωση που το σχέδιο θα χρησιμοποιηθεί από καθηγητή ή φοιτητή για σκοπούς μελέτης ή και παρουσίασης τότε το αρχείο θα είναι σε μορφή φωτογραφίας (.jpg).

Από την έρευνα που έχουμε διεξάγει έχουμε διαπιστώσει ότι ενώ υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων φωτογραφιών για διάφορους αισθητήρες/μετατροπείς κυρίως μέσα από το διαδίκτυο πουθενά δεν υπάρχει μια βάση δεδομένων που να συγκεντρώνει αλλά και να παρέχει στον χρήστη λεπτομερή σχέδια διαφόρων τύπων αισθητήρων/μετατροπέων/οργάνων μέτρησης με δυνατότητα μάλιστα τροποποίησης διάφορων χαρακτηριστικών.