ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ειρήνη Ι. Φουντουλάκη

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ηράκλειο, Κρήτη
Ιανουάριος 1997

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Εργασία που υποβλήθηκε από την
ΕΙΡΗΝΗ Ι. ΦΟΥΝΤΟΥΛΑΚΗ
ως μερική απαίτηση για την απόκτηση του
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
Ιανουάριος 1997

Συγγραφέας:

Ειρήνη Ι. Φουντουλάκη
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Εισηγητική Επιτροπή:

Πάνος Κωνσταντόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Επόπτης

Απόστολος Τραγανίτης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος

Ευάγγελος Μαρκάτος, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

Δεκτή:

Πάνος Κωνσταντόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Πρόεδρος Επιτροπής Μεταπτυχιακών Σπουδών

ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ειρήνη Ι. Φουντουλάκη

Μεταπτυχιακή εργασία

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή διαπραγματευόμαστε το πρόβλημα της κατασκευής ενός συστήματος υποστήριξης διαγνωστικών διαδικασιών σε τεχνικές εφαρμογές. Οι απαιτήσεις για την κατασκευή του συγκεκριμένου συστήματος προέρχονται από μία αυτοκινητοβιομηχανία.

Το *Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διαδικασιών* (ΣΥΔΔ) αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει τη διαγνωστική διαδικασία σε τεχνικές εφαρμογές και συγκεκριμένα σε μηχανολογικές εφαρμογές ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις που διατυπώθηκαν από τη συγκεκριμένη αυτοκινητοβιομηχανία. Το ΣΥΔΔ έχει ως βασικό του σκοπό την παράσταση σφαλμάτων και ειδικότερα συστηματικών σφαλμάτων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά σε διαγνωστικές διαδικασίες. Η πληροφορία στο ΣΥΔΔ είναι δομημένες περιγραφές οργανωμένες σε βάση γνώσης σύμφωνα με το οντοκεντρικό σημασιολογικό μοντέλο, υλοποιημένο στην γλώσσα παράστασης γνώσης Telos.

Το ΣΥΔΔ περιλαμβάνει ένα *Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων* (ΜΔΣ), στο οποίο παριστάνεται όλη η γνώση που απαιτείται σε μία διαγνωστική διαδικασία. Στο ΜΔΣ παριστάνονται οι έννοιες του σφάλματος, της αιτίας, του συμπτώματος, του φαινομένου, της συνθήκης, της λύσης και οι μεταξύ τους σχέσεις. Έχουν επίσης παρασταθεί και έννοιες του προϊόντος, του μηχανήματος, της λειτουργικής και δομικής συνιστώσας μηχανήματος. Τέλος έχουν παρασταθεί και οι έννοιες του δράστη και της δράσης. Στο ΜΔΣ υπάρχει ένα λεξιλόγιο όρων συνθηκών, φαινομένων, σφαλμάτων και αιτιών, το

οποίο κάνει δυνατή την ταξινόμηση νέων περιγραφών σφαλμάτων με συνεπή τρόπο και διευκολύνει την ανάκτηση της πληροφορίας. Η ύπαρξη του λεξιλογίου όρων ελαχιστοποιεί τα προβλήματα εύρεσης του κατάλληλου όρου και της ασυνέπειας στην διαδικασία της ταξινόμησης όμοιων περιγραφών. Η πληροφορία που παριστάνεται στο ΜΔΣ είναι ετερογενής, η παράστασή της όμως επιτρέπει την αναχρησιμοποίησή της σε διαφορετικά πλαίσια και για διαφορετικούς σκοπούς.

Λειτουργικός πυρήνας του ΣΥΔΔ είναι το Σημασιολογικό Σύστημα Ευρετηριασμού (ΣΣΕ), κατασκευασμένο στο Ινστιτούτο Πληροφορικής.

Επόπτης : Πάνος Κωνσταντόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης

A DIAGNOSTIC SUPPORT SYSTEM FOR ENGINEERING APPLICATIONS

Irini I. Foundoulaki

Master of Science Thesis

Department of Computer Science
University of Crete

ABSTRACT

The present thesis deals with the problem of the construction of a diagnostic support system in engineering applications. The requirements for the specific system are obtained from a carmanufacturing company.

The *Diagnostic Support System* was developed in order to assist the diagnostic process in engineering applications and more specifically in machine manufacturing so as to satisfy the requirements set by the carmanufacturing company. The main purpose of the Diagnostic Support System is the documentation of faults, in particular of systematic faults, which can be effectively used in the diagnostic process. The information in the Diagnostic Support System consists of structured descriptions organized in a knowledge base according to an object-orineted semantic model, implemented in the Telos knowledge representation language.

The *Diagnostic Support System* includes a *Fault Manipulation Model* where the necessary knowledge for the diagnostic process is represented. The concepts of fault, cause, symptom, phenomenon, condition, solution and their interrelationships are presented within the Fault Manipulation Model. The concepts of product, machine, operational and structural component of an engineering device have also been represented. Finally, the concepts of actor and action are represented. A vocabulary of condition, phenomenon, fault and cause terms is embedded within the Fault Manipulation Model to allow the classification of new descriptions and the effective retrieval of information. The existence of the

specific vocabulary, minimizes the effort of discovering the appropriate term to index new descriptions and the problem of inconsistency in such indexing. The information has been represented in a way that, despite its heterogeneity, its reuse is enabled in different contexts and for different purposes.

The operational kernel of the Diagnostic Support System is the Semantic Index System (SIS), developed at the Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology-Hellas.

Supervisor : Panos Constantopoulos, Associate Professor
Department of Computer Science, University of Crete

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Πάνο Κωνσταντόπουλο, για τις πολύτιμες συμβουλές του, την καθοδήγηση του και την συμπαράστασή του κατά την εξέλιξη της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον δρ. Martin Dörr η συνεργασία με τον οποίο υπήρξε καθοριστική για την εξέλιξη της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μαρία Χριστοφοράκη για τις συμβουλές της και την πολύτιμη βοήθεια της κατά την εκπόνηση της εργασίας και την Μαρία Μουτσάκη της οποίας η βοήθεια στην συγκέντρωση των δεδομένων ήταν σημαντική.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλη την Ομάδα Πληροφοριακών Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού για την άψογη συνεργασία και υποστήριξή τους κατά την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

Ακόμη, τους γονείς μου Ιωάννη και Ελευθερία και την αδερφή μου Φανή για την υποστήριξη και βοήθεια τους σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους Απόστολη Ζάρρα, Βίκυ Δεβελέγκα και Χρήστο Κλουκίνα για την φιλία τους και την συνεχή βοήθεια τους αλλά και όλους εκείνους που με τον δικό τους τρόπο με στήριξαν στις σπουδές μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας για την οικονομική υποστήριξη και την υλικοτεχνική υποδομή που μου παρείχε κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Περιεχόμενα

Περίληψη **i**

Abstract **iii**

Ευχαριστίες **v**

Περιεχόμενα **vii**

Κατάλογος Σχημάτων **x**

1 Εισαγωγή **1**

1.1 Οργάνωση Εργασίας 6

2 Ανασκόπηση μεθόδων και συστημάτων Διάγνωσης Σφαλμάτων **9**

2.1 Βασικοί Ορισμοί 9

2.2 Παρουσίαση προσεγγίσεων στην Διαδικασία Διάγνωσης Σφαλμάτων 10

2.3 Παρουσίαση κατηγοριών Διαγνωστικών Συστημάτων 14

2.4 Παρουσίαση Συστημάτων Διάγνωσης Σφαλμάτων σε Μηχανήματα 18

3 Διάγνωση Σφαλμάτων **23**

3.1 Μοντέλο Φυσικού Συστήματος 23

3.2 Έννοιες και Ορισμοί στο ΣΥΔΔ 27

3.3 Σενάριο Χρήσης του ΣΥΔΔ σε Μηχανήματα 33

4 Περιγραφή του Μοντέλου Διαχείρισης Σφαλμάτων **37**

4.1 Το Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων 38

4.1.1 Το Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηρισμού (SIS) 38
4.1.2 Παράσταση γνώσεων στην γλώσσα SIS-Telos 39
4.2 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ 47
4.3 Μοντέλο Ενεργειών 50
4.4 Μοντέλο Δραστών 53
4.5 Μοντέλο Προϊόντων 56
4.6 Μοντέλο Μηχανημάτων 60
4.7 Μοντέλο Σφαλμάτων 68
4.8 Μοντέλο Παρατήρησης Συμπτώματος 72

5 Ζητήματα Παράστασης Γνώσης **81**
5.1 Ζητήματα Παράστασης Γνώσης στο Μοντέλο Σφαλμάτων 81
5.2 Ζητήματα Παράστασης Γνώσης στο Μοντέλο Μηχανημάτων 92

6 Χρήση του Συστήματος **103**
6.1 Το περιβάλλον του Σημασιολογικού Συστήματος Ευρετηριασμού (ΣΣΕ) . . 104
6.2 Προκαθορισμένες Ερωτήσεις 1ης τάξεως 106
6.3 Αναδρομικές προκαθορισμένες ερωτήσεις 115
6.4 Διαλογικά δελτία ενημέρωσης 118
6.5 Παράδειγμα χρήσης του συστήματος 120

7 Επίλογος **129**
7.1 Συμπεράσματα 129
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις 130

Α Ο κορμός του ΜΔΣ **135**
Α.1 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ 135
Α.2 Μοντέλο Ενεργειών 137
Α.3 Μοντέλο Δραστών 138
Α.4 Μοντέλο Προϊόντων 140
Α.5 Μοντέλο Μηχανημάτων 141

A.6 Μοντέλο Σφαλμάτων 144
A.7 Μοντέλο Παρατήρησης Συμπτώματος 146

Β Λεξικό Ορων στο ΣΥΔΔ **149**

Β.1 Λεξικό Όρων Σφαλμάτων 149
Β.2 Λεξικό Όρων Αιτιών 151
Β.3 Λεξικό Όρων Φαινομένων 155
Β.4 Λεξικό Όρων Συνθηκών 159

Βιβλιογραφία **161**

Ευρετήριο **167**

Κατάλογος σχημάτων

1.1 Ετερογενείς μορφές πληροφορίας 4

2.1 Αρχιτεκτονική ενός συστήματος το οποίο υποστηρίζει διάγνωση από βασικές αρχές 13

2.2 Η στρατηγική **υπόθεσης-και-ελέγχου** στο DAX/MED2 21

2.3 Συσχέτιση της διαδικασίας εξαγωγής συμπερασμάτων από την βάση δεδομένων και της εξαγωγής συμπερασμάτων κατά την διαγνωστική διαδικασία 22

3.1 Μοντέλο Συστήματος 24

3.2 Σχέση συμπτώματος, αναμενόμενης και παρατηρούμενης συμπεριφοράς ενός συστήματος 28

3.3 Σχέση *προκαλεί* μεταξύ σφαλμάτων 31

3.4 Σχέσεις μεταξύ βασικών εννοιών του ΜΔΣ 34

3.5 Διάσχιση του σημασιολογικού δικτύου κατά την διαδικασία της διάγνωσης σφαλμάτων 36

3.6 Η διαδικασία της διάγνωσης με το ΣΥΔΔ 36

4.1 Η ιεραρχία κλάσεων στην SIS-Telos 43

4.2 Ο μηχανισμός ταξινόμησης στην SIS-Telos 44

4.3 Ο μηχανισμός γενίκευσης/εξειδίκευσης στην SIS-Telos 44

4.4 Παράδειγμα γνωρισμάτων κλάσης και περιπτώσεων 45

4.5 Περιορισμοί γνωρισμάτων στην SIS-Telos 46

4.6 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις στο ΜΔΣ 48

4.7 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του μοντέλου ενεργειών 53

4.8 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του Μοντέλου Διάγνωσης Σφαλμάτων σχετικές με την έννοια του Δράστη 57
4.9 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικών με την έννοια του Προϊόντος 59
4.10 Επίπεδα Ιεραρχικής Ανάλυσης ενός συγκεκριμένου μηχανήματος 63
4.11 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικές με την έννοια του Μηχανήματος 66
4.12 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικές με την έννοια του Μηχανήματος 67
4.13 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του Μοντέλου Σφαλμάτων 73
4.14 Ορισμός του καρτεσιανού συστήματος αξόνων για ένα μηχάνημα 75
4.15 Περιγραφή του Μοντέλου Παρατήρησης Συμπτώματος 77
4.16 Περιγραφή ενός παραδείγματος χρήσης του Μοντέλου Ποιοτικής Περιγραφής Συμπτωμάτων 78
4.17 Περιγραφή ενός παραδείγματος χρήσης του Μοντέλου Παρατήρησης Συμπτώματος 79

5.1 Παράδειγμα μοντελοποίησης επιμέρους συστηματικών σφαλμάτων συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος. 83
5.2 Παράδειγμα μοντελοποίησης της σχέση αιτίας και συστηματικού σφάλματος 87
5.3 Παράδειγμα μοντελοποίησης του συμπτώματος που εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα 88
5.4 Ένα παράδειγμα μοντελοποίησης σχέσης συμπτώματος και δυσλειτουργίας 91
5.5 Ένα παράδειγμα του μηχανισμού υλοποίησης 93
5.6 Η σχέση της υλοποίησης μεταξύ μίας αφηρημένης κλάσης και μίας συγκεκριμένης κλάσης 94
5.7 Ένα παράδειγμα της σχέσης υλοποίησης μεταξύ της αφηρημένης κλάσης «Μοντέλο Αυτοκινήτου» και της συγκεκριμένης κλάσης «Αυτοκίνητο» 100
5.8 Ένα παράδειγμα χρήσης του μηχανισμού *συζυγού κλάσης-μετακλάσης* για την μετακλάση «Τύπος_Αυτοκινήτου» και την κλάση «Αυτοκίνητο» . . 101

6.1 Αρχική οθόνη του ΣΣΕ 105
6.2 Η επιλογή *Queries* στην αρχική οθόνη του συστήματος 106

6.3 Το μοντέλο προκαθορισμένων ερωτήσεων 1ης τάξεως και παραδείγματα χρήσης τους στο ΣΥΔΔ 107
6.4 Το μοντέλο των διεργασιών και παραδείγματα χρήσης τους στο ΣΥΔΔ . . 119
6.5 Λεξιλόγιο Φαινομένων και χρήση του στην *Search Card* 121
6.6 Λεξιλόγιο Συνθηκών και χρήση του στην *Search Card* 122
6.7 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Symptom - Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini-`M150_Σύμπτωμα4» 123
6.8 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα6» 124
6.9 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Causality View of* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα6» 125
6.10 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Star View* για το «CANDIA_Mini`M150_Αιτία2» 125
6.11 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα1» 127
6.12 Κάρτες αντικειμένου για τα «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Φαινόμενο1» και «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Συνθήκη1» 127
6.13 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Presentations Of* για το «CANDIA_Mini`M150`-Βάση_Δοχείου_Βενζίνης`Γκρόβερ 3/8" - 5/16"» 128
6.14 Αποτέλεσμα της ερώτησης *Responsibility Graph* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα1» 128

Β.1 Ιεραρχία Όρων Σφαλμάτων στο ΜΔΣ 150
Β.2 Ιεραρχία Όρων Σφαλμάτων στο ΜΔΣ 150
Β.3 Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ 153
Β.4 Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ 153
Β.5 Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ 154
Β.6 Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ 154
Β.7 Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ 157
Β.8 Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ 157
Β.9 Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ 158
Β.10 Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ 158
Β.11 Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ 159

Β.12 Ιεραρχία Συνθηκών στο ΜΔΣ 160

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη εργασία διαπραγματευόμαστε το πρόβλημα της κατασκευής ενός συστήματος υποστήριξης διαγνωστικών διαδικασιών σε τεχνικές εφαρμογές. Οι απαιτήσεις για την ύπαρξη του συγκεκριμένου συστήματος προέρχονται από μία αυτοκινητοβιομηχανία και αναφέρονται σε ένα σύστημα, στο οποίο δίνεται η δυνατότητα καταγραφής περιπτώσεων σφαλμάτων ενός συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος. Οι απαιτήσεις αναφέρονται επίσης και στην ύπαρξη διαφάνειας στην διαγνωστική διαδικασία στην οποία ουσιαστικά θα υπάρχει αλληλεπίδραση του συστήματος με τον χρήστη, ο οποίος θα μπορεί να χρησιμοποιεί την εξελισσόμενη εμπειρία και γνώση του για την διενέργεια μίας διάγνωσης.

Οι αναφορές σφαλμάτων στην συγκεκριμένη αυτοκινητοβιομηχανία, είναι σε ελεύθερο κείμενο στο οποίο καταγράφονται τα σφάλματα που παρατηρούνται (οι μη φυσιολογικές καταστάσεις του συστήματος), οι αιτίες (υπεύθυνες για τα σφάλματα αυτά), τα συμπτώματα (μη φυσιολογική συμπεριφορά του συστήματος) κτλ. Ένα σφάλμα μπορεί να προκαλεί ή να προκαλείται από περισσότερα του ενός και να συνδέεται με περισσότερες από μία μονάδες μηχανημάτων. Οι αναφορές σφαλμάτων οι οποίες χρησιμοποιούνται για διάγνωση στην αυτοκινητοβιομηχανία, αναφέρονται σε αναφορές άλλων σφαλμάτων και εκείνες σε άλλες κτλ. Η πρόσβαση στις αναφορές αυτές και η ανάκληση της κατάλληλης πληροφορίας, είναι μία αρκετά δύσκολη διαδικασία δεδομένου ότι δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη δομή για την καταγραφή της. Από το σύνολο των σφαλμάτων τα οποία παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο σύστημα, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συστηματικά σφάλματα των οποίων οι αιτίες βρίσκονται στις διαδικασίες δημιουργίας του συγκεκριμένου συστήματος, δηλαδή στις διαδικασίες σχεδίασης και κατασκευής του.

Η διαγνωστική διαδικασία, δηλαδή η ανακάλυψη ενός συνόλου αιτιών υπεύθυνων για την συγκεκριμένη συμπεριφορά του συστήματος, γίνεται σε όλα τα στάδια παραγωγής.

Έτσι, η διαγνωστική διαδικασία λαμβάνει χώρα στις εξής βασικές φάσεις παραγωγής:

- κατά την παραγωγή πρωτοτύπων του αρχικού σχεδίου, (mock ups),
- κατά την παραγωγή συνόλου μοντέλων πριν την παραγωγή,
- κατά την μηδενική σειρά παραγωγής,
- και τέλος κατά την εκκίνηση της κανονικής παραγωγής.

Κατά τις παραπάνω φάσεις, ο βασικός σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης σφαλμάτων κατά την κανονική παραγωγή. Κατά την διαγνωστική διαδικασία, ο μηχανικός χρήστης του συστήματος χρησιμοποιεί τα σφάλματα που έχουν ήδη αναφερθεί και καταφραφεί για το συγκεκριμένο σύστημα. Η φύση της διαγνωστικής διαδικασίας ακολουθεί την ευρηματική προσέγγιση και χρησιμοποιεί την καταγεγραμμένη γνώση στο σύστημα δηλαδή τα σφάλματα και τις υπεύθυνες αιτίες. Οι ειδικοί υποβοηθούνται στην διαδικασία αυτή με τη χρήση της γνώσης που έχει καταγραφεί στο σύστημα παράλληλα με την εξελισσόμενη εμπειρία και γνώση τους. Στην διαγνωστική διαδικασία δεν ακολουθείται η θεωρητική προσέγγιση της διάγνωσης από βασικές αρχές, η χρήση δηλαδή του μοντέλου δομής και λειτουργίας του συστήματος για την διενέργεια μίας διάγνωσης.

Επίσης, οι απαιτήσεις αναφέρονταν και στην καταγραφή των δραστών οι οποίοι μετέχουν σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του συγκεκριμένου προϊόντος. Η καταγραφή των δραστών και των πράξεων, επιτρέπει την ανακάλυψη υπευθυνοτήτων και την απόδοση ευθυνών στους εμπλεκόμενους δράστες.

Μία βασική απαίτηση για το σύστημα, ήταν η γραφική παρουσίαση των συσχετίσεων μεταξύ των σφαλμάτων ώστε να είναι καλύτερη η κατανόηση της πληροφορίας που έχει καταγραφεί στο σύστημα.

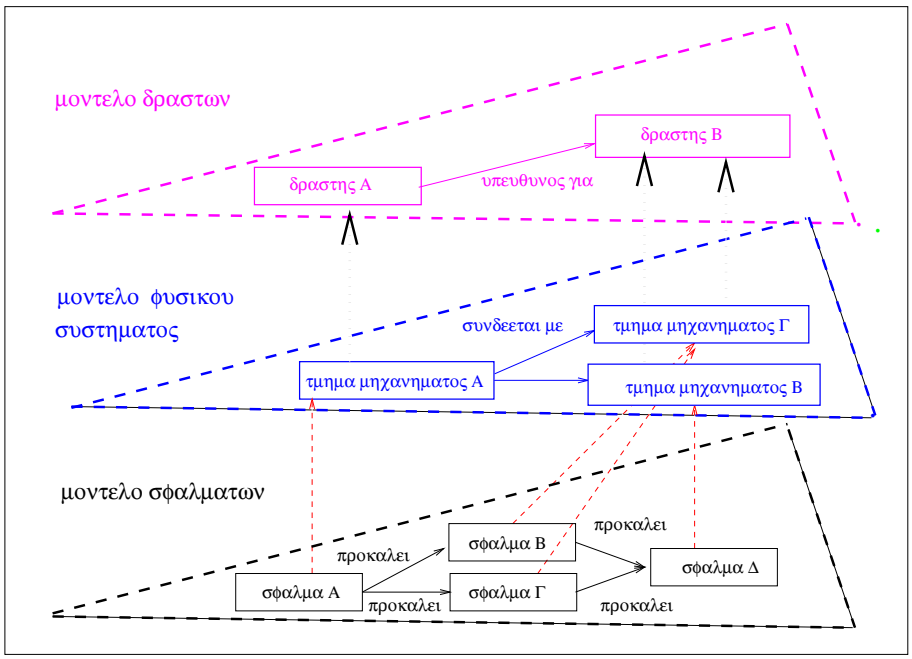
Το **Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διαδικασιών (ΣΥΔΔ)** αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει την διαγνωστική διαδικασία σε τεχνικές εφαρμογές βάσει των απαιτήσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το ΣΥΔΔ έχει ως βασικό του σκοπό την παράσταση σφαλμάτων και πιο συγκεκριμένα των συστηματικών σφαλμάτων τα οποία παρουσιάζονται σε μηχανήματα και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά σε διαγνωστικές διαδικασίες. Η παράσταση γνώσης στο ΣΥΔΔ, έγινε με την χρήση της γλώσσας παράστασης γνώσης SIS-Telos [14] όπως έχει αναπτυχθεί από την Ομάδα Πληροφοριακών Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού του Ινστιτούτου Πληροφορικής (ΙΠ), του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ). Η γλώσσα SIS-Telos ακολουθεί την οντοκεντρική προσέγγιση, επιτρέποντας την παράσταση των σημασιολογικών σχέσεων μεταξύ των εννοιών που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της γνώσης και διευκολύνει την επεξεργασία

της από τον χρήστη του συστήματος.
Η οντοκεντρική προσέγγιση επιτρέπει την παράσταση της γνώσης με ένα συνεπή τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η αναχρησιμοποίηση συγκεκριμένων τμημάτων αυτής, ανεξάρτητα από τον αρχικό σκοπό για τον οποίο αυτή παραστάθηκε. Η δημιουργία ενός **σημασιολογικού δικτύου** *(semantic network)* εννοιών επιτρέπει την παράσταση ετερογενών μορφών πληροφορίας και την παρουσίαση συγκεκριμένων τμημάτων της, επιτρέποντας παράλληλα την εύκολη μετάβαση, μέσω των σημασιολογικών συνδέσμων από το ένα είδος πληροφορίας στο άλλο. Η οντοκεντρική προσέγγιση με την χρήση των μηχανισμών, *εξειδίκευσης/γενίκευσης*, *ταξινόμησης* και *απόδοσης γνωρίσματος*, επιτρέπει την δημιουργία ιεραρχιών δεδομένων ανάλογα με την σημασία τους, κάνοντας την πρόσβαση σε αυτά ευκολότερη και πιο αποδοτική.

Στο ΣΥΔΔ παριστάνονται οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται σε μία διαδικασία διάγνωσης σφαλμάτων και είναι το **σφάλμα**, (μία μη νόμιμη κατάσταση του συστήματος), το **σύμπτωμα**, (μία απόκλιση στην συμπεριφορά του συστήματος), η **συνθήκη**, (υπό την οποία εκδηλώνεται το σύμπτωμα), το **φαινόμενο**, (που χαρακτηρίζει την αποκλίνουσα συμπεριφορά του συστήματος), η **λύση**, (που αποδίδεται στο σφάλμα) και τέλος η **αιτία** που είναι υπεύθυνη για αυτό και οι μεταξύ τους σχέσεις. Το ΣΥΔΔ παρέχει επίσης ένα σύνολο ερωτήσεων για την ανάκληση της κατάλληλης πληροφορίας από την βάση γνώσης όπως και ένα σύνολο πράξεων ενημέρωσης της.
Η διαδικασία της διάγνωσης δεν είναι ενσωματωμένη στο ΣΥΔΔ και δεν είναι αυτόματη ενώ ο χρήστης του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιεί τη πληροφορία που έχει καταγραφεί στο σύστημα παράλληλα με την προσωπική εμπειρία και γνώση του για το υπό μελέτη σύστημα.

Στο ΣΥΔΔ υπάρχει ένα **εννοιολογικό μοντέλο**, το **Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων (ΜΔΣ)** στο οποίο παριστάνονται οι βασικές κλάσεις και μετακλάσεις που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή περιπτώσεων σφαλμάτων και πιο συγκεκριμένα συστηματικών σφαλμάτων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαγνωστικές διαδικασίες. Η παράσταση των εννοιών που αναφέρθηκαν παραπάνω αποτελεί τον βασικό κορμό του ΜΔΣ.
Το ΜΔΣ αποτελείται από επιμέρους μοντέλα στα οποία περιγράφονται:

- οι έννοιες σχετικές με εκείνη του σφάλματος,
- έννοιες για την παράσταση μηχανήματος,
- έννοιες για την παράσταση δράσεων κι δραστών μέσα στο συγκεκριμένο περιβάλλον εφαρμογής του συστήματος,



Σχήμα 1.1: Ετερογενείς μορφές πληροφορίας

Στο μοντέλο σφαλμάτων παριστάνονται οι βασικές έννοιες σχετικές με σφάλματα και οι μεταξύ τους σχέσεις. Οι οντότητες που παριστάνονται σε αυτό σχετίζονται με οντότητες του μοντέλου φυσικού συστήματος, στο οποίο παριστάνονται όλες οι έννοιες για παράσταση γνώσης για μηχανήματα, οι μεταξύ τους σχέσεις καθώς και η δομή του συστήματος στο οποίο γίνεται η διάγνωση. Οι σχέσεις από το μοντέλο σφαλμάτων στο μοντέλο φυσικού συστήματος, είναι σχέσεις που δηλώνουν εμπλοκή μονάδων μηχανημάτων σε εμφανίσεις σφαλμάτων. Στο μοντέλο δραστών παριστάνεται πληροφορία για τους δράστες και τις πράξεις τους στον συγκεκριμένο οργανισμό και οι μεταξύ τους συσχετίσεις. Το μοντέλο φυσικού συστήματος σχετίζεται με το μοντέλο δραστών μέσω σχέσεων τύπου ευθύνης για την απόδοση υπευθυνοτήτων. Δεδομένου ενός σφάλματος, εντοπίζονται οι μονάδες μηχανημάτων οι οποίες εμπλέκονται σε αυτό και από τις πράξεις σχεδίασης, κατασκευής και προμήθειας, εντοπίζονται οι δράστες υπεύθυνοι για τα πιθανά σφάλματα.

- ένα λεξιλόγιο όρων το οποίο χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των νέων περιπτώσεων στο σύστημα.

και οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών αυτών. Είναι προφανές ότι παριστάνονται διαφορετικές μορφές πληροφορίας στη βάση γνώσης του ΣΥΔΔ. Οι έννοιες σχετικές με την έννοια του σφάλματος, χρησιμοποιούνται για την παράσταση σφαλμάτων, οι έννοιες για την παράσταση μηχανημάτων χρησιμοποιούνται για την καταγραφής γνώσης για το πεδίο εφαρμογής, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι οι μηχανολογικές εφαρμογές, οι έννοιες του δράστη και της δράσης για την απόδοση ευθυνών. Οι διαφορετικές κατηγορίες πληροφορίας οι οποίες παριστάνονται στο ΜΔΣ παρουσιάζονται στο σχήμα 1.1.

Το λεξιλόγιο όρων που έχει ενσωματωθεί στο ΜΔΣ περιέχει όρους που αναφέρονται σε φαινόμενα, δυσλειτουργίες, συνθήκες, σφάλματα και αιτίες. Το λεξιλόγιο όρων έχει αναπτυχθεί και υποστηρίζεται από ειδικούς στο χώρο των μηχανολογικών εφαρμογών και πιο συγκεκριμένα στο χώρο της διάγνωσης σφαλμάτων και δίνει την δυνατότητα ταξινόμησης νέων περιγραφών με συνεπή τρόπο, επιτρέποντας την αποτελεσματική και ακριβή ανάκληση πληροφορίας. Μία έννοια πληρότητας στην ταξινόμηση νέων περιγραφών σφαλμάτων, μπορεί να επιτευχθεί, αν επιτρέπεται η περιγραφή να γίνει με ένα συνδυασμό των ήδη υπάρχοντων όρων. Η χρήση ενός τέτοιου λεξιλογίου όρων για την ταξινόμηση περιγραφών σφαλμάτων αποτελεί μία προσέγγιση στο ζήτημα της καταγραφής και παράστασης τους. Μία άλλη προσέγγιση αποτελεί η πλήρης καταγραφή τους σε μορφή κειμένου. Τέτοιες περιγραφές είναι υποκειμενικές με συνέπεια οι χρήστες του συστήματος να χρησιμοποιούν για την ίδια περίπτωση σφάλματος διαφορετική περιγραφή. Τα προβλήματα τα οποία συναντιώνται στην διαδικασία ταξινόμησης νέων περιγραφών είναι τα εξής:

- ο κατάλληλος όρος με τον οποίο γίνεται η ταξινόμηση νέας περιγραφής δεν μπορεί να βρεθεί,
- η αναζήτηση κατάλληλου όρου είναι χρονοβόρα,
- διαφορετικά άτομα μπορεί να αναθέτουν διαφορετικούς όρους για την ίδια περιγραφή.
- η εξήγηση του όρου είναι ασαφής.

Με την βοήθεια του εννοιολογικού μοντέλου καταγράφονται περιπτώσεις σφαλμάτων, συμπτωμάτων και αιτιών, οι οποίες παρατηρούνται κατά την διάρκεια λειτουργίας του εν λόγω συστήματος. Η διαδικασία της διάγνωσης υποστηρίζεται από ένα σύνολο προκαθορισμένων ερωτήσεων οι οποίες δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να έχει μία μερική ή ολική άποψη της διαθέσιμης πληροφορίας. Η δυνατότητα αυτή, επιτρέπει την διαφάνεια στην διαδικασία της διάγνωσης όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το σύστημα.
Η χρήση της εμπειρίας και της εξελισσόμενης γνώσης του χρήστη του ΣΥΔΔ, σε συνδυασμό με το σύνολο των περιπτώσεων που υπάρχουν στην βάση γνώσης, έχει την δυνατότητα να καταλήξει σε μία διάγνωση, δηλαδή στην ανακάλυψη της αιτίας μίας μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του συστήματος. Το ΣΥΔΔ δεν υπαγορεύει στον χρήστη καμμία διάγνωση, αντίθετα με τα υπάρχοντα διαγνωστικά συστήματα, στα οποία η διάγνωση γίνεται αυτόματα. Οι περιγραφές νέων σφαλμάτων, αιτιών και συμπτωμάτων, καταγράφονται στο ΣΥΔΔ με την βοήθεια του λεξικού όρων στο οποίο έγινε μία σύντομη αναφορά παραπάνω.

Το ΣΥΔΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κατά τον τακτικό ή έκτακτο έλεγχο ενός μηχανήματος. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε κέντρα ελέγχου στα οποία γίνονται δοκιμαστικοί έλεγχοι σε πρωτότυπες κατασκευές από το αρχικό σχέδιο (mock ups).

Το πεδίο εφαρμογής, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι οι μηχανολογικές εφαρμογές. Για την πειραματική δοκιμή του συστήματος μας, μοντελοποιήθηκε η δομή ενός συγκεκριμένου μηχανήματος και πιο συγκεκριμένα του τύπου σκαπτικού ''CANDIA Mini M150''. Η παράσταση του συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος έγινε με την χρήση των βασικών εννοιών που έχουν παρασταθεί στο μοντέλο φυσικού συστήματος (σχήμα 1.1). Με τις βασικές έννοιες οι οποίες παριστάνονται στο συγκεκριμένο μοντέλο, δίνεται η δυνατότητα παράστασης οποιουδήποτε τύπου μηχανήματος αφού υποστηρίζονται βασικές δομικές και λειτουργικές σχέσεις των συνιστωσών του. Οι σχέσεις αυτές μπορούν να εξειδικευτούν και να χρησιμοποιηθούν σε ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος. Οι πληροφορίες για τον τύπο μηχανήματος που μοντελοποιήθηκε, παραχωρήθηκαν από τον κ. Ευθύμιο Καστρινογιάννη ο οποίος εργάζεται στην εταιρεία παραγωγής σκαπτικών με την επωνυμία ''CANDIA''. Οι παραδοχές οι οποίες έγιναν κατά την κατασκευή του μοντέλου προκύπτουν από την διαθέσιμη ανάλυση της περιγραφής του μηχανήματος.
Το μοντέλο σφαλμάτων αναπτύχθηκε ανεξάρτητα του πεδίου εφαρμογής (μηχανήματα) και υποστηρίζει την καταγραφή σφαλμάτων και σε διαφορετικού τύπου συστήματα όπως συστήματα λογισμικού.

Παρακάτω περιγράφεται η οργάνωση της εργασίας.

1.1 Οργάνωση Εργασίας

Στο κεφάλαιο 2 της εργασίας γίνεται μία σύντομη παρουσίαση των μεθόδων και συστημάτων διάγνωσης.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το μοντέλο ενός φυσικού συστήματος. Επίσης παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στο ΜΔΣ και οι μεταξύ τους σχέσεις και ένα σενάριο χρήσης του συστήματος.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το ΜΔΣ και μία σύντομη περιγραφή της γλώσσας παράστασης γνώσης SIS-Telos. Το μοντέλο συνίσταται από επιμέρους μοντέλα τα οποία περιγράφουν τις έννοιες που χρησιμοποιούνται στο ΜΔΣ.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφονται βασικά ζητήματα παράστασης γνώσης που αντιμετωπίστηκαν κατά την ανάπτυξη του ΜΔΣ. Τα ζητήματα αυτά προέκυψαν κατά την ανάπτυξη του μοντέλου παράστασης γνώσης για μηχανήματα και για σφάλματα.

Στο κεφάλαιο 6 υπάρχει μία περιγραφή των προκαθορισμένων ερωτήσεων και των δελτίων διαλογικής ενημέρωσης που υλοποιήθηκαν στο ΣΥΔΔ. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και ένα σενάριο χρήσης του συστήματος.

Στο κεφάλαιο 7 υπάρχει ο επίλογος και κάποια συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις του ΣΥΔΔ.

Στο παράρτημα Α υπάρχει ένα κατάλογος με όλες τις κλάσεις και μετακλάσεις στο ΜΔΣ και τέλος στο παράρτημα Β βρίσκονται οι όροι του λεξιλογίου που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση και καταγραφή νέων περιπτώσεων σφαλμάτων.

Κεφάλαιο 2

Ανασκόπηση μεθόδων και συστημάτων Διάγνωσης Σφαλμάτων

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ένα σύνολο από διαγνωστικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές και τεχνολογίες για να επιλύσουν διαγνωστικά προβλήματα. Ένα διαγνωστικό πρόβλημα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρόβλημα ταξινόμησης στο οποίο μία συγκεκριμένη είσοδος πρέπει να ταξινομηθεί σε μία κλάση. Τα **έξυπνα συστήματα διάγνωσης**, *(intelligent diagnosis systems)*, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην ιατρική, σε συστήματα λογισμικού και υλικού, σε ηλεκτρικά και μηχανικά συστήματα, σε πυρηνικά εργοστάσια [24] για την διάγνωση σφαλμάτων. Ένα σύστημα διάγνωσης χαρακτηρίζεται *έξυπνο* όταν η διάγνωση που υπολογίζει είναι ίδια με την διάγνωση που υπολογίζεται από έναν ειδικό για την ίδια εφαρμογή.

Τα διαγνωστικά συστήματα χρησιμοποιούν διαφορετικές προσεγγίσεις τόσο στην διαδικασία εντοπισμού των αιτιών υπεύθυνες για την δυσλειτουργία που παρουσιάζει το υπό μελέτη σύστημα όσο και στην παράσταση της απαιτούμενης γνώσης για τον υπολογισμό της διάγνωσης. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι διαφορετικές θεωρητικές προσεγγίσεις στην διαγνωστική διαδικασία και κατηγορίες διαγνωστικών συστημάτων.

2.1 Βασικοί Ορισμοί

Διάγνωση είναι η διαδικασία συλλογισμού και πράξεων με βασικό σκοπό την αναγνώριση της αιτίας μίας δυσλειτουργίας ενός συστήματος με τρόπο που επιτρέπει την επαναφορά της απαιτούμενης λειτουργικότητας του.

Ο παραπάνω ορισμός για τον όρο διάγνωση συναντάται στο [41]. Οι ορισμοί για

τον όρο διάγνωση που υπάρχουν στο Merriam-Webster's New World Dictionary[1] είναι οι παρακάτω:

1. *η πράξη ή η διαδικασία λήψης απόφασης για την φύση μίας ασθένειας ή ενός προβλήματος με την εξέταση των συμπτωμάτων,*
2. *μία προσεκτική ανάλυση και εξέταση των γεγονότων σε μία προσπάθεια εξήγησης ή κατανόησης ενός γεγονότος,*
3. *μία απόφαση ή γνώμη βασιζόμενη σε μία τέτοια εξέταση,*
4. *μία σύντομη επιστημονική περιγραφή για ταξινόμηση.*

Η διαδικασία της διάγνωσης ξεκινά από μία παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος η οποία αποκλίνει από την αναμενόμενη και σκοπεύει στην αναγνώριση της αιτίας υπεύθυνης για την απόκλιση αυτή. Η διαδικασία της διάγνωσης δεν σταματά στον εντοπισμό της αιτίας υπεύθυνης για την απόκλιση αλλά σκοπεύει και στην λήψη απαιτούμενων πράξεων για την αποτροπή επενεμφάνισης της αποκλίνουσας συμπεριφοράς.
Η διαδικασία της διάγνωσης ξεκινά από μία **μη συνεπή θεωρία**, *(inconsistent theory)*, (η παρατηρούμενη συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος που αποκλίνει από την αναμενόμενη), και σκοπεύει σε μία αναθεωρημένη θεωρία της λειτουργίας και συμπεριφοράς του συστήματος με τον εντοπισμό της υπεύθυνης αιτίας. Η γνώση που χρησιμοποιείται σε μία διαγνωστική διαδικασία για τον υπολογισμό μίας διάγνωσης είναι είτε η περιγραφή της δομής και λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος ή πρότερη γνώση και εμπειρία ειδικών για αυτό. Τα διαγνωστικά συστήματα διακρίνονται τόσο ως προς την θεωρητική προσέγγιση της διαδικασίας της διάγνωσης όσο και προς την αρχιτεκτονική τους.

2.2 Παρουσίαση προσεγγίσεων στην Διαδικασία Διάγνωσης Σφαλμάτων

Οι βασικές προσεγγίσεις που υπάρχουν στις διαγνωστικές διαδικασίες είναι η χρήση **ευρηματικών μεθόδων**, *(heuristic approach)* και η χρήση μεθόδων από βασικές αρχές, **model-based diagnosis** ή *(diagnosis from first principles)*. Στο [28] υπάρχει μία συνολική θεώρηση των βασικών στοιχείων των προσεγγίσεων αυτών.

Οι ευρηματικές μέθοδοι χρησιμοποιούν εμπειρικούς κανόνες διάγνωσης και την πρότερη εμπειρία ειδικών σε ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής.
Ένα διαγνωστικό σύστημα στο οποίο ακολουθείται η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι το

[1] http://c.gp.cs.cmu.edu:5103/prog/webster

MYCIN [40] στο οποίο η γνώση που παριστάνεται προέρχεται από ειδικούς και αναφέρεται στην συλλογιστική διαγνωστική διαδικασία που ακολουθείται από τους ειδικούς στην περίπτωση διάγνωσης ιατρικών ασθενειών. Στο MYCIN η ακρίβεια με την οποία υπολογίζεται η διάγνωση εξαρτάται από την πληρότητα της γνώσης που έχει παρασταθεί αλλά και από τον τρόπο παράστασης της.
Τα διαγνωστικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν ευρηματικές μεθόδους είναι απόλυτα εξειδικευμένα στην συγκεκριμένη εφαρμογή. Ένα διαγνωστικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για την διάγνωση σφαλμάτων σε ένα συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτου, πιθανώς να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο διαφορετικό τύπο αυτοκινήτου, λόγω του γεγονότος ότι οι παρατηρήσεις ειδικών που καταγράφονται για τον πρώτο να μην έχουν καμμία σχέση με τις παρατηρήσεις που καταγράφονται για τον δεύτερο. Είναι λοιπόν σαφές ότι τα συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται ευρηματικές μέθοδοι για την διάγνωση της συμπεριφοράς ενός συστήματος, είναι απόλυτα εξειδικευμένα όχι μόνο στο πεδίο εφαρμογής, (ιατρική, μηχανολογία), αλλά και στον συγκεκριμένο τύπο συστήματος στο οποίο γίνεται η διάγνωση.

Η δεύτερη θεωρητική προσέγγιση στην διαδικασία της διάγνωσης, είναι η διάγνωση από βασικές αρχές [36]. Στη διαδικασία αυτή απαιτείται παράσταση του μοντέλου του συστήματος (δομικές συνιστώσες και μεταξύ τους συνδέσεις). Στο [7] παρουσιάζονται βασικές έννοιες και ορισμοί για την προσέγγιση της διάγνωσης από βασικές αρχές.
Στην συγκεκριμένη προσέγγιση διάγνωσης, μπορούν να γίνουν οι εξής λογικοί φορμαλισμοί:

- **διάγνωση με βάση την συνέπεια**, *(consistency-based diagnosis)* ή **διάγνωση με βάση την απαγωγή**, *(abductive-based diagnosis).*
- διάγνωση με το **μοντέλο φυσιολογικής συμπεριφοράς του συστήματος** ή διάγνωση με βάση το **μοντέλο μη φυσιολογικής συμπεριφορά του συστήματος**.

Ο ορισμός που δίνεται για το μοντέλο ενός συστήματος είναι ο εξής [28]:
Ορισμός: Το μοντέλο ενός συστήματος είναι μία τριάδα (SD,$COMPS$,OBS) όπου

1. SD, είναι η περιγραφή του συστήματος δηλαδή το σύνολο των δομικών του συνιστωσών και των μεταξύ τους συνδέσεων.

2. $COMPS$, είναι το σύνολο των καταστάσεων των συνιστωσών του συστήματος. Είναι μία η-άδα $(S_1, S_2, .., S_\eta)$ όπου η είναι ο αριθμός των συνιστωσών του συστήματος και S_i είναι η κατάσταση (φυσιολογική ή μη) της i συνιστώσας του .

3. OBS, είναι το σύνολο των παρατηρήσεων, είναι μία μ-άδα $(In_1, In_2, .., In_i, Out_{i+1}, Out_{i+2}, .., Out_m)$ όπου In και Out είναι οι είσοδοι και έξοδοι του μοντέλου αντίστοιχα.

Οι θεωρητικές προσεγγίσεις στην διαγνωστική διαδικασία από βασικές αρχές είναι η *διάγνωση με βάση την συνέπεια* και *διάγνωση με βάση την απαγωγή*. Στην θεωρητική προσέγγιση της διάγνωσης με βάση την συνέπεια([12, 20, 36]) χρησιμοποιούνται μοντέλα της φυσιολογικής συμπεριφοράς του συστήματος. Στην προσέγγιση αυτή η διάγνωση θεωρείται το ελάχιστο σύνολο από **υποθέσεις**, *(assumptions)*, (προτάσεις για την μη φυσιολογική συμπεριφορά συνόλου συνιστωσών του συστήματος) έτσι ώστε το μοντέλο του συστήματος να είναι συνεπές με τις παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του. Στην θεωρητική προσέγγιση της διάγνωσης με βάση την απαγωγή([10, 32, 6]) χρησιμοποιούνται μοντέλα της μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του συστήματος για τον υπολογισμό της διάγνωσης. Στις προσεγγίσεις αυτές η διάγνωση είναι ένα ελάχιστο σύνολο μη φυσιολογικών θεωρήσεων το οποίο καλύπτει και συνάγει τις παρατηρήσεις.

Ο Reiter στο [36] παρουσιάζοντας την προσέγγιση βασιζόμενη στην συνέπεια, περιγράφει το μοντέλο ενός συστήματος ως ένα ζεύγος (SD,$COMPS$) όπου SD είναι η περιγραφή του συστήματος και $COMPS$ είναι ένα σύνολο σταθερών που αναφέρονται στις συνιστώσες του συστήματος. Η περιγραφή του συστήματος είναι ένα σύνολο λογικών προτάσεων που περιγράφουν τον τρόπο σύνδεσης των συνιστωσών και την φυσιολογική συμπεριφορά τους. Μία πρόταση AB, χρησιμοποιείται στην περιγραφή αυτή για να σημειώσει την μη φυσιολογική συμπεριφορά του συστήματος.
Μία διάγνωση Δ για το (SD,$COMPS$,OBS) όπου OBS είναι οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του συστήματος, είναι το ελάχιστο σύνολο $\Delta \in COMPS$ για το οποίο:

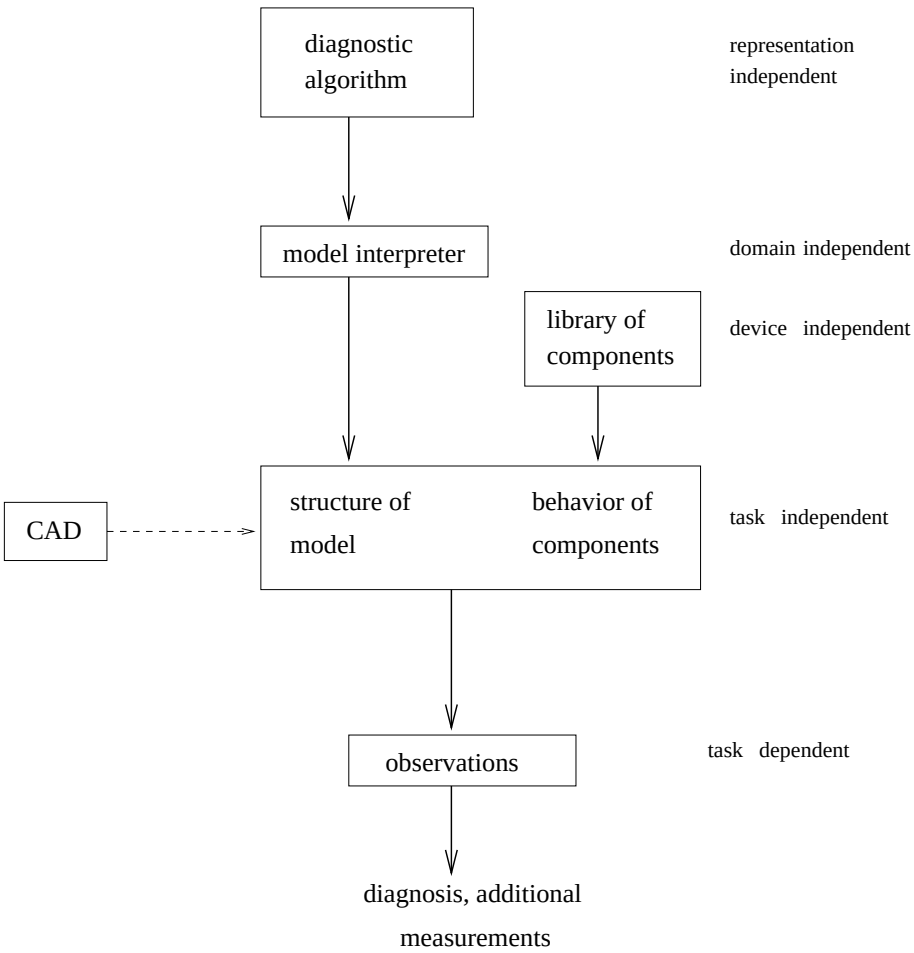
$$SD \bigcup OBS \bigcup \{AB(c) \mid c \in \Delta\} \bigcup \{\neg AB(c) \mid c \in COMPS - \Delta\}$$

Ο Poole στο [33] παρουσιάζοντας την θεωρητική προσέγγιση με απαγωγή, υποστηρίζει την ύπαρξη στην περιγραφή του συστήματος μοντέλων διαφορετικής συμπεριφοράς, χωρίς πάλι να διακρίνει την φυσιολογική από την μη φυσιολογική συμπεριφορά. Εισάγει την πρόταση $MODE\{c\}$ για να δηλώσει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η συνιστώσα c. Ο ίδιος στην θεωρητική προσέγγιση με απαγωγή ορίζει ως διάγνωση ένα ελάχιστο σύνολο από υποθέσεις, που μαζί με τις παρατηρήσεις του συστήματος συμπεραίνουν τις παρατηρήσεις, OBS:

$$SD \bigcup \{MODE\{c\} \mid c \in \Delta\} \models OBS$$

Η αρχιτεκτονική ενός διαγνωστικού συστήματος στο οποίο η διάγνωση γίνεται από βασικές αρχές βρίσκεται στο σχήμα 2.1.

Η ιδέα πίσω από την αρχιτεκτονική των συστημάτων αυτών είναι ότι ο διαγνωστικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ανεξάρτητος του πεδίου εφαρμογής και ότι η κατασκευή του μοντέλου του υπό μελέτη συστήματος είναι σχετικά εύκολη. Το μοντέλο



Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική ενός συστήματος το οποίο υποστηρίζει διάγνωση από βασικές αρχές

αυτό, ορίζεται σύμφωνα με την δομή και λειτουργία των επιμέρους συνιστωσών του. Η δομή του είναι διαθέσιμη από ένα σύστημα CAD και η συμπεριφορά του προκύπτει από μία βιβλιοθήκη ανεξάρτητη του συγκεκριμένου συστήματος, αλλά εξαρτόμενη του πεδίου εφαρμογής.

Οι προσεγγίσεις για διάγνωση από βασικές αρχές και με την χρήση ευρηματικών μεθόδων, διαφέρουν στην διαδικασία υπολογισμού της διάγνωσης και στην απαιτούμενη γνώση.

Στην πρώτη προσέγγιση από βασικές αρχές, το μοντέλο και οι αρχές λειτουργίας και συμπεριφοράς από τις οποίες διέπεται το σύστημα είναι γνωστές. Η παράσταση της γνώσης αυτής γίνεται αυστηρά με μαθηματικά μοντέλα (λογικές προτάσεις πρώτης τάξεως, γλώσσα παράστασης σχέσεων αιτίου-αιτιατού, κλπ.). Δεδομένης της παράστασης

της συγκεκριμένης γνώσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές προσεγγίσεις υπολογισμού της διάγνωσης ενός συστήματος που δυσλειτουργεί.
Στην δεύτερη προσέγγιση με την χρήση ευρηματικών μεθόδων η γνώση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διαγνωστική διαδικασία προέρχεται από παρατήρηση της συμπεριφοράς του συστήματος και από την εμπειρία ειδικών για το υπό μελέτη σύστημα.

2.3 Παρουσίαση κατηγοριών Διαγνωστικών Συστημάτων

Τα διαγνωστικά συστήματα και πιο συγκεκριμένα τα *έξυπνα διαγνωστικά συστήματα* μπορούν να διακριθούν σε κατηγορίες συστημάτων ανάλογα με την θεωρητική προσέγγιση που ακολουθούν στον υπολογισμό της διάγνωσης και ανάλογα με τον τρόπο παράστασης γνώσης και εξαγωγής γνώσης που χρησιμοποιούν. Μία σύντομη παρουσίαση των τύπων διαγνωστικών συστημάτων βρίσκεται στο [4].

Τα **έμπειρα συστήματα**, *(expert systems)*, είναι συστήματα στα οποία μοντελοποιείται η γνώση και οι συλλογιστικές ικανότητες των ειδικών για την διάγνωση συστημάτων αλλά σε ένα περιορισμένο πεδίο εφαρμογών. Τα έμπειρα συστήματα αποτελούνται από μία **βάση γνώσης**, *(knowledge base)* και από μία **μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων**, *(inference engine)*. Στην βάση γνώσης καταγράφονται οι παρατηρήσεις των ειδικών για την λειτουργία του συστήματος και η συλλογιστική διαδικασία υπολογισμού διάγνωσης από τις παρατηρήσεις αυτές. Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων χρησιμοποιεί την παραπάνω διαθέσιμη γνώση και τις παρατηρήσεις που παρουσιάζονται στο σύστημα για να τον υπολογισμό της διάγνωσης.
Η γνώση που χρησιμοποιείται από ένα έμπειρο σύστημα παριστάνεται με διαφορετικούς τρόπους. Τα περισσότερο συνηθισμένα μοντέλα παράστασης γνώσης που χρησιμοποιούνται από ένα έμπειρο σύστημα είναι οι τριάδες (ον,γνώρισμα, τιμή γνωρίσματος), οι κανόνες, τα σημασιολογικά δίκτυα, τα πλαίσια κοκ. Για να υπολογιστεί η διάγνωση σε ένα έμπειρο σύστημα, παρουσιάζονται σε αυτό οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του υπό μελέτη συστήματος. Το έμπειρο σύστημα χρησιμοποιώντας την διαθέσιμη γνώση και τις παρατηρήσεις αυτές, υπολογίζει νέα γεγονότα. Τα γεγονότα αυτά ελέγχονται με την ήδη υπάρχουσα γνώση ώστε να εντοπιστούν πιθανές ασυνέπειες, δηλαδή τα γεγονότα τα οποία προκύπτουν να είναι ασυνεπή με την ήδη καταγεγραμμένη γνώση. Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων, μέσω της παραπάνω επαναλαμβανόμενης διαδικασίας, εντοπίζει τις ασυνέπειες αυτές τις οποίες και προσπαθεί να επιλύσει με την διαγραφή ή εισαγωγή γεγονότων στην βάση γνώσης.
Η διαγνωστική διαδικασία στα έμπειρα συστήματα είναι αδιαφανής για τους χρήστες του συστήματος. Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού κανόνων (που είναι και ο συνηθέστερος τρόπος

παράστασης γνώσης στα συστήματα αυτά), κάνει σχεδόν αδύνατη την διαφάνεια στην διαγνωστική διαδικασία. Λόγω της ύπαρξης των κανόνων και της φύσης της διαγνωστικής διαδικασίας, ο χρόνος υπολογισμού μίας διάγνωσης είναι αρκετά μεγάλος.
Η εισαγωγή νέας γνώσης στο σύστημα είναι επίσης μία ιδιαίτερη δύσκολη διαδικασία και προϋποθέτει τον έλεγχο της συνέπειας της γνώσης μετά την πράξη αυτή και την επανεξέταση όλων των προτάσεων που υπάρχουν στην βάση γνώσης. Ο σχεδιασμός των έμπειρων συστημάτων απαιτεί την καταγραφή και την παράσταση της γνώσης των ειδικών στο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής με τρόπο ο οποίος επιτρέπει την χρήση της για την εξαγωγή νέων συμπερασμάτων.
Η πλειοψηφία των ειδικών συστημάτων χρησιμοποιεί ευρηματικές μεθόδους στην διαδικασία της διάγνωσης. Για την καλύτερη απόδοση των εμπείρων συστημάτων χρησιμοποιούνται εκτός από ευρηματικές μεθόδους και μέθοδοι που υπολογίζουν την διάγνωση από βασικές αρχές. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται **ρηχή γνώση**, *(shallow knowledge)* και **βαθειά γνώση**, *(deep knowledge)* για τον υπολογισμό της διάγνωσης. Οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του υπό μελέτη συστήματος που παρουσιάζονται στο έμπειρο σύστημα χρησιμοποιούνται μαζί με την ρηχή γνώση (πρότερη εμπειρία και γνώση ειδικών) για τον υπολογισμό μίας πρώτης διάγνωσης του υπό μελέτη συστήματος. Στην περίπτωση εκείνη στην οποία δεν μπορεί να υπολογιστεί διάγνωση (λόγω ασυνεπειών ή μη πλήρους παράστασης γνώσης), χρησιμοποιείται η βαθειά γνώση (μοντέλο του συστήματος και της λειτουργίας του) για τον υπολογισμό της τελικής διάγνωσης. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια έμπειρα συστήματα διάγνωσης.

Το έμπειρο σύστημα *VMES, Versatile Maintenance Expert System*, χρησιμοποιείται στην διάγνωση σφαλμάτων σε ηλεκτρικά κυκλώματα [39]. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μία βάση γνώσης στην οποία παριστάνεται, με την χρήση σημασιολογικού δικτύου, η γνώση για τις δομικές και λειτουργικές συνιστώσες του υπό μελέτη συστήματος και από μία μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων. Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων, δεδομένων των παρατηρήσεων που παρουσιάζονται στο υπό μελέτη σύστημα, χρησιμοποιεί την γνώση για το μοντέλο του συστήματος για τον υπολογισμό της διάγνωσης που εξηγεί τις παρατηρήσεις.

Το έμπειρο σύστημα *Attitude Control Expert System* [30] έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί για την διάγνωση ανωμαλιών στην λειτουργία δορυφόρων. Η γνώση που χρησιμοποιείται είναι τόσο η εμπειρία και οι παρατηρήσεις ειδικών για την συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος, όσο και η γνώση για το μοντέλο του συστήματος.
Η διαδικασία της διάγνωσης που ακολουθείται στο *Attitude Control Expert System*, χρησιμοποιεί αρχικά την εμπειρική γνώση για να υπολογιστεί ένα σύνολο διαγνώσεων οι οποίες εξηγούν τις παρατηρήσεις. Στην περίπτωση που η διάγνωση που υπολογίζεται δεν

είναι ικανοποιητική, χρησιμοποιείται το μοντέλο του συστήματος για να επιβεβαιώσει ή να υπολογίσει νέα διάγνωση.

Το έμπειρο σύστημα *DEPAM* [42] χρησιμοποιεί εμπειρικούς κανόνες και μοντέλο της δομής και της φυσιολογικής λειτουργίας του συστήματος. Η γνώση παριστάνεται με την χρήση ενός σημασιολογικού δικτύου στο οποίο η γνώση έχει παρασταθεί σε δύο επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, παριστάνονται οι συσχετίσεις μεταξύ παρατηρήσεων και διαγνώσεων και στο δεύτερο επίπεδο παριστάνεται πληροφορία για το μοντέλο του υπό μελέτη συστήματος. Στο σύστημα επίσης υπάρχει και ένα λεξιλόγιο όρων συμπτωμάτων. Η διαγνωστική διαδικασία στο συγκεκριμένο σύστημα, χρησιμοποιεί αρχικά τις εμπειρικές συσχετίσεις συμπτωμάτων και διαγνώσεων για να βρει μία διάγνωση από τις υπάρχουσες η οποία εξηγεί τα συμπτώματα. Στην περίπτωση εκείνη στην οποία η διάγνωση που υπολογίζεται δεν είναι η τελική, χρησιμοποιείται το μοντέλο δομής και λειτουργίας του συστήματος για τον υπολογισμό της τελικής. Το έμπειρο αυτό σύστημα χρησιμοποιεί τόσο βαθειά όσο και ρηχή γνώση για το υπό μελέτη σύστημα για τον υπολογισμό μίας τελικής διάγνωσης.

Μία άλλη κατηγορία διαγνωστικών συστημάτων, τα **συστήματα διατήρησης αλήθειας**, *(truth maintenance systems)* αποτελούν ένα παράδειγμα συστημάτων στα οποία η διάγνωση γίνεται από βασικές αρχές.
Στην βάση γνώσης που χρησιμοποιούν τα συστήματα αυτά, παριστάνεται το μοντέλο της δομής και της λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος. Η διαγνωστική διαδικασία στα συστήματα αυτά έχει βασικό της σκοπό την διατήρηση προτάσεων για την λειτουργία του συστήματος όπως προκύπτουν με την θεώρηση του μοντέλου του. Στα συστήματα διατήρησης αλήθειας, η βάση γνώσης D περιέχει κανόνες που περιγράφουν την λειτουργία των συστημάτων στο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής. Η βάση γνώσης διαμερίζεται στο σύνολο C των προτάσεων που περιγράφουν το μοντέλο της δομής του υπό μελέτη συστήματος και στο σύνολο A των προτάσεων που περιγράφουν υποθέσεις της συμπεριφοράς του συστήματος. Συνεπώς η βάση γνώσης είναι η $D = C \bigcup A$. Μία **εξήγηση**, *(explanation)* για μία πρόταση p είναι ένα ελάχιστο σύνολο $E \subset A$ προτάσεων το οποίο μαζί με το σύνολο C είναι ικανά να συμπεράνουν την πρόταση p. Ουσιαστικά μία εξήγηση για μία πρόταση p είναι ένα σύνολο από υποθέσεις οι οποίες πρέπει να ισχύουν ώστε η πρόταση p να είναι αληθής. Η διαδικασία του υπολογισμού μίας εξήγησης σε αυτά τα συστήματα είναι η εξής: Η εισαγωγή μίας πρότασης p στο σύστημα μπορεί να μην είναι συνεπής με τις υποθέσεις που ήδη υπάρχουν. Οι υποθέσεις αυτές όπως και τα συμπεράσματα που βασίζονται σε αυτές, πρέπει να αναγνωριστούν και να αφαιρεθούν από την βάση γνώσης. Σε μία διαδικασία διάγνωσης, η χρήση του συστήματος διατήρησης αλήθειας έχει βασικό σκοπό την εύρεση όλων των εξηγήσεων για την πρόταση $\neg p$ που

βρίσκονται στην βάση γνώσης. Οι εξηγήσεις αυτές είναι μία $\kappa - \acute{\alpha}\delta\alpha$ $(e_1, e_2, .., e_k)$. Έπειτα βρίσκεται ένα ελάχιστο σύνολο $\aleph$ θεωρήσεων οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με την πρόταση p. Αυτές οι υποθέσεις πρέπει να ανακληθούν από την βάση γνώσης το σύνολο δηλαδή $\aleph$ να αφαιρεθεί από το D. Με την ανάκληση αυτών των προτάσεων από την βάση γνώσης, μπορεί να προστεθεί το νέο γεγονός p. Το παραπάνω σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάγνωση όπως αναφέρουν οι [15] το τμήμα A της βάσης γνώσης αντιστοιχεί στις υποθέσεις για την σωστή λειτουργία του συστήματος και το σύνολο C αντιστοιχεί στα γεγονότα που περιγράφουν την συμπεριφορά του συστήματος στο οποίο γίνεται η διάγνωση.

Μία συγκεκριμένη κατηγορία έμπειρων συστημάτων είναι τα **συστήματα εξαγωγής συμπερασμάτων από περιπτώσεις**, *case-based reasoning systems* [37, 38]. Η πληροφορία που χρησιμοποιείται στα συστήματα αυτά, είναι περιπτώσεις οι οποίες μη φυσιολογικών καταστάσεων λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος και ενέργειες οι οποίες πραγματοποιούνται στις περιπτώσεις αυτές.
Ο ορισμός που δίνεται στην έννοια της περίπτωσης, *(case)* είναι ο εξής [23]:
Μία περίπτωση είναι η καταγραφή υπάρχουσας γνώσης που χρησιμοποιείται στην συλλογιστική διαδικασία για την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων.
Οι περιπτώσεις σε ένα σύστημα εξαγωγής συμπερασμάτων από περιπτώσεις , αποθηκεύονται σε μία βιβλιοθήκη και είναι δεικτοδοτημένες κατάλληλα ώστε η ανάκληση τους να είναι αποτελεσματική.
Δεδομένης μίας συγκεκριμένης εισόδου (συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος), ανακαλούνται από το σύστημα οι περιπτώσεις εκείνες οι οποίες είναι περισσότερο όμοιες σε αυτήν. Ο αλγόριθμος της ανάκλησης βασίζεται στον υπολογισμό της ομοιότητας μεταξύ των περιπτώσεων που ήδη υπάρχουν μέσα στο σύστημα και της περίπτωσης που παρουσιάζεται στο διαγνωστικό σύστημα. Τα ζητήματα που τίθενται σε αυτή την περίπτωση είναι:

- ο τρόπος παράστασης των περιπτώσεων,
- και ο αλγόριθμος ανάκλησης περιπτώσεων που βρίσκονται στην βιβλιοθήκη.

Τα συστήματα στα οποία παριστάνονται περιπτώσεις λειτουργίας του συστήματος στον υπολογισμό της διάγνωσης, διαφέρουν σημαντικά τόσο από τα έμπειρα συστήματα, όσο και από τα συστήματα διατήρησης αλήθειας. Στα έμπειρα συστήματα χρησιμοποιείται η γνώση των ειδικών και η συλλογιστική διαγνωστική διαδικασία που χρησιμοποιούν. Στα συστήματα διατήρησης αλήθειας χρησιμοποιείται το μοντέλο του υπό μελέτη συστήματος για τον υπολογισμό της διάγνωσης. Αντίθετα στα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι παρατηρήσεις που έχουν καταγραφεί στην βιβλιοθήκη

του συστήματος για την εύρεση όμοιων με αυτές περιπτώσεων.

Τέλος, μία σημαντική κατηγορία συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε διαγνωστικές διαδικασίες είναι τα **συστήματα μάθησης**, *(learning systems)*. Ένα σύστημα μάθησης, είναι ένα σύστημα το οποίο έχει την δυνατότητα να μάθει από τα δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται σε αυτό. Τα συστήματα μάθησης χρησιμοποιούν μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, στατιστική αναγνώριση προτύπων, συντακτική αναγνώριση προτύπων για να εξάγουν γνώση από τα δεδομένα με τα οποία τροφοδοτούνται. Μία βασική ταξινόμηση των συστημάτων μάθησης είναι σε **επαγωγικά συστήματα μάθησης**, *(inductive learning systems)*, και σε **απαγωγικά συστήματα μάθησης**, *(deductive learning systems)*.

Τα επαγωγικά συστήματα μάθησης έχουν βασικό σκοπό την εξαγωγή γνώσης από πληροφορία που παρουσιάζεται στο σύστημα. Τα απαγωγικά συστήματα μάθησης, έχουν αρχικά διαθέσιμη όλη την γνώση, και προσπαθούν να συνάγουν χρησιμοποιώντας την, τις νέες παρατηρήσεις που παρουσιάζονται σε αυτό [22].

Τα επαγωγικά συστήματα μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διαδικασία διάγνωσης ως εξής: στο σύστημα παρουσιάζονται περιπτώσεις διαγνωστικών προβλημάτων και λύσεις που παίρνονται στις περιπτώσεις αυτές. Για παράδειγμα, στην περίπτωση εκείνη στην οποία είναι διαθέσιμο ένα σύνολο συμπτωμάτων του υπό μελέτη συστήματος και διαγνώσεις ειδικών για αυτά, τότε με την χρήση ενός επαγωγικού συστήματος, θα προέκυπταν οι σχέσεις μεταξύ των συμπτωμάτων και των διαγνώσεων. Τα επαγωγικά συστήματα μάθησης, χρησιμοποιούνται στα πεδία εκείνα στα οποία οι αρχές από τις οποίες διέπονται τα υπό μελέτη συστήματα είναι δύσκολο να παρασταθούν με μαθηματικά μοντέλα (ιατρική διάγνωση, πρόβλεψη καιρού κτλ.).

Τα επαγωγικά συστήματα χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους εξαγωγής συμπερασμάτων από την γνώση που παρουσιάζεται σε αυτά. Οι μέθοδοι αυτοί είναι τα **δέντρα απόφασης**, *(decision trees)*, τα **νευρωνικά δίκτυα**, *(neural networks)* και η **στατιστική αναγνώριση προτύπων**, *(statistical pattern recognition)*.

2.4 Παρουσίαση Συστημάτων Διάγνωσης Σφαλμάτων σε Μηχανήματα

Στην συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται ένα έμπειρο σύστημα διάγνωσης σφαλμάτων σε μηχανήματα. Το έμπειρο σύστημα **DAX/MED2** [34] χρησιμοποιείται για την εξασφάλιση ποιότητας σε αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων και αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο της Καλσρούης σε συνεργασία με την γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία Mercedez-Benz όπου και χρησιμοποιείται από το 1990.

Το έμπειρο σύστημα DAX/MED2, χρησιμοποιεί 200 περιπτώσεις συμπτωμάτων που

έχουν καταγραφεί στο σύστημα (παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του υπό μελέτη συστήματος), 800 διαγνώσεις (κλάσεις στις οποίες μπορούν να ταξινομηθούν τα σφάλματα του υπό μελέτη συστήματος) και τέλος 3500 κανόνες οι οποίοι καταγράφουν γνώση ειδικών για το σύστημα.
Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται στο DAX/MED2 είναι ευρηματικοί και διατυπώνονται από ειδικούς της συγκεκριμένης εφαρμογής. Λόγω της εξαιρετικής πολυπλοκότητας του υπό μελέτη συστήματος (280 δομικές συνιστώσες και εξαιρετική πολυπλοκότητα στην δομή και στην λειτουργία του) η διατύπωση κανόνων για την παράσταση των αρχών της λειτουργίας του είναι μία μη εφικτή διαδικασία. Έχει επίσης αποδεικτεί ότι οι έμπειροι χρήστες του συστήματος χρησιμοποιούν κατά την διαγνωστική διαδικασία την διαρκώς εξελισόμενη εμπειρία και γνώση τους.

Το έμπειρο σύστημα DAX/MED2 έχει αναπτυχθεί με την χρήση του κελύφους έμπειρων συστημάτων MED2 το οποίο χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις στις οποίες γίνεται διάγνωση με **ευρηματικές μεθόδους ταξινόμησης**, *(heuristic classification techniques)*.
Ένα πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί με ευρηματικές μεθόδους ταξινόμησης όταν:

- το πρόβλημα μπορεί να χαρακτηριστεί από ένα συγκεκριμένο αριθμό περιπτώσεων,
- υπάρχει ένα συγκεκριμένο σύνολο λύσεων, διαγνώσεων για το πρόβλημα,
- και τέλος υπάρχουν ευρηματικές συσχετίσεις δηλαδή ένα σύμπτωμα μπορεί να σχετιστεί με μία διάγνωση.

Η διαδικασία της **απαγωγής**, *(abduction)* χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων στα οποία ακολουθείται η τεχνική της ευρηματικής ταξινόμησης. Με την μέθοδο της απαγωγής ανακαλύπτονται από τις λύσεις που έχουν καταγραφεί εκείνες οι οποίες οδηγούν στις παρατηρήσεις. Οι απαιτήσεις οι οποίες υπάρχουν για τα εργαλεία τα οποία πραγματοποιούν διάγνωση με ευρηματικές μεθόδους ταξινόμησης είναι οι εξής:

- έλεγχος των δεδομένων εισόδου, δεδομένου ότι μπορεί να είναι περιγραφές με αρκετά περιττά στοιχεία,
- αξιολόγηση των υποθέσεων με ανακριβή πληροφορία,
- αξιολόγηση των υποθέσεων με μη πλήρη πληροφορία,
- αναγνώριση πολλαπλών διαγνώσεων,
- διαιρεσιμότητα της βάσης γνώσης,
- και τέλος αποτελεσματική απόδοση της βάσης γνώσης.

Οι βασικοί μηχανισμοί εξαγωγής συμπερασμάτων οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο MED2 για την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων είναι η χρήση της στρατηγικής **υπόθεσης-και-ελέγχου**, *(hypothesize-and-test strategy)* και η δυνατότητα χειρισμού εξαιρέσεων.

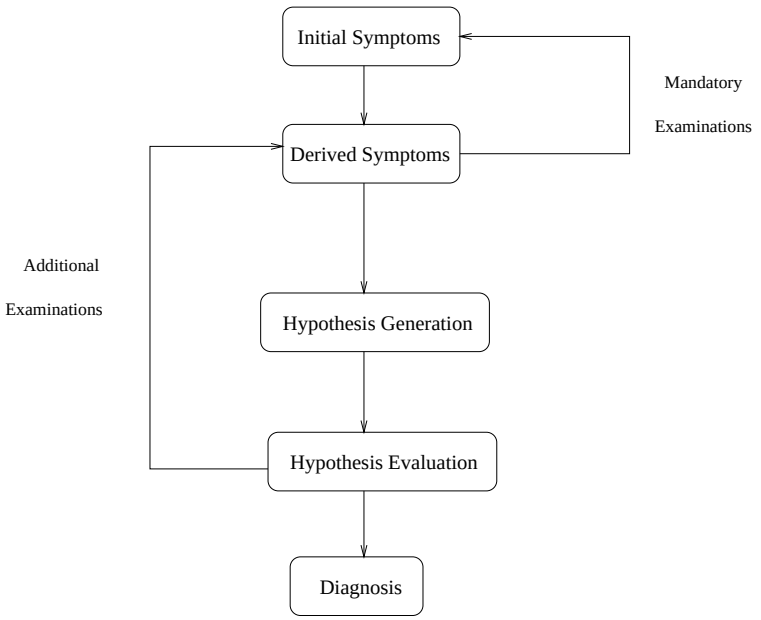
Η στρατηγική της υπόθεσης-και-ελέγχου σημαίνει παραγωγή και έλεγχο υποθέσεων από τα αρχικά συμπτώματα. Η παραγωγή των υποθέσεων γίνεται με την χρήση εξαγωγής συμπερασμάτων από τα αρχικά δεδομένα ενώ ο έλεγχος γίνεται με την χρήση επιπλέον πληροφορίας για την αξιολόγηση υποψήφιων λύσεων.
Η επιπλέον πληροφορία για την παραγωγή και τον έλεγχο των υποθέσεων γίνεται με την χρήση ενός **συνόλου ερωτήσεων**, *(questionset)*. Ένα σύνολο ερωτήσεων είναι ένας **τύπος αντικειμένου**, *(object type)* της βάσης γνώσης στο οποίο ανήκουν σχετικές ερωτήσεις Κάθε διάγνωση που έχει καταγραφεί στην βάση γνώσης συνοδεύεται από ένα σύνολο ερωτήσεων οι οποίες επιτρέπουν την περαιτέρω εξήγηση της. Το MED2 χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο τύπο κανόνων οι οποίοι υποδεικνύουν την χρήση των συνόλων ερωτήσεων. Στο σχήμα 2.2 παρουσιάζεται η στρατηγική της **υπόθεσης-και-ελέγχου**.

Η διαγνωστική διαδικασία στο έμπειρο σύστημα DAX/MED2, μπορεί να διαχωριστεί στις εξής φάσεις: στην φάση **εξαγωγής συμπερασμάτων από την βάση δεδομένων** και στην φάση **εξαγωγής συμπερασμάτων κατά την διαγνωστική διαδικασία**.

Στην φάση εξαγωγής συμπερασμάτων από την βάση δεδομένων υπολογίζονται συγκεκριμένα αριθμητικά αποτελέσματα όπως (χιλιόμετρα του αυτοκινήτου κτλ), πραγματοποιείται μία αφαιρετική διαδικασία στην οποία σε ποσοτικές τιμές αποδίδονται ποιοτικές περιγραφές. Στην φάση της εξαγωγής συμπερασμάτων κατά την διαγνωστική διαδικασία, χρησιμοποιείται ένα σύνολο κανόνων με το οποίο δημιουργούνται κάποιες υποθέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην τελική διάγνωση. Μία διάγνωση ισχύει όταν ενεργοποιούνται οι κανόνες οι οποίοι οδηγούν σε αυτή και το αποτέλεσμα που δίνουν υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο κατώφλι. Ο συνδυασμός εξαγωγής συμπερασμάτων από την βάση δεδομένων και της εξαγωγής συμπερασμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3

Στην βάση γνώσης του DAX/MED2 υπάρχουν οι ακόλουθοι τύποι αντικειμένων καθένας από τους οποίους έχει ένα σύνολο από γνωρίσματα. Οι τύποι αυτοί είναι οι:

- **manifestations**, συμπτώματα τα οποία παρατηρούνται ή αναφορές συμπτωμάτων οι οποίες μπορούν να προκύψουν από επιπλέον ελέγχους του υπό μελέτη συστήματος,
- **questionset**, σύνολα ερωτήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες του DAX/MED2 για την καλύτερη περιγραφή των συμπτωμάτων που παρουσιάζονται στο σύστημα,
- **diagnoses**, κλάσεις διαγνώσεων ή λύσεις,



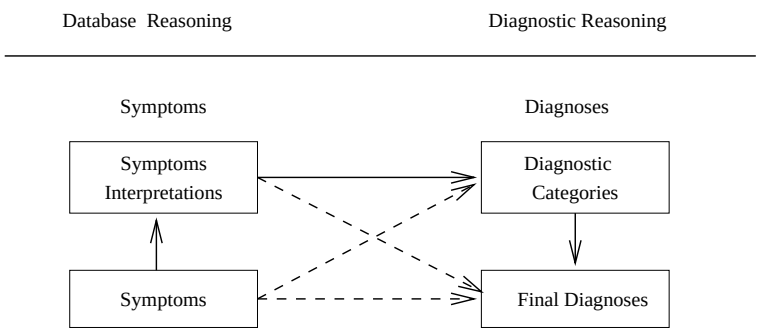
Σχήμα 2.2: Η στρατηγική **υπόθεσης-και-ελέγχου** στο DAX/MED2

Από το αρχικό σύνολο των συμπτωμάτων εξάγονται νέα συμπτώματα με την χρήση συνόλων ερωτήσεων όπως έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης του DAX/MED2. Το έμπειρο σύστημα δεδομένου του αρχικού συνόλου συμπτωμάτων μπορεί να προτείνει επιπλέον ελέγχους και ερωτήσεις οι οποίες διελευκάνουν τις παρατηρήσεις. Κάποιες από τις ερωτήσεις ή τους ελέγχους μπορεί να είναι υποχρεωτικοί στην διαδικασία αυτή. Από το σύνολο των συμπτωμάτων τα οποία έχουν προκύψει κατά την παραπάνω εξέταση, παράγονται κάποιες υποθέσεις οι οποίες εξηγούν τα συμπτώματα που παρατηρούνται. Από τις υποθέσεις αυτές κάποιες αξιολογούνται χωρίς να αποκλείεται η χρήση επιπλέον ερωτήσεων. Από τις υποθέσεις οι οποίες έχουν αξιολογηθεί επιλέγονται εκείνες οι οποίες είναι ισχυρότερες και χαρακτηρίζονται ως διαγνώσεις.

- **variants**, εναλακτικές προτάσεις για διαγνώσεις και τέλος
- **rules**, κανόνες που χρησιμοποιούνται στην διαγνωστική διαδικασία,

Τα γνωρίσματα των τύπων αντικειμένων που υποστηρίζονται στην βάση γνώσης του DAX/MED2 διακρίνονται σε **στατικά**, **ημι-στατικά** και τέλος **δυναμικά**.
Τα στατικά γνωρίσματα εισάγονται από τους ειδικούς κατά την καταγραφή της γνώσης στο σύστημα. Τα ημι-στατικά γνωρίσματα προκύπτουν από τα δυναμικά και στατικά γνωρίσματα και τέλος τα δυναμικά γνωρίσματα τα οποία προκύπτουν κατά την διαδικασία επίλυσης του προβλήματος.

Οι κανόνες οι οποίοι έχουν καταγραφεί στο DAX/MED2 είναι της μορφής:
`CONTEXT & CONDITION ⇒ ACTION | EXCEPTIONS`
Το **πλαίσιο**, *(context)* χρησιμοποιείται για να οργανωθούν οι κανόνες σε σύνολα και πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν αυτοί ενεργοποιηθούν. Η **συνθήκη**, *(condition)* περιέχει ένα



Σχήμα 2.3: Συσχέτιση της διαδικασίας εξαγωγής συμπερασμάτων από την βάση δεδομένων και της εξαγωγής συμπερασμάτων κατά την διαγνωστική διαδικασία

λογικό συνδυασμό από προτάσεις οι οποίες πρέπει να ισχύουν. Οι **ενέργειες**, *(actions)* χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση συνόλου ερωτήσεων ή για την αναγνώριση αντιθέσεων και την απόρριψη συνόλων απαντήσεων. Η παράσταση αυτή έχει επίσης την ικανότητα να λαμβάνει υπόψη της και να διαχωρίζει **εξαιρέσεις**, *(exceptions).*

Ένα βασικό προτέρημα του συστήματος είναι η υποστήριξη της **διαδικασίας απόκτησης γνώσης**, *(knowledge aquisition process).* Το σύστημα προσφέρει γραφικό περιβάλλον στο οποίο επιτρέπεται στον χρήστη του συστήματος να χτίσει την βάση γνώσης. Με την χρήση του συγκεκριμένου γραφικού περιβάλλοντος επιτρέπεται στον ειδικό να έχει μία συνολική ή μερική άποψη των ιεραρχιών διαγνώσεων και συμπτωμάτων όπως έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης του DAX/MED2. Με την χρήση κατάλληλων πράξεων ενημέρωσης της βάσης γνώσης, επιτρέπεται η συνεπής ενημέρωση της βάσης γνώσης μέσα από το γραφικό εργαλείο του έμπειρου συστήματος.

Κεφάλαιο 3

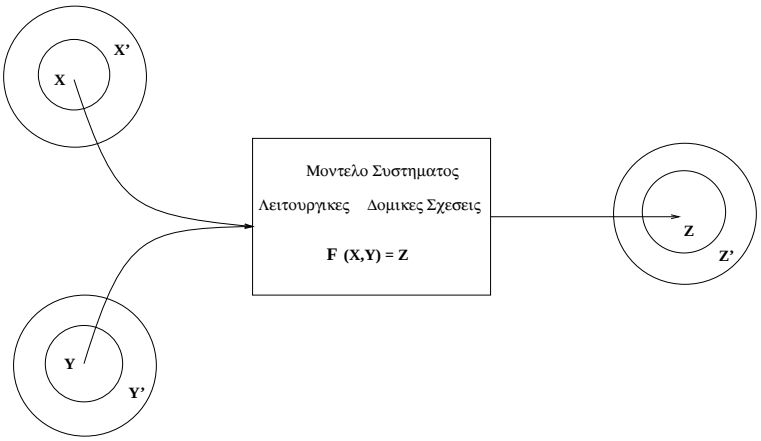
Διάγνωση Σφαλμάτων

Η διαγνωστική διαδικασία έχει αφετηρία τις παρατηρήσεις των χρηστών για την συμπεριφορά και λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι αναφορές μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του σε συγκεκριμένες συνθήκες και χρησιμοποιούνται στον εντοπισμό των υπεύθυνων συνιστωσών για την συμπεριφορά αυτή. Η διαγνωστική διαδικασία χρησιμοποιεί γνώση για το σύστημα που μπορεί να είναι αφενός γνώση των ειδικών και παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του και αφετέρου οι δομικές συνιστώσες του και οι μεταξύ τους λειτουργικές συνδέσεις.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται εν συντομία το μοντέλο της λειτουργίας και συμπεριφοράς ενός φυσικού συστήματος. Παρουσιάζονται επίσης οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στο ΜΔΣ και οι ορισμοί τους όπως και ένα σενάριο χρήσης του ΜΔΣ.

3.1 Μοντέλο Φυσικού Συστήματος

Τα **φυσικά συστήματα**, *(physical systems)* [18], είναι σύνθετα συστήματα των οποίων η συμπεριφορά διέπεται από φυσικές αρχές. Τα συστήματα λογισμικού αποτελούν περισσότερο απλουστευμένα συστήματα από τα φυσικά δεδομένου του γεγονότος ότι η συμπεριφορά τους μπορεί να οριστεί με αιτιοκρατικές διαδικασίες. Αντίθετα για τα φυσικά συστήματα δεν υπάρχει ένα αυστηρά προκαθορισμένο μοντέλο της λειτουργίας τους και της συμπεριφορά τους δεδομένης της ύπαρξης φυσικών φαινομένων που τα διέπουν. Ένα φυσικό σύστημα μπορεί να επιτελέσει μία ή ένα σύνολο από λειτουργίες. Ένα φυσικό σύστημα μπορεί να επιτελέσει μία **λειτουργία**, *(function)* $\mathcal{F}$ όταν, ένας χρήστης, σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και χρησιμοποιώντας το σύστημα επιτελεί την λειτουργία αυτή [18].



Σχήμα 3.1: Μοντέλο Συστήματος

Η λειτουργία ενός συστήματος μπορεί επίσης να οριστεί αναφορικά με την ροή πληροφορίας και την διαχείριση των πόρων στο συγκεκριμένο σύστημα βάσει των κανόνων λειτουργίας από τους οποίους αυτό διέπεται.

Στην δεύτερη προσέγγιση, η λειτουργία ενός φυσικού συστήματος μπορεί να προσεγγιστεί με κανόνες της μορφής $F(x, y) = z$ όπου x είναι οι ελεγχόμενες και y οι μη ελεγχόμενες μεταβλητές που επηρεάζουν την λειτουργία του. Οι μη ελεγχόμενες μεταβλητές που επηρεάζουν λειτουργία ενός συστήματος, είναι οι συνθήκες του **περιβάλλοντος** *(context)* μέσα στο οποίο αυτό λειτουργεί. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι οι μη ελεγχόμενες μεταβλητές δεδομένου ότι οι τιμές τους δεν μπορούν να καθοριστούν αλλά και ούτε να επηρεαστούν από τον χρήστη του εν λόγω συστήματος. Οι ελεγχόμενες μεταβλητές που επηρεάζουν την λειτουργία του συστήματος είναι οι συνθήκες χρήσης του, των οποίων τις τιμές μπορεί να καθορίσει ο χρήστης.
Επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον μας από το σύνολο των φυσικών συστημάτων στα οχήματα όπως αυτοκίνητα, παραδείγματα ελεγχόμενων μεταβλητών είναι η ταχύτητα, η φυσική κατάσταση του αυτοκινήτου (λίπανση, υγρά) κτλ. Παραδείγματα μη ελεγχόμενων μεταβλητών είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η υγρασία, η κατάσταση του οδοστρώματος κτλ.
Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται μία απεικόνιση του μοντέλου λειτουργίας ενός συστήματος. Στο σχήμα 3.1, οι κανόνες της μορφής $F(x, y) = z$ προσομοιώνουν την λειτουργία του συστήματος δεδομένων των μεταβλητών εισόδου x και y, όπου x είναι οι ελεγχόμενες μεταβλητές και y οι μη ελεγχόμενες μεταβλητές. Το σύνολο $\mathcal{X}'$ συγκεντρώνει όλες τις τιμές των ελεγχόμενων μεταβλητών και από το σύνολο αυτό επιλέγονται οι τιμές εκείνες για τις οποίες ορίζεται η λειτουργία του συστήματος που ορίζουν το υποσύνολο τιμών

$\mathcal{X}$. Το σύνολο $\mathcal{Y}'$ παριστάνει όλες εκείνες τις τιμές που μπορούν να πάρουν οι μη ελεγχόμενες μεταβλητές κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος. Από αυτό το σύνολο των μη ελεγχόμενων μεταβλητών προσδιορίζεται ένα υποσύνολο $\mathcal{Y}$ για τις οποίες η συμπεριφορά του συστήματος είναι ορισμένη. Οι τιμές των μεταβλητών (ελεγχόμενων και μη ελεγχόμενων) που ανήκουν στα σύνολα $\mathcal{X}$ και $\mathcal{Y}$ ορίζουν τα όρια μέσα στα οποία μπορεί το συγκεκριμένο σύστημα να λειτουργήσει.
Δεδομένων των συνόλων $\mathcal{X}'$ και $\mathcal{Y}'$ και των κανόνων που διέπουν την λειτουργία του συστήματος αυτού, η συμπεριφορά του παίρνει τιμές στο σύνολο $\mathcal{Z}'$. Το υποσύνολο του $\mathcal{Z}$, είναι οι φυσιολογικές τιμές συμπεριφοράς του, δεδομένων επιτρεπτών τιμών εισόδων για τις παραμέτρους που επηρεάζουν την λειτουργία του.

Η λειτουργία ενός συστήματος χαρακτηρίζεται από μία ακολουθία διακριτών καταστάσεων. Οι πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το σύστημα αντιπροσωπεύονται από διακριτά σημεία μέσα στον χρόνο. Οι καταστάσεις αυτές στις οποίες το σύστημα μπορεί να βρεθεί δεν επικαλύπτονται και κάθε κατάσταση περιγράφεται με ένα διάνυσμα το οποίο περιέχει πληροφορία για όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν την λειτουργία του. Κάθε κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από ‘‘κομμάτια μοντέλου”, (model fragments), καθένα από τα οποία παριστά είτε μία φυσική συνιστώσα είτε μία διεργασία του συστήματος δηλαδή ένα φυσικό φαινόμενο. Για καθένα από αυτά τα ‘‘κομμάτια μοντέλου” υπάρχουν οι φυσικές συνιστώσες του συστήματος που χαρακτηρίζονται από κάποια συγκεκριμένη κατάσταση και οι συνθήκες οι οποίες πρέπει να ισχύουν ώστε οι συνιστώσες αυτές να βρίσκονται στην κατάσταση αυτή. Δεδομένης λοιπόν μίας κατάστασης του συστήματος η οποία ορίζεται από ‘‘κομμάτια μοντέλου” και δεδομένων κάποιων συνθηκών ορίζονται οι μεταβάσεις μεταξύ καταστάσεων του συστήματος. Με τις μεταβάσεις του συστήματος από κατάσταση σε κατάσταση και σε διακριτό πλέον χρόνο δημιουργείται ένα διάγραμμα μετάβασης καταστάσεων της λειτουργίας του συστήματος. Στην περίπτωση που κάποια από τις καταστάσεις που μεταβαίνει το σύστημα δεν είναι από τις αναμενόμενες τότε εκδηλώνεται ένα σύμπτωμα το οποίο δηλώνει την παρουσία ενός σφάλματος. Δεδομένης μίας μη φυσιολογικής κατάστασης λειτουργίας του συστήματος χρησιμοποιείται μία διαδικασία διάγνωσης σφαλμάτων η οποία οδηγεί στην αναγνώριση της αιτίας υπεύθυνης για το σφάλμα.

Στην προσέγγιση στην οποία η λειτουργία ενός συστήματος καθορίζεται με βάση το γεγονός της πραγματοποίησης της από ένα χρήστη και σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, πρέπει να ληφθεί υπόψη το μοντέλο του συστήματος, όπως αυτό γίνεται αντιληπτό από τον χρήστη.
Η **λειτουργικότητα** *(functionality)*, ενός συστήματος καθορίζεται με βάση το κατά πόσον το σύστημα εκπληροί ή όχι την λειτουργία για την οποία σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε

και η παρατηρούμενη συμπεριφορά του εν λόγω συστήματος καθορίζει το κατά πόσο αυτό ικανοποιεί ή όχι τις λειτουργικές προδιαγραφές του. Η ικανοποίηση των λειτουργικών προδιαγραφών ενός συστήματος έγκειται στην κρίση των δραστών που το χρησιμοποιούν. Οι δράστες που εμπλέκονται στην διάρκεια ζωής ενός σύνθετου συστήματος είναι οι σχεδιαστές, οι κατασκευαστές και τέλος οι χρήστες. Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί σε αυτό το σημείο το γεγονός ότι καθένας από τους δράστες αυτούς αναπτύσσει ένα διαφορετικό **νοητικό μοντέλο**, *(mental model)*, των λειτουργιών που αυτό επιτελεί [13]. Ο σχεδιαστής σχεδιάζει και ορίζει τις παραμέτρους του συστήματος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται ένα συγκεκριμένο μοντέλο της λειτουργίας του. Κατόπιν ο κατασκευαστής δεδομένου του σχεδίου αυτού, κατασκευάζει ένα σύστημα το οποίο να ικανοποιεί τις δικές του αντιλήψεις που πιθανώς να αποκλίνουν από τις εκείνες του σχεδιαστή. Τέλος ο χρήστης του συστήματος έχει ένα διαφορετικό μοντέλο για το σύστημα από εκείνο του σχεδιαστή ή του κατασκευαστή[1]. Η παραδοχή που είναι αναγκαίο να γίνει αφορά τον ορισμό της λειτουργικότητας ενός συγκεκριμένου συστήματος. Ο ορισμός της λειτουργικότητας πρέπει να δίνεται με βάση την άποψη του κατασκευαστή για το σύστημα δεδομένου ότι το μοντέλο του χρήστη μπορεί να αποτελεί υπερσύνολο ή υποσύνολο του πραγματικού μοντέλου του συστήματος.

Οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του συστήματος που προέρχονται από τους χρήστες είναι περιπτώσεις στις οποίες δεν επιτελείται η λειτουργία του. Οι περιπτώσεις αυτές δεν είναι απαραίτητα περιπτώσεις μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του (όπως αυτή ορίζεται αυστηρά από το μοντέλο του) αλλά υποκειμενικές αντιλήψεις των χρηστών. Ένα παράδειγμα που θα μπορούσε να αναφερθεί σε αυτή την περίπτωση, είναι το εξής: Έστω ότι όταν οι στροφές του αυτοκινήτου είναι πολύ υψηλές και η σχέση που χρησιμοποιείται είναι μικρή, ακούγεται ένας έντονος θόρυβος από την μηχανή. Η παρατήρηση αυτή, αναφέρεται από τους χρήστες ως μη φυσιολογική συμπεριφορά του συστήματος, με βάση την δική τους αντίληψη της συμπεριφοράς του. με βάση το αναλυτικό μοντέλο του συστήματος, η συμπεριφορά αυτή είναι φυσιολογική. Η σχέση του πραγματικού μοντέλου του συστήματος και του μοντέλου του χρήστη για αυτό, είναι η εξής:

- το μοντέλο του χρήστη να είναι υποσύνολο του πραγματικού μοντέλου του συστήματος, δηλαδή να μην υπάρχει πλήρη γνώση της συμπεριφοράς και της λειτουργίας του.

[1]Η διαφοροποίηση αυτή είναι ιδιαίτερα αντιληπτή σε πληροφοριακά συστήματα και στα συστήματα επαφής χρήσης. Ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται με βάση κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις από τους μελλοντικούς χρήστες του. Ο σχεδιαστής δημιουργεί ένα μοντέλο του συστήματος βασιζόμενος στις υπάρχουσες απαιτήσεις και ο κατασκευαστής υλοποιεί το μοντέλο αυτό. Ο τελικός χρήστης του συστήματος το χρησιμοποιεί έχοντας ένα συγκεκριμένο μοντέλο λειτουργικότητας υπόψη.

- το μοντέλο του χρήστη να είναι υπερσύνολο του πραγματικού μοντέλου του συστήματος, δηλαδή ο χρήστης να θεωρεί ότι το σύστημα μπορεί να επιτελέσει περισσότερες λειτουργίες από εκείνες τις οποίες μπορεί αυτό να επιτελέσει ή να επιτελεί λειτουργίες υπό μη επιτρεπόμενες συνθήκες.

- το μοντέλο του χρήστη για το σύστημα να συμπίπτει με το πραγματικό μοντέλο του συστήματος.

Είναι φανερό λοιπόν, πως οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς ενός συστήματος, δεν είναι απαραίτητα ενδείξεις μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του. Οι αναφορές της συμπεριφοράς του συστήματος που προέρχονται από τους χρήστες, είναι συνήθως ποιοτικές αναφορές. Έτσι, η αναφορά της παρουσίας ενός έντονου θορύβου που ακούγεται από την μηχανή είναι μία ποιοτική αναφορά της λειτουργίας του εν λόγω μηχανήματος. Ποσοτικές αναφορές είναι μετρήσεις ποσοτικών μέτρων όπως εκπομπές ρύπων, απόδοση σε ορισμένες στροφές κτλ.
Η διαδικασία της διάγνωσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη της μόνο τις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες οι αναφορές της συμπεριφοράς του συστήματος είναι αναφορές πραγματικής δυσλειτουργίας του.

3.2 Έννοιες και Ορισμοί στο ΣΥΔΔ

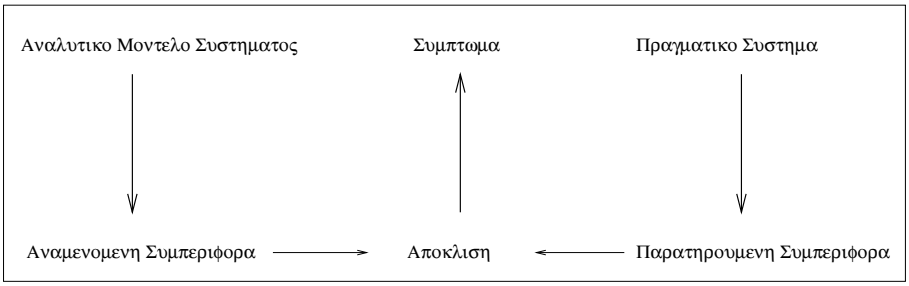
Ένα διαγνωστικό πρόβλημα, παρουσιάζεται όταν η παρατηρούμενη συμπεριφορά ενός συστήματος αποκλίνει από την αναμενόμενη. Η πληροφορία που χαρακτηρίζει ένα διαγνωστικό πρόβλημα, μπορεί να διακριθεί σε **πληροφορία πλαισίου**, *(contextual data)* και σε **παρατηρήσεις**, *(observations)* [35]. Η πληροφορία πλαισίου χαρακτηρίζει το ευρύτερο **περιβάλλον**, *(context)*, στο οποίο υφίσταται ένα διαγνωστικό πρόβλημα και είναι ένα σύνολο παραμέτρων από τις οποίες αυτό καθορίζεται. Οι παρατηρήσεις είναι αναφορές της συμπεριφοράς του συστήματος κατά την λειτουργία του.

Ένα **σύμπτωμα**, *(symptom)*, με βάση το [21], είναι μία παρατηρούμενη συμπεριφορά ενός συστήματος. Σύμφωνα με το Merriam Webster's Collegiate Dictionary, ένα σύμπτωμα είναι:

1. *μία υποκειμενική ένδειξη μίας ασθένειας ή μίας φυσικής ενόχλησης.*

2. *κάτι το οποίο προδίδει την ύπαρξη κάποιου άλλου.*

3. *μία ένδειξη.*



Σχήμα 3.2: Σχέση συμπτώματος, αναμενόμενης και παρατηρούμενης συμπεριφοράς ενός συστήματος

Δεδομένου του αναλυτικού μοντέλου του συστήματος (για συστήματα στα οποία αυτό είναι διαθέσιμο), προσεγγίζεται η αναμενόμενη συμπεριφορά του βάσει των κανόνων λειτουργίας του. Δεδομένου ενός πραγματικού συστήματος, το οποίο ουσιαστικά αποτελεί υλοποίηση του αναλυτικού του μοντέλου και της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του, η απόκλιση της από την αναμενόμενη συμπεριφορά είναι ένα σύμπτωμα.

Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ συμπτώματος και συμπεριφοράς του συστήματος.

Ένα σύμπτωμα είναι μία απόκλιση της συμπεριφοράς του συστήματος και προσδιορίζεται από την **συνθήκη**, *(condition)*, υπό την οποία αυτό παρατηρείται, το **φαινόμενο**, *(phenomenon)* που παρουσιάζει και τέλος την **συνιστώσα μηχανήματος** την οποία εμπλέκει.
Η παρατήρηση *''όταν η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι υψηλή και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, ακούγεται ένας οξύς θόρυβος από την μηχανή του αυτοκινήτου''*, είναι ένα σύμπτωμα το οποίο εμφανίζεται κατά την λειτουργία του συγκεκριμένου μηχανήματος. Το φαινόμενο που παρατηρείται και χαρακτηρίζει την παρατηρούμενη συμπεριφορά του αυτοκινήτου είναι ο οξύς θόρυβος. Η συνθήκη υπό την οποία παρατηρείται η συγκεκριμένη συμπεριφορά είναι η υψηλή ταχύτητα του αυτοκινήτου και η χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η συνιστώσα του συστήματος που εμπλέκεται σε αυτή την συμπεριφορά είναι η μηχανή του αυτοκινήτου.

Η έννοια της **συνθήκης**, χρησιμοποιείται για να δηλώσει τις συνθήκες (περιβαλλοντικές και χρήσης) υπό τις οποίες παρατηρείται η συγκεκριμένη συμπεριφορά. Για την πλήρη παράσταση του περιβάλλοντος (context) στο οποίο γίνεται αντιληπτή η συγκεκριμένη συμπεριφορά, πρέπει να παρασταθεί το πλήρες διάνυσμα των συνιστωσών για την κατάσταση του συστήματος το οποίο δεν είναι δυνατό αλλά και ούτε απαραίτητα αποτελεσματικό. Από τις συνθήκες (περιβαλλοντικές και χρηστικές) πρέπει να απομονώνονται και να καταγράφονται μόνο εκείνες οι οποίες χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο σύμπτωμα.

Το σύμπτωμα, σχετίζεται με την έννοια του **φαινομένου**. Ένα σύμπτωμα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι μία απόκλιση στην συμπεριφορά του συστήματος και χαρακτηρίζεται από ένα ή περισσότερα φαινόμενα, όπως θόρυβος, μυρωδιές κτλ. Τα συμπτώματα, αναφέρονται από τους χρήστες οι οποίοι αντιλαμβάνονται τις αποκλίσεις στην συμπεριφορά του συστήματος, με τις αισθήσεις τους (αφή, όραση, ακοή, όσφρηση). Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο χρήστης ενός συστήματος, μπορεί να έχει διαφορετική αντίληψη της λειτουργίας και της συμπεριφοράς ενός συστήματος. Όταν οι αναφορές είναι ενδείξεις απόκλισης της συμπεριφοράς του συστήματος, (με βάση το σύνολο των λειτουργιών που αυτό μπορεί να επιτελέσει), τότε η αναφορά γίνεται σε **δυσλειτουργία**, *(malfunction)* του συστήματος. Με βάση το Merriam Webster's Collegiate Dictionary:
δυσλειτουργία είναι η αποτυχία λειτουργίας με τον φυσιολογικό ή τον συνήθη τρόπο.
Ένα σύστημα λοιπόν *δυσλειτουργεί*, *(malfunctions)* όταν δεν επιτελεί την λειτουργία για την οποία αυτό είναι σχεδιασμένο ή κατασκευασμένο.
Η έννοια της δυσλειτουργίας, (malfunction) και της λειτουργίας, (function), συνδέονται άμεσα δεδομένου ότι η μία αποτελεί συμπλήρωμα της άλλης.

Η συνιστώσα του συστήματος, χρησιμοποιείται για να δηλώσει την μονάδα εκείνη που παρουσιάζει απόκλιση στην συμπεριφορά. Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 3.1 η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα σύστημα μία δεδομένη στιγμή της λειτουργίας του, χαρακτηρίζεται από το διάνυσμα καταστάσεων των συνιστωσών του συστήματος την στιγμή αυτή. Ένα φυσικό σύστημα, που είναι ένα σύνθετο σύστημα, αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του και κάθε μία από τις συνιστώσες του, μετέχει στην λειτουργία ολόκληρου του συστήματος. Η απόκλιση της λειτουργίας του γίνεται αντιληπτή μέσα στα πλαίσια λειτουργίας ολόκληρου του συστήματος και για την απόκλιση αυτή υπεύθυνες είναι μία ή περισσότερες συνιστώσες του. Για παράδειγμα, για τον θόρυβο ο οποίος ακούγεται κατά την επιτάχυνση του αυτοκινήτου, υπεύθυνος μπορεί να είναι ο κεντρικός άξονας του αυτοκινήτου.

Δεδομένου ότι οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του συστήματος προέρχονται από τους χρήστες, η απομόνωση της συνιστώσας εκείνης της οποίας η συμπεριφορά είναι υπεύθυνη για την απόκλιση στην συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος, είναι μία συνήθως αναποτελεσματική διαδικασία. Οι παρατηρήσεις, όπως ειπώθηκε και παραπάνω γίνονται από τους χρήστες του συστήματος οι οποίοι έχουν την ικανότητα να απομονώσουν και να προσδιορίσουν μία ευρύτερη περιοχή του υπό μελέτη συστήματος η οποία εκδηλώνει την συγκεκριμένη συμπεριφορά. Η παρατήρηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος προσδιορίζεται από την θέση του παρατηρητή και από την κατεύθυνση από την οποία γίνεται αντιληπτό το φαινόμενο. Η θέση του παρατηρητή κατά την αντίληψη

ενός φαινομένου, καθορίζεται με βάση ένα απόλυτο σημείο αναφοράς και την σχετική απόσταση του από αυτό. Το φαινόμενο γίνεται αντιληπτό από μία συγκεκριμένη κατεύθυνση λαμβάνοντας πάντα υπόψη την θέση του παρατηρητή. Για να προσδιοριστεί η συγκεκριμένη κατεύθυνση, χρησιμοποιούνται ποιοτικές προσεγγίσεις της στον χώρο. Ο χώρος προσδιορίζεται με την χρήση χ,ψ και ζ συντεταγμένων. Το φυσικό σύστημα με την προσέγγιση αυτή χωρίζεται σε τοπολογικές περιοχές, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει για να αναφερθεί στην ευρύτερη περιοχή στην οποία παρατηρείται η συγκεκριμένη συμπεριφορά.

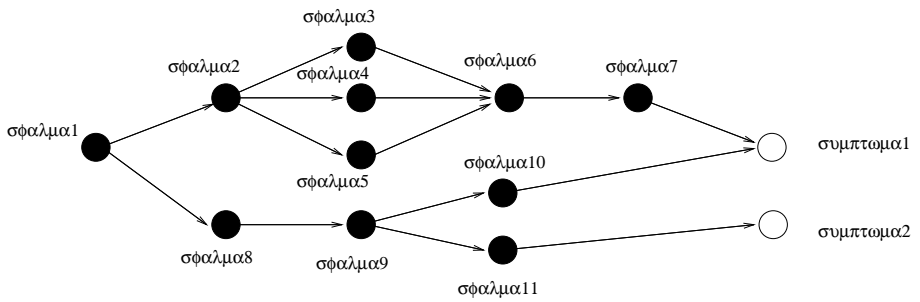
Ένα **σφάλμα**, *(fault)* είναι μία μη νόμιμη κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί το σύστημα. Νόμιμες καταστάσεις ενός συστήματος είναι εκείνες στις οποίες μπορεί αυτό να βρεθεί με βάση το μοντέλο της λειτουργίας και συμπεριφοράς του. Τα σφάλματα μπορούν να ταξινομηθούν σε **λειτουργικά σφάλματα**, *(operational faults)*, και σε **αιτίες**, *(causes)*.

Λειτουργικά σφάλματα, χαρακτηρίζονται εκείνα τα οποία συναντιώνται κατά την διάρκεια λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος. **Αιτίες** είναι σφάλματα τα οποία συμβαίνουν κατά τις διαδικασίες δημιουργίας (σχέδιο και κατασκευή), στα οποία αποδίδεται ένας επιπλέον χαρακτηρισμός, εκείνος της *''πηγής του σφάλματος''*. Μεταξύ των καταστάσεων του συστήματος, (νόμιμων και μη), επικρατεί μία σχέση *αιτίου/αιτιατού*, *(causal relationship)*. Μία εσφαλμένη κατάσταση του συστήματος μπορεί να προκαλεί μία ή περισσότερες και να προκαλείται από μία ή από περισσότερες. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3 ένα λειτουργικό σφάλμα προκαλεί ή προκαλείται από περισσότερα του ενός σφάλματα. Η σχέση *προκαλεί* ορίζεται από την έννοια του σφάλματος στην έννοια του λειτουργικού σφάλματος, για να δηλώσει το γεγονός ότι ένα σφάλμα (λειτουργικό ή αιτία) μπορεί να προκαλέσει ένα άλλο λειτουργικό σφάλμα.

Η σχέση *εκδηλώνεται_με* ορίζεται μεταξύ της έννοιας του λειτουργικού σφάλματος και της έννοιας του συμπτώματος για να δηλώσει ότι ένα λειτουργικό σφάλμα γίνεται αντιληπτό με την εμφάνιση ενός συμπτώματος.

Η σχέση *αποδίδεται* μεταξύ της έννοιας του σφάλματος και της λύσης χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι ένα σφάλμα επιδέχεται μία λύση.

Η σχέση *εμπλέκει*, μεταξύ λειτουργικού σφάλματος και συνιστώσας μηχανήματος ορίζεται για να δηλώσει την συνιστώσα του συστήματος η οποία είναι υπεύθυνη για την μη φυσιολογική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα. Η συνιστώσα μηχανήματος που είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση μίας μη φυσιολογικής κατάστασης του συστήματος, είναι διαφορετική από την μονάδα μηχανήματος που είναι υπεύθυνη για την απόκλιση στην συμπεριφορά του συστήματος. Για παράδειγμα, έστω ότι για τον θόρυβο που έρχεται από την μηχανή του αυτοκινήτου, ευθύνεται ο άξονας μεταξύ των τροχών. Με την προσέλευση του αυτοκινήτου στο κατάστημα ελέγχου ο μηχανικός συμπεραίνει ότι



Σχήμα 3.3: Σχέση *προκαλεί* μεταξύ σφαλμάτων

η υπεύθυνη συνιστώσα για αυτή την μη φυσιολογική κατάσταση είναι ένα εξάρτημα στο κάτω μέρος του κινητήρα.

Η έννοια της **αιτίας** χρησιμοποιείται για να εντοπίσει το σφάλμα το οποίο είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση ενός συγκεκριμένου σφάλματος ή μίας ακολουθίας σφαλμάτων. Η αιτία ενός σφάλματος είναι ένα σφάλμα, με την διαφορά ότι αποδίδεται σε αυτό ένας νέος χαρακτηρισμός, εκείνος της *''πηγής του σφάλματος''*. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να εντοπίσει το υπεύθυνο σφάλμα σε μία ακολουθία σφαλμάτων, πέρα από το οποίο σταματά η ανάλυση. Αν στην αιτία ενός σφάλματος εφαρμοστεί μία συγκεκριμένη πράξη λύσης, τότε αυτό αλλά και όλα τα άλλα που προκαλούνται από αυτό, δεν πρόκειται να επαναληφθούν. Φυσικά, σε ένα φυσικό σύστημα όπως σε ένα αυτοκίνητο, πιθανώς να μην είναι εφικτό αυτό το γεγονός. Ένα παράδειγμα είναι το εξής: έστω ότι σε ένα αυτοκίνητο παρουσιάζεται ένας θόρυβος στον δεξιό τροχό του, ο οποίος οφείλεται σε μία χαλαρή βίδα. Ο μηχανικός στο κέντρο ελέγχου, εντοπίζει το συγκεκριμένο πρόβλημα και το επιλύει, σφίγγοντας καλύτερα την βίδα. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, ο θόρυβος επαναλαμβάνεται και το πρόβλημα είναι το ίδιο, η βίδα έχει χαλαρώσει ξανά. Η αιτία του σφάλματος σε αυτή την περίπτωση, είναι ότι ο τύπος της βίδας που χρησιμοποιείται, δεν είναι ο κατάλληλος. Η διάμετρος της είναι πολύ μικρή, και κατά την λειτουργία του αυτοκινήτου με διάφορους κραδασμούς και τριβές, μετακινείται με συνέπεια να ακούγεται ο θόρυβος. Η αλλαγή της βίδας και η τοποθέτηση βίδας κατάλληλης διαμέτρου, δεν επιλύει το πρόβλημα. Ο θόρυβος, αν και διαφορετικός αυτή τη φορά συνεχίζει να υφίσταται. Αν και εντοπίστηκε η αιτία, και αποδόθηκε λύση σε αυτή, εντούτοις το πρόβλημα συνεχίζει να υπάρχει. Ο λόγος είναι ότι, η ύπαρξη της χαλαρής βίδας προκάλεσε φθορά στο σημείο στο οποίο αυτή τοποθετείται. Το σύστημα, δεν επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, με την εφαρμογή της κατάλληλης πράξης. Στην περίπτωση εκείνη στην οποία το σύστημα θα μπορούσε να

ξεκινήσει από την αρχή[2] και να επαναπροσδιοριστούν όλες οι συνιστώσες του, τότε ο θόρυβος δεν θα επαναλαμβανόταν.

Η αιτία ενός σφάλματος ή μίας ακολουθίας σφαλμάτων, εντοπίζεται στα στοιχεία εκείνα τα οποία εμπλέκονται στις διαδικασίες γένεσης του συστήματος. Οι διαδικασίες δημιουργίας του συστήματος είναι οι σχεδιαστικές και οι κατασκευαστικές διαδικασίες.
Η αναφορά σε αιτίες που βρίσκονται στο σχέδιο του συστήματος γίνεται από τις εξής δύο προσεγγίσεις. Με βάση την πρώτη προσέγγιση, οι εσφαλμένες καταστάσεις κατά την λειτουργία του συστήματος, οφείλονται σε αποκλίσεις του από το αρχικό σχέδιο. Με βάση την δεύτερη προσέγγιση, οι εσφαλμένες αυτές καταστάσεις, οφείλονται σε σφάλματα στο ίδιο το σχέδιο. Για παράδειγμα, η χρήση κατά την κατασκευή του συστήματος, μίας βίδας μικρότερης διαμέτρου από αυτή που προβλέπεται από το σχέδιο, ακολουθεί την πρώτη προσέγγιση. Στην περίπτωση εκείνη στην οποία ακολουθείται το σχέδιο στην κατασκευή, και παρόλα αυτά, η λειτουργία του συστήματος δεν είναι φυσιολογική, τότε η εμφάνιση σφάλματος οφείλεται σε λάθος στο αρχικό σχέδιο. Σφάλματα στο αρχικό σχέδιο, εντοπίζονται μόνο με την κατασκευή και έλεγχο του συστήματος.
Οι διαδικασίες κατασκευής του συστήματος αποτελούν άλλη μία πηγή σφαλμάτων. Στις διαδικασίες αυτές συμμετέχουν εκτός από τις μηχανικές μονάδες και άνθρωποι οι οποίοι ελέγχουν τα συστήματα παραγωγής. Ο εντοπισμός μίας αιτίας στις διαδικασίες κατασκευής μπορεί να προχωρήσει σε απόδοση υπευθυνοτήτων από την πλευρά των δραστών-υπεύθυνων για αυτό το σφάλμα. Από το σημείο αυτό στο οποίο έχει εντοπιστεί η αιτία, λαμβάνονται κάποιες λύσεις ή διορθωτικές διαδικασίες για την αποτροπή της επανεμφάνισης του σφάλματος αυτού. Η έννοια της αιτίας αποτελεί εξειδίκευση της έννοιας του σφάλματος, έτσι κληρονομεί την σχέση *προκαλεί* από αυτήν. Μία αιτία μπορεί να είναι υπεύθυνη για ένα ή για περισσότερα σφάλματα.

Σε ένα σφάλμα αποδίδεται μία συγκεκριμένη λύση - πράξη η οποία έχει ως βασικό σκοπό την μη επανεμφάνισή του. Ως λύση θεωρούνται όλες οι ενέργειες οι οποίες εφαρμόζονται σε ένα συγκεκριμένο σύστημα στην περίπτωση εκδήλωσης σφάλματος και συντελούν στην μη επανεμφάνισή του. Οι κατηγορίες λύσεων που μπορούν να εντοπιστούν και να αποδοθούν σε ένα συγκεκριμένο σύστημα είναι οι εξής:

- προσωρινές λύσεις,
- μόνιμες λύσεις,
- και τέλος αποτρεπτικές λύσεις.

Οι κατηγορίες αυτές προσδιορίζονται με βάση το χρονικό πλαίσιο της εφαρμογής τους στο σύστημα και την διάρκεια τους όσο αφορά την αποτροπή επανεμφάνισης του

[2]Στα συστήματα λογισμικού θα γινόταν λόγος για επανεκκίνηση, (boot) του συστήματος.

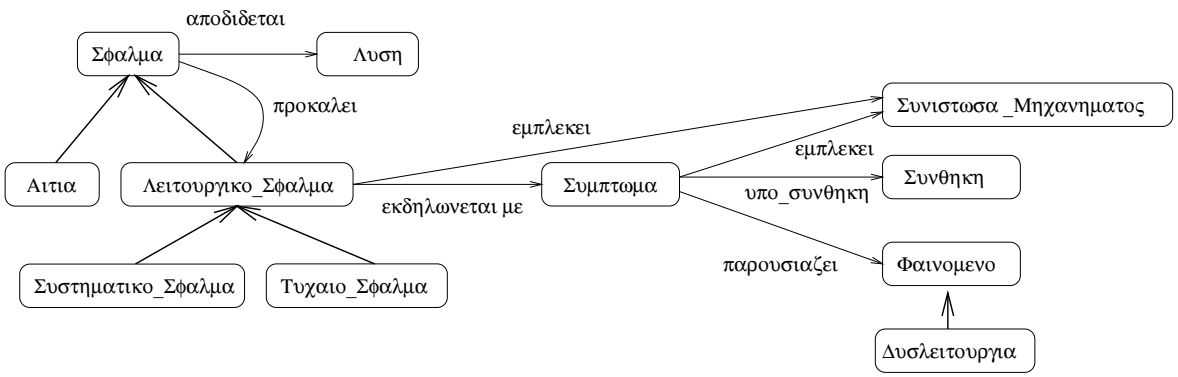
σφάλματος μέσα σε αυτό. Όπως φαίνεται στο σχήμα η έννοια της λύσης συνδέεται μέσω της σχέσης *αποδίδεται* με την έννοια του σφάλματος.

Όπως ειπώθηκε και στην εισαγωγή, η συγκεκριμένη εργασία διαπραγματεύεται τα συστηματικά σφάλματα που συναντιώνται σε ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος. Ένα λειτουργικό σφάλμα διακρίνεται σε **συστηματικό**, *(systematic)*, και σε **τυχαίο**, *(symptomatic)*, ανάλογα με την φύση της αιτίας που το προκαλεί.
Ένα λειτουργικό σφάλμα χαρακτηρίζεται ως **συστηματικό**, όταν η αιτία που το προκαλεί αποτελεί εγγενές στοιχείο της δομής του. Συγκεκριμένα, αν η αιτία που προκαλεί ένα λειτουργικό σφάλμα, βρίσκεται στο σχέδιο ή στην κατασκευή του συστήματος, τότε το σφάλμα ή τα σφάλματα που προκαλούνται από αυτό χαρακτηρίζονται ως συστηματικά. Τα συστηματικά σφάλματα, λόγω της φύσης της αιτίας η οποία τα προκαλεί, βρίσκονται σε ένα μεγάλο αριθμό συστημάτων ίδιου τύπου και εκδηλώνονται με το ίδιο σύμπτωμα, δηλαδή γίνονται αντιληπτά με όμοια συμπεριφορά του συστήματος, η αιτία που τα προκαλεί είναι η ίδια και τέλος οι συνιστώσες μηχανήματος που είναι υπεύθυνες για αυτά είναι του ίδιου τύπου. Ο αρχικός ορισμός που είχε δοθεί για τον όρο συστηματικό σφάλμα ήταν ο εξής:
Ένα συστηματικό σφάλμα είναι ένα σφάλμα το οποίο επαναλαμβάνεται σε έναν μεγάλο αριθμό συστημάτων του ίδιου τύπου.
Σε αυτή την περίπτωση ένα σφάλμα όπως σκάσιμο λαστίχου από καρφί θα έπρεπε να χαρακτηριστεί ως συστηματικό, όμως η καταγραφή του απλά δεν θα διευκόλυνε την διαγνωστική διαδικασία.

Οι παραπάνω έννοιες, αποτελούν τον βασικό κορμό εννοιών στο ΣΥΔΔ και παρουσιάζονται, όπως και οι μεταξύ τους σχέσεις στο 3.4.

3.3 Σενάριο Χρήσης του ΣΥΔΔ σε Μηχανήματα

Η διαδικασία της διάγνωσης στο ΣΥΔΔ έχει ως αφετηρία της περιγραφές προβλημάτων τα οποία συναντιώνται κατά την διάρκεια λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος. Τα προβλήματα αυτά, είναι *συμπτώματα*, δηλαδή ενδείξεις μη φυσιολογικής συμπεριφοράς του συστήματος. Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 3.1, οι χρήστες με βάση το νοητικό μοντέλο λειτουργίας και συμπεριφοράς του συστήματος, αναφέρουν περιπτώσεις συμπεριφοράς του συστήματος που κατά την άποψη τους είναι μη φυσιολογικές. Οι αναφορές αυτές είναι ποιοτικές και ο μηχανικός στον σταθμό εργασίας είναι υπεύθυνος να διακρίνει τις πραγματικές περιπτώσεις δυσλειτουργίας του συστήματος από εκείνες στις οποίες δεν υπάρχει σωστή κατανόηση της λειτουργίας και συμπεριφοράς του συστήματος. Οι περιγραφές τις οποίες δέχεται ο μηχανικός δεν είναι ούτε συγκεκριμένες



Σχήμα 3.4: Σχέσεις μεταξύ βασικών εννοιών του ΜΔΣ

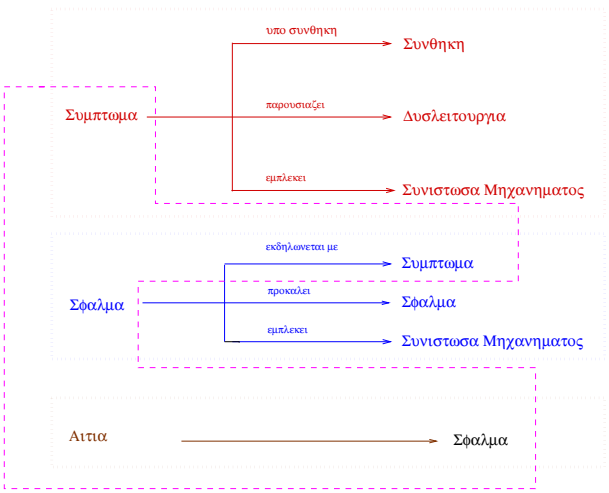
αλλά ούτε και καθαρές. Οι χρήστες χρησιμοποιούν τις αισθήσεις τους για να εντοπίζουν πιθανές δυσλειτουργίες του συστήματος. Για παράδειγμα, η ύπαρξη ενός θορύβου, κατά την διάρκεια λειτουργίας ενός αυτοκινήτου, είναι ένα φαινόμενο το οποίο είναι δύσκολο να περιγραφεί ιδίως από ένα άτομο χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις. Η απομόνωση θορύβων και άλλων φαινομένων όπως μυρωδιά είναι μία δύσκολη και αναποτελεσματική διαδικασία δεδομένου ότι αυτή πραγματοποιείται σε ένα πραγματικό περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν παράγοντες παρενόχλησης, άλλοι θόρυβοι κτλ.
Οι περιγραφές αυτές πρέπει να γίνουν πιο συγκεκριμένες από τον μηχανικό-χρήστη του συστήματος ο οποίος έχει την ευθύνη να αφαιρέσει από τις περιγραφές όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία είναι αποπλανητικά και είναι απόψεις του χρήστη-παρατηρητή για πιθανές αιτίες της παρατηρούμενης συμπεριφοράς. Οι περιγραφές που δέχεται ο μηχανικός είναι της μορφής *‘‘όταν η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι υψηλή ακούγεται ένας περίεργος θόρυβος στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου”*. Η περιγραφή αυτή είναι εντελώς αφηρημένη και δημιουργεί αρκετά προβλήματα στον μηχανικό, ο οποίος πρέπει να κατανοήσει το πραγματικό πρόβλημα διατυπώνοντας τις κατάλληλες ερωτήσεις όπως, *‘‘ποιά η ταχύτητα του αυτοκινήτου”*, *‘‘τί είδους θόρυβος”*, *‘‘από ποιό σημείο”* κτλ.
Με τις ερωτήσεις αυτές συγκεκριμενοποιείται η εξής πληροφορία:

- η **συνθήκη** υπό την οποία παρουσιάζεται το συγκεκριμένο σύμπτωμα,
- το **φαινόμενο** το οποίο παρουσιάζει η συγκεκριμένη συμπεριφορά,
- η **συνιστώσα μηχανήματος** που παρουσιάζει την συγκεκριμένη συμπεριφορά,

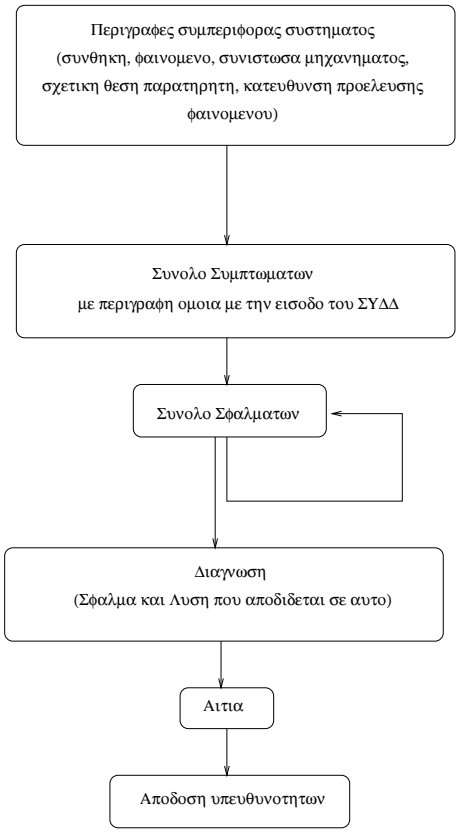
- και τέλος η **σχετική θέση του παρατηρητή** και η **κατεύθυνση** από την οποία προέρχεται το συγκεκριμένο φαινόμενο.

Το ΣΥΔΔ δίνει την δυνατότητα στον μηχανικό-χρήστη του συστήματος να ανακαλεί από την βάση γνώσης, περιπτώσεις συμπτωμάτων των οποίων η περιγραφή συμπίπτει με την περιγραφή που δέχεται από τους χρήστες-παρατηρητές. Οι παρατηρήσεις που υπάρχουν στην βάση γνώσης έχουν καταγραφεί με την βοήθεια ενός ειδικού λεξιλογίου όρων το οποίο ο μηχανικός μπορεί να χρησιμοποιήσει για να ανακαλέσει την κατάλληλη γνώση. Από τα συμπτώματα εκείνα τα οποία προκύπτουν κατά την αναζήτηση της κατάλληλης πληροφορίας με βάση τα δεδομένα που έχουν δοθεί στο ΣΥΔΔ, ο χρήστης-μηχανικός μπορεί να ανακαλέσει από την βάση γνώσης όλα εκείνα τα σφάλματα που είναι υπεύθυνα για την συγκεκριμένη συμπεριφορά. Χρησιμοποιώντας τις σημασιολογικές σχέσεις που έχουν παρασταθεί μεταξύ των εννοιών που περιγράφονται στην βάση γνώσης και την προσωπική εμπειρία και γνώση του, ο μηχανικός επιλέγει σφάλματα τα οποία εξηγούν καλύτερα την συγκεκριμένη συμπεριφορά.
Ο μηχανικός έχοντας καταλήξει σε κάποια συμπεράσματα, δηλαδή σε ένα σύνολο σφαλμάτων τα οποία είναι υπεύθυνα για την παρατηρούμενη συμπεριφορά, μπορεί να επιβεβαιώσει ή να αναθεωρήσει την άποψη του χρησιμοποιώντας επιπλέον δοκιμαστικούς ελέγχους. Έχοντας καταλήξει σε κάποια συμπεράσματα, μπορεί να επιλέξει κάποια λύση από εκείνες οι οποίες έχουν καταγραφεί στο σύστημα και να την εφαρμόσει στο υπό μελέτη μηχάνημα.
Στην περίπτωση εκείνη στην οποία το ΣΥΔΔ χρησιμοποιείται σε κέντρα ελέγχου στα οποία γίνεται έλεγχος πρωτοτύπων, (mock ups), του αρχικού σχεδίου, η ανάλυση μπορεί να συνεχίσει περισσότερο σε ανακάλυψη των αιτιών οι οποίες προκαλούν τα συγκεκριμένα σφάλματα και σε απόδοση υπευθυνοτήτων στους δράστες που εμπλέκονται στις διαδικασίες παραγωγής και σχεδίασης του υπό μελέτη συστήματος.
Η διάσχιση του σημασιολογικού δικτύου εννοιών που υπάρχει στο ΣΥΔΔ, κατά την διαδικασία της διάγνωσης που ακολουθεί ο μηχανικός παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5.

Η διαδικασία της διάγνωσης που παρουσιάστηκε παραπάνω, φαίνεται στο σχήμα 3.6. Είναι φανερό πως μία τέτοια διαδικασία είναι διαφανής, επιτρέποντας στον χρήστη του συστήματος να χρησιμοποιεί την εμπειρία και γνώση του σε κάθε φάση. Η διαδικασία προσδιορισμού μίας διάγνωσης είναι σίγουρα χρονοβόρα, αλλά στην περίπτωση αυτής της διαδικασίας διάγνωσης, ο χρόνος δεν είναι μία κρίσιμη παράμετρος. Αφετέρου, η διαδικασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, είναι μία διαδικασία η οποία πραγματοποιείται υποσυνείδητα από τους μηχανικούς κατά την διάρκεια ελέγχου της λειτουργίας μηχανημάτων και η οποία διευκολύνεται με την χρήση των περιπτώσεων που έχουν ήδη καταγραφεί στο ΣΥΔΔ.



Σχήμα 3.5: Διάσχιση του σημασιολογικού δικτύου κατά την διαδικασία της διάγνωσης σφαλμάτων



Σχήμα 3.6: Η διαδικασία της διάγνωσης με το ΣΥΔΔ

Κεφάλαιο 4

Περιγραφή του Μοντέλου Διαχείρισης Σφαλμάτων

Το ΣΥΔΔ όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή είναι ένα σύστημα σημασιολογικού ευρετηριασμού που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη διαγνωστικών διαδικασιών σε τεχνικές εφαρμογές. Η πληροφορία που καταγράφεται στο ΜΔΣ (Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καταγραφή σφαλμάτων σε τεχνικές εφαρμογές. Για τον σκοπό αυτόν η πληροφορία γύρω από τα αντικείμενα παριστάνεται στην γλώσσα SIS-Telos (βασικά στοιχεία της οποίας πρόκειται να περιγραφούν στην παράγραφο 4.1.2) με μια σειρά οντοτήτων και μεταξύ τους σχέσεων. Οι οντότητες αυτές παριστάνουν έννοιες του πραγματικού κόσμου όπως η έννοια του προϊόντος, της έκδοσης προϊόντος, του μηχανήματος, της μονάδας μηχανήματος, του σφάλματος, του συμπτώματος, του δράστη, της δράσης, κλπ. και σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους όπως η δομική σχέση μεταξύ συνιστωσών, η σχέση αιτίου/αιτιατού μεταξύ σφαλμάτων, κλπ. Επίσης αναφέρονται σε περιγραφές συνόλων αντικειμένων του πραγματικού κόσμου όπως ένα συγκεκριμένο μοντέλο μηχανήματος ή ένα σφάλμα το οποίο εμφανίζεται με την ίδια περιγραφή σε συστήματα του ίδιου τύπου. Στο ΜΔΣ περιγράφονται και όροι αιτιών, συνθηκών και φαινομένων οι οποίοι χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος. Το λεξιλόγιο με τους όρους αυτούς παρέχει την δυνατότητα ταξινόμησης παρατηρήσεων της συμπεριφοράς ενός φυσικού συστήματος. Η ταξινόμηση με συγκεκριμένους όρους επιτρέπει την ανάκληση της πληροφορίας που έχει καταγραφεί στην βάση γνώσης χωρίς απώλειες.

Το ΜΔΣ αποτελείται από τμήματα μοντέλων καθένα από τα οποία αναφέρεται και σε μία συγκεκριμένη περιοχή εννοιών από εκείνες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Παρουσιάζονται σύντομα πολύ βασικά στοιχεία της γλώσσας SIS-Telos και του Συστήματος Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (ΣΣΕ) που χρησιμοποιείται στην υλοποίηση του ΣΥΔΔ.
Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ. Μαζί με κάθε κλάση και μετακλάση περιγράφονται οι σχέσεις που ορίζονται σε αυτές και το σκεπτικό με το οποίο δημιουργήθηκαν οι σχέσεις αυτές. Κάποια ζητήματα παράστασης γνώσης τα οποία προέκυψαν κατά την ανάπτυξη του ΜΔΣ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5. Οι οντότητες που συντελούν το ΜΔΣ παρουσιάζονται με **τονισμένα** γράμματα ενώ οι σχέσεις παρουσιάζονται με *πλάγια.*

4.1 Το Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων

Η πληροφορία που υπάρχει στο ΜΔΣ καταγράφηκε με την χρήση της γλώσσας SIS-Telos η οποία επιτρέπει την περιγραφή γνώσης σε μορφή σημασιολογικού δικτύου. Στις παραγράφους του κεφαλαίου αυτού υπάρχει μία σύντομη περιγραφή του Συστήματος Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (ΣΣΕ) και των βασικών στοιχείων της γλώσσας SIS-Telos.

4.1.1 Το Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηρισμού (SIS)

Όπως περιγράφεται στο [9] το Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (Semantic Index System - SIS) είναι ένα σύστημα περιγραφής και τεκμηρίωσης μεγάλων, εξελισσόμενων και πολλαπλά διασυνδεόμενων δεδομένων , εννοιών και πολύπλοκων σχέσεων. Ετσι είναι κατάλληλο για παράσταση επιστημονικής γνώσης. Αναπτύχθηκε από την Ομάδα Πληροφοριακών Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού του Ινστιτούτου Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και έρευνας.

Το SIS βασίζεται στο οντοκεντρικό μοντέλο δεδομένων για σημασιολογικά δίκτυα και χρησιμοποιεί τη γλώσσα SIS-Telos, η οποία χαρακτηρίζεται από τους ισχυρούς εκφραστικούς μηχανισμούς και την υψηλή απόδοση που παρέχει.

Το SIS συνοδεύεται από έναν μηχανισμό που δίνει τη δυνατότητα διατύπωσης ερωτήσεων και πλοήγησης στην βάση [11, 1]. Η πλοήγηση στην βάση μπορεί επίσης να γίνει γραφικά, ενώ υποστηρίζονται παρουσιάσεις πολύμορφων αντικειμένων εξωτερικώς αποθηκευμένων. Το SIS περιγράφεται αναλυτικά στο [8, 9, 11].

4.1.2 Παράσταση γνώσεων στην γλώσσα SIS-Telos

Η γλώσσα παράστασης γνώσης SIS-Telos είναι μία *δομικά οντοκεντρική γλώσσα παράστασης γνώσης*. Η αρχική σχεδίαση της SIS-Telos, όπως περιγράφεται στο [29], παρέχει δυνατότητες χρονικής λογικής, εισαγωγής και ελέγχου περιορισμών και μηχανισμούς εννοιολογικής σχεδίασης. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι ο μηχανισμός ταξινόμησης, γενίκευσης/εξειδίκευσης και τέλος ο μηχανισμός απόδοσης γνωρίσματος. Στην υλοποίηση της Telos, όπως αυτή έχει γίνει στο σύστημα SIS, δεν υπάρχουν οι μηχανισμοί χρονικής λογικής και εξαγωγής συμπερασμάτων (για λόγους απόδοσης κυρίως). Οι μηχανισμοί αυτοί υπάρχουν στην αρχική υλοποίηση της Telos όπως παρουσιάζεται στο [29].

Οι στοιχειώσεις δομές της γλώσσας είναι προτάσεις που παριστάνουν οντότητες και σχέσεις μεταξύ οντοτήτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραστήσουν πολυπλοκότερες δομές. Οι οντότητες που περιγράφονται στην SIS-Telos είναι είτε ατομικές οντότητες είτε κλάσεις οντοτήτων. Οι βασικοί μηχανισμοί της γλώσσας είναι οι μηχανισμοί *ταξινόμησης*, *γενίκευσης/εξειδίκευσης* και *απόδοσης γνωρίσματος* οι οποίοι είναι συνήθεις στα σημασιολογικά δίκτυα. Η SIS-Telos μεταχειρίζεται τα γνωρίσματαόπως ακριβώς και τις οντότητες δηλαδή ως αντικείμενα πρώτης τάξεως.
Η υλοποίηση της SIS-Telos που περιγράφηκε παρουσιάζεται αναλυτικά στο [14].

Μία σύντομη περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών δομών και των μηχανισμών της SIS-Telos παρουσιάζεται παρακάτω.

- *Ονοματοδοσία*

Κάθε οντότητα έχει ένα εσωτερικό *αναγνωριστικό όνομα* το οποίο παράγεται και της αποδίδεται από το σύστημα. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ονομάσει μία οντότητα αποδίδοντας σε αυτή ένα *λογικό όνομα*. Το λογικό όνομα ενός γνωρίσματος είναι της μορφής *x.y*, όπου *x* είναι το λογικό όνομα της οντότητας στην οποία ορίζεται το *y* ως γνώρισμα.

- *Βασικές Κλάσεις της SIS-Telos*

Οι οντότητες που περιγράφονται με την SIS-Telos, είναι περιπτώσεις της κλάσης συστήματος *Telos_Object*. Υποκλάσεις της *Telos_Object* είναι οι *Individual* και *Attribute*. Στην κλάση *Individual* ταξινομούνται οι ατομικές οντότητες, οι κλάσεις από ατομικές οντότητες, οι κλάσεις κλάσεων ατομικών οντοτήτων κοκ. Στην κλάση *Attribute* ταξινομούνται τα γνωρίσματα, οι κλάσεις γνωρισμάτων, οι κλάσεις κλάσεων γνωρισμάτων κοκ. Οι κλάσεις θεωρούνται ως ένα σύνολο από περιπτώσεις οι οποίες έχουν ένα λογικό όνομα ως αναγνωριστικό και οι κλάσεις τις οποίες ορίζει ένας χρήστης θεωρούνται περιπτώσεις της *Class*. Η κλάση *Class* διαμερίζεται στις *IndividualClass* και *AttributeClass*, στις οποίες ταξινομούνται οι κλάσεις οντοτήτων και οι κλάσεις γνωρισμάτων αντίστοιχα.

Οι απλές ατομικές οντότητες ή τα γνωρίσματα που ορίζονται από τον χρήστη ταξινομούνται στην κλάση συστήματος *Token*. Οι κλάσεις (απλές κλάσεις που ορίζει ο χρήστης) ορίζονται ως περιπτώσεις της *S_Class*. Οι κλάσεις που έχουν περιπτώσεις απλές κλάσεις (μετακλάσεις) ταξινομούνται ως περιπτώσεις της κλάσης συστήματος *M1_Class*. Αυτό το σχήμα συνεχίζεται και δημιουργείται κατ'αυτόν τον τρόπο μία ιεραρχία κλάσεων η οποία στην συγκεκριμένη υλοποίηση της SIS-Telos υποστηρίζεται μέχρι την δήλωση μετα-μετα-μετα-μετα-κλάσεων, *M4_Class*.
Οι κλάσεις του συστήματος είναι σταθερές και δεν μπορούν να αλλαχθούν από τον χρήστη του συστήματος. Αυτές αποτελούν τον αρχικό πληθυσμό της βάσης γνώσης και οποιαδήποτε οντότητα (ατομική οντότητα ή γνώρισμα που ορίζει ο χρήστης) πρέπει να συνδεθεί με τις ειδικές κλάσεις του συστήματος. Η ιεραρχία κλάσεων του συστήματος βρίσκεται στο σχήμα 4.1.

- *Ταξινόμηση*

Με τον μηχανισμό αυτόν δίνεται η δυνατότητα δήλωσης μίας οντότητας ως περίπτωση μίας κλάσης. Με τον μηχανισμό αυτόν, ορίζεται μία σχέση *συνόλου-μέρος συνόλου* μεταξύ οντοτήτων που βρίσκονται σε συνεχόμενα επίπεδα αφαίρεσης και ονομάζεται *instance-of*. Μία κλάση είναι και αυτή με την σειρά της μία οντότητα, άρα μπορεί να οριστεί ως περίπτωση μίας άλλης κλάσης. Η SIS-Telos απαιτεί από κάθε οντότητα να είναι περίπτωση τουλάχιστον μίας κλάσης η οποία είναι ορισμένη από το σύστημα. Συνεπώς δημιουργείται μία μη φραγμένη ιεραρχία από κλάσεις. Στο κατώτερο επίπεδο βρίσκονται οι *ατομικές οντότητες* ή *Tokens*, στο αμέσως επόμενο επίπεδο βρίσκονται οι *απλές κλάσεις* ή *Simple Classes* που αποτελούνται από ατομικές οντότητες, έπειτα οι *μετακλάσεις* που αποτελούνται από απλές κλάσεις, οι *μετα-μετακλάσεις* κοκ. Η απαίτηση κάθε οντότητα να ανήκει σε μία κλάση εκπληρώνεται με την ύπαρξη ειδικών *κλάσεων του συστήματος* ή *Ω-κλάσεων*.

Η τρέχουσα υλοποίηση της SIS-Telos επιτρέπει την χρήση πολλαπλής ταξινόμησης επιτρέποντας έτσι σε μία οντότητα να είναι περίπτωση περισσότερων από μία κλάσεων. Ένα παράδειγμα της χρήσης του μηχανισμού ταξινόμησης στο ΜΔΣ παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2.

- *Γενίκευση/Εξειδίκευση*

Ο μηχανισμός αυτός δηλώνει μία σχέση *συνόλου-υποσυνόλου* μεταξύ οντοτήτων που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αφαίρεσης και ονόμάζεται *isA*. Αν A *isA* B (όπου A και B) είναι κλάσεις, τότε οι περιπτώσεις της A είναι περιπτώσεις της B. Η δήλωση της σχέσης *isA* μεταξύ κλάσεων επιτρέπει την κληρονόμηση ιδιοτήτων από την υπερκλάση στην υποκλάση. Η SIS-Telos, επιτρέπει είτε την δήλωση επιπλέον γνωρισμάτων στην υποκλάση είτε τον περιορισμό του συνόλου των τιμών των γνωρισμάτων που αυτή κληρονομεί από

την υπερκλάση της.
Η SIS-Telos επιτρέπει σε μία κλάση να έχει περισσότερες από μία υπερκλάσεις επιτρέποντας την πολλαπλή και παράλληλα αυστηρή κληρονόμηση ιδιοτήτων από τις υπερκλάσεις της, επιλύοντας προβλήματα αμφισημίας που πιθανώς υπάρχουν[1]

Ο μηχανισμός γενίκευσης/εξειδίκευσης επιτρέπει την δημιουργία ιεραρχιών κλάσεων, οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αφαίρεσης, προσδίδοντας έτσι οικονομία στο μοντέλο δεδομένου ότι δεν απαιτείται η επανάληψη κοινών γνωρισμάτων στις κλάσεις που μετέχουν στην ιεραρχία αυτή.
Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα του μηχανισμού γενίκευσης/εξειδίκευσης στην SIS-Telos.

- *Απόδοση Γνωρίσματος*

Με τον μηχανισμό απόδοσης γνωρίσματος δίνεται η δυνατότητα παράστασης πληροφορίας που αφορά μία συγκεκριμένη οντότητα. Τα γνωρίσματα που αποδίδονται σε μία οντότητα μπορούν να θεωρηθούν ως σχέσεις μεταξύ οντοτήτων. Οι σχέσεις αυτές έχουν ένα *πεδίο ορισμού* (οντότητα στην οποία αυτές ορίζονται) και ένα *πεδίο τιμών* (ο τύπος της τιμής που παίρνει το γνώρισμα). Η ισότιμη μεταχείριση οντοτήτων και γνωρισμάτων στην SIS-Telos, επιτρέπει την δυνατότητα δήλωσης γνωρίσματος σε γνώρισμα.

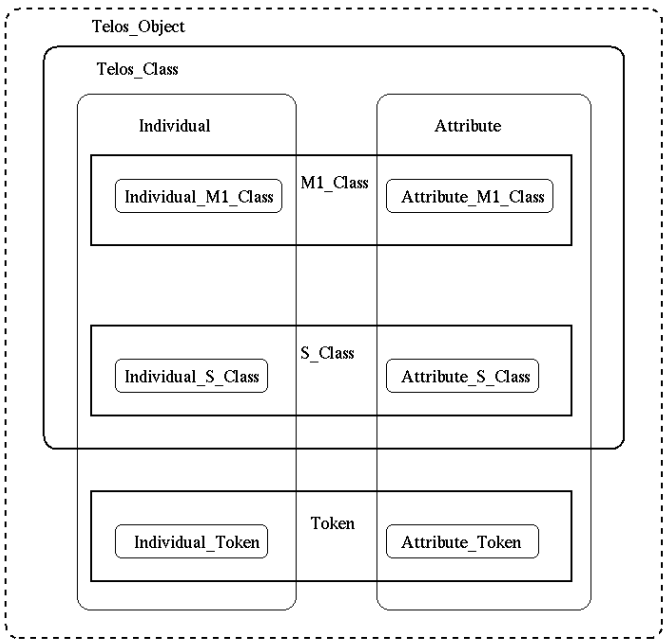
Στα οντοκεντρικά μοντέλα δεδομένων [19] τα γνωρίσματα που ορίζονται σε ένα αντικείμενο *(object)* μπορούν να διακριθούν σε *δομικά* και *μεθόδους*. Τα δομικά γνωρίσματα ενός αντικειμένου περιγράφουν την κατάσταση του ενώ αντίθετα οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται για ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ αντικειμένων ή για αλλαγή των δομικών τους χαρακτηριστικών. Στην SIS-Telos, τα αντικείμενα της βάσης γνώσης είναι στατικά και όχι δυναμικά και οι τιμές των γνωρισμάτων που ορίζονται σε αυτά, ενημερώνονται μόνο από τον χρήστη της βάσης γνώσης.
Τα γνωρίσματα που ορίζονται σε μία κλάση σε σημασιολογικά μοντέλα δεδομένων [27, 31] διακρίνονται σε *γνωρίσματα κλάσης*, *class attributes* και σε *γνωρίσματα περιπτώσεων*, *instance attributes*. Τα γνωρίσματα κλάσης χαρακτηρίζουν την ίδια την κλάση ενώ τα γνωρίσματα περιπτώσεων χαρακτηρίζουν τις περιπτώσεις της κλάσης. Τα γνωρίσματα κλάσης μπορούν διαχωρίζονται σε γνωρίσματα που έχουν την ίδια τιμή για όλες τις περιπτώσεις της κλάσης και σε γνωρίσματα που αφορούν την ίδια την κλάση.
Η ανάγκη για τον διαχωρισμό των γνωρισμάτων αυτών προέκυψε κατά την κατασκευή μοντέλων παράστασης γνώσης για πολιτισμικά αντικείμενα [25] και για μηχανήματα [5]. Στην SIS-Telos έχει υλοποιηθεί η έννοια των γνωρισμάτων κλάσης, *class attributes* [25] ενώ μία μελέτη αυτών παρουσιάζεται στο [17].

[1]Τα προβλήματα αυτά προκύπτουν από σε περιπτώσεις όμοιων ονομάτων στις υπερκλάσεις μίας οντότητας.

Η δήλωση ενός γνωρίσματος σε μία κλάσης ως *class attribute* δίνει την δυνατότητα κληρονόμησης της τιμής του γνωρίσματος αυτού σε όλες τις περιπτώσεις της. Η σημασιολογία των γνωρισμάτων κλάσης όπως ορίζεται στην SIS-Telos είναι η παρακάτω [25]:

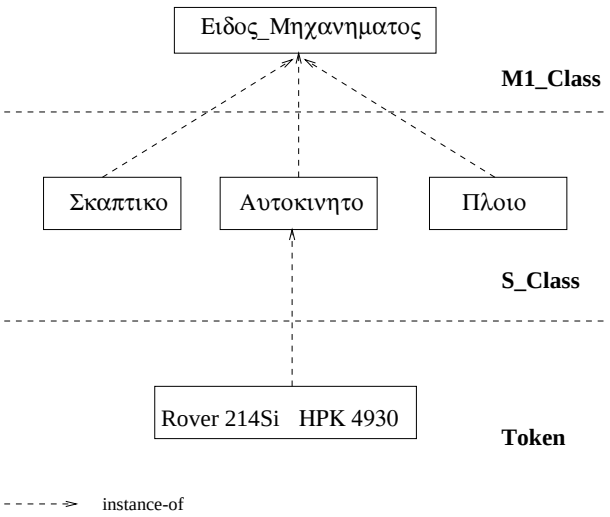
- η δήλωση ενός γνωρίσματος κλάσης, ισχύει για κάθε περίπτωση της συγκεκριμένης κλάσης, χωρίς εξαίρεση. Η δήλωση αυτή δεν απαγορεύει την δήλωση επιπλέον τιμής για το συγκεκριμένο γνώρισμα (βλέπε σχήμα 4.4).
- η δήλωση ενός γνωρίσματος κλάσης δεν απαγορεύει την δήλωση πολλαπλών τιμών για αυτό.
- ένα γνώρισμα κλάσης κληρονομείται σε όλες τις υποκλάσεις αυτής.
- η τιμή που έχει ένα γνώρισμα κλάσης βρίσκεται σε επίπεδο δεδομένων *(Token).*

Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης των γνωρισμάτων κλάσης στην SIS-Telos.



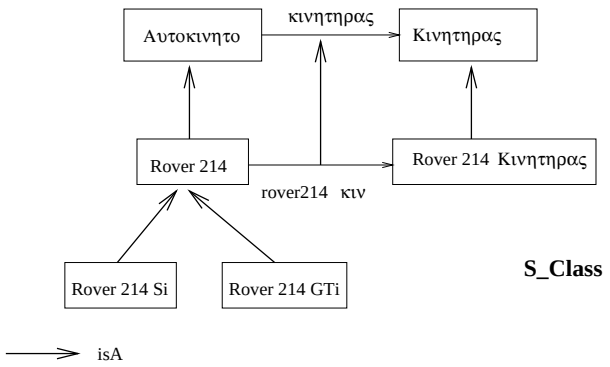
Σχήμα 4.1: Η ιεραρχία κλάσεων στην SIS-Telos

Οι οντότητες που ορίζονται με την SIS-Telos, δηλώνονται ως περιπτώσεις της κλάσης συστήματος *Telos_Object*. Η *Telos_Class* ορίζεται ως υποκλάση της *Telos_Object* και συγκεντρώνει όλες τις κλάσεις που ορίζονται από τον χρήστη του συστήματος. Οι οντότητες που ορίζονται στην SIS-Telos διαμερίζονται στις κλάσεις *Individual* και *Attribute*, περιπτώσεις των οποίων είναι οι ατομικές οντότητες, κλάσεις ατομικών οντοτήτων κοκ. της πρώτης και τα γνωρίσματα, κλάσεις γνωρισμάτων κοκ. της δεύτερης. Οι κλάσεις *Individual_M1_Class*, *Individual_S_Class* και *Individual_Token* ορίζονται ως υποκλάσεις της *Individual* και των *M1_Class*, *S_Class* και *Token* αντίστοιχα. Περιπτώσεις αυτών είναι οι οντότητες (όχι γνωρίσματα) της SIS-Telos που βρίσκονται στα επίπεδα αφαίρεσης *M1_Class*, *S_Class* και *Token* αντίστοιχα. Όμοια ορίζονται οι υποκλάσεις *Attribute_M1_Class*, *Attribute_S_Class* και *Attribute_Token*.



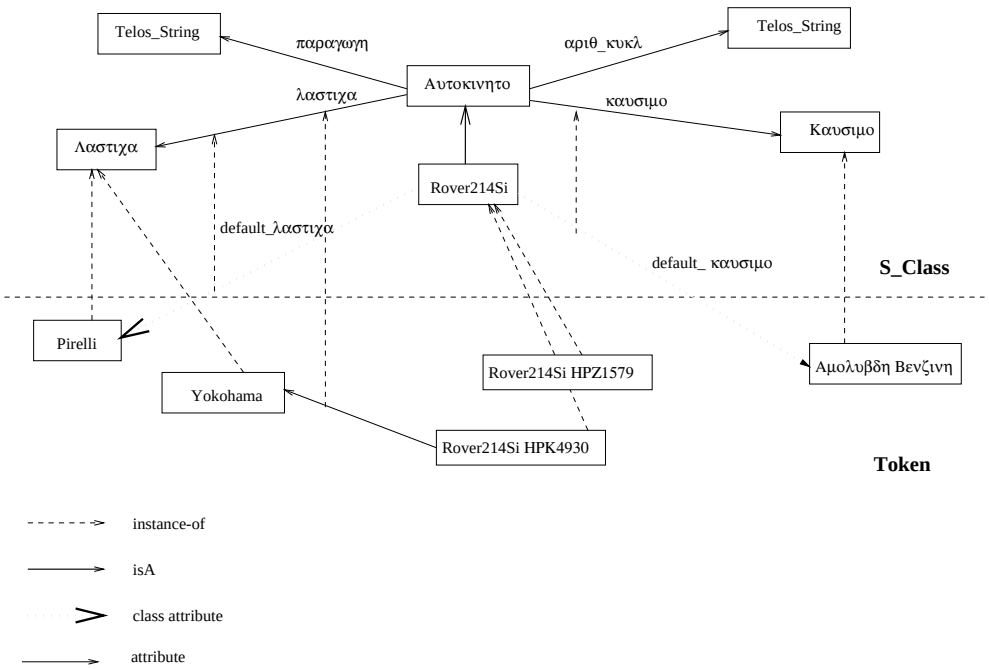
Σχήμα 4.2: Ο μηχανισμός ταξινόμησης στην SIS-Telos

Στην μετακλάση «Είδος_Μηχανήματος» ταξινομούνται όλοι οι διαφορετικοί τύποι μηχανημάτων. Περιπτώσεις της είναι οι κλάσεις «Σκαπτικό», «Αυτοκίνητο» και «Πλοίο». Περίπτωση της κλάσης «Αυτοκίνητο» είναι η οντότητα «Rover214Si_HPK4930».



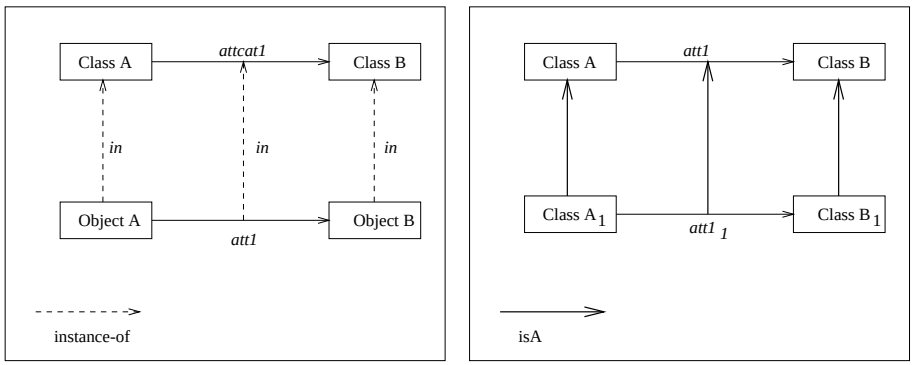
Σχήμα 4.3: Ο μηχανισμός γενίκευσης/εξειδίκευσης στην SIS-Telos

Η κλάση «Αυτοκίνητο» συγκεντρώνει όλα τα αυτοκίνητα του πραγματικού κόσμου. Στην κλάση αυτή ορίζεται το γνώρισμα «κινητήρας» που παίρνει τιμές στην κλάση «Κινητήρας». Υποκλάση αυτής ορίζεται η «Rover 214» που συγκεντρώνει όλα τα αυτοκίνητα τύπου ‘‘Rover214”. Η κλάση αυτή κληρονομεί από την υπερκλάση της, το γνώρισμα «κινητήρας» του οποίου η τιμή περιορίζεται στην κλάση τιμών «Rover214 Κινητήρας».



Σχήμα 4.4: Παράδειγμα γνωρισμάτων κλάσης και περιπτώσεων

Σε απλό επίπεδο δεδομένων ορίζεται η κλάση «Αυτοκίνητο» που συγκεντρώνει όλα τα αυτοκίνητα του πραγματικού κόσμου. Στην κλάση αυτή ορίζονται τα γνωρίσματα «παραγωγή» που παίρνει τιμές στην κλάση *Telos_String* δηλώνοντας τον αριθμό των αυτοκινήτων συγκεκριμένου τύπου, «αριθ_κυκλ» που παίρνει τιμές στην κλάση *Telos_String* και δηλώνει τον αριθμό κυκλοφορίας ενός συγκεκριμένου αυτοκινήτου, «καύσιμο» που παίρνει τιμές στην κλάση «Καύσιμο» και δηλώνει το καύσιμο που χρησιμοποιείται από το συγκεκριμένο αυτοκίνητο και τέλος το «λάστιχα» που παίρνει τιμές στην κλάση «Λάστιχα» και δηλώνει τον τύπο λαστίχων ενός συγκεκριμένου αυτοκινήτου. Η κλάση «Rover 214Si» ορίζεται υποκλάση της «Αυτοκίνητο» και περιπτώσεις της είναι όλα τα αυτοκίνητα τύπου ''Rover 214Si''. Η κλάση αυτή κληρονομεί μέσω της σχέσης *isA* όλα τα γνωρίσματα που περιγράφηκαν παραπάνω. Το γνώρισμα «αριθ_κυκλ» είναι ένα *γνώρισμα περίπτωσης* για την «Rover 214Si» αφού κάθε περίπτωση της (οντότητες «Rover 214Si HPK4930» και «Rover 214Si HPZ1579») έχουν διαφορετικό αριθμό κυκλοφορίας. Στην κλάση αυτή ορίζεται το γνώρισμα «default_λάστιχα», περίπτωση του γνωρίσματος «λάστιχα». Το γνώρισμα αυτό δηλώνεται ως *γνώρισμα κλάσης* και παίρνει τιμές στην «Pirelli», περίπτωση της «Λάστιχα» δηλώνοντας ότι όλα τα αυτοκίνητα τύπου ''Rover 214Si'' έχουν τέτοιου τύπου λάστιχα. Όμοια δηλώνεται το γνώρισμα κλάσης «default_καύσιμο» που παίρνει τιμές στην οντότητα «Αμόλυβδη_Βενζίνη» και είναι περίπτωση του «καύσιμο» και δηλώνει ότι όλα τα αυτοκίνητα τύπου ''Rover 214Si'' χρησιμοποιούν αμόλυβδη βενζίνη. Όπως φαίνεται στο σχήμα επιτρέπεται η δήλωση ενός γνωρίσματος, περίπτωση του «λάστιχα» σε μία από τις περιπτώσεις της «Rover214Si» («Rover214Si HPK4930»).



Σχήμα 4.5: Περιορισμοί γνωρισμάτων στην SIS-Telos

- *Περιορισμός ταξινόμησης*

Ο μηχανισμός ταξινόμησης χρησιμοποιείται και σε γνωρίσματα στην SIS-Telos. Για την σχέση *instance-of* μεταξύ γνωρισμάτων ισχύει ο περιορισμός ταξινόμησης. Εστω το γνώρισμα *att1* που ορίζεται στην οντότητα *ObjectA* και παίρνει τιμές στην κλάση *ObjectB*. Εστω η κατηγορία γνωρίσματος *attcat1* που ορίζεται στην κλάση *ClassA* και παίρνει τιμές στην κλάση *ClassB*. Αν *att1* ορίζεται περίπτωση της *attcat1* τότε *ObjectA* είναι περίπτωση της *ClassA* και *ObjectB* περίπτωση της *ClassB*.
Στο σχήμα 4.5(α) παρουσιάζεται ο περιορισμός ταξινόμησης που ισχύει για γνωρίσματα που ορίζονται στην SIS-Telos.

- *Περιορισμός Γενίκευσης*

Ο μηχανισμός γενίκευσης/εξειδίκευσης χρησιμοποιείται και σε κλάσεις γνωρισμάτων στην SIS-Telos. Για την σχέση *isA* μεταξύ κλάσεων γνωρισμάτων ισχύει ο περιορισμός γενίκευσης. Εστω το γνώρισμα $att1_1$ που ορίζεται στην κλάση $ClassA_1$ και παίρνει τιμές στην κλάση $ClassB_1$. Εστω το γνώρισμα *att1* που ορίζεται στην κλάση *ClassA* και παίρνει τιμές στην κλάση *ClassB*. Αν *att1* ορίζεται υποκλάση της *attcat1* τότε η κλάση $ClassA_1$ είναι υποκλάση της *ClassA* και η κλάση $ClassB_1$ είναι υποκλάση της *ClassB*.
Στο σχήμα 4.5(β) παρουσιάζεται ο περιορισμός γενίκευσης που ισχύει για γνωρίσματα που ορίζονται στην SIS-Telos.

4.2 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ

Κάποιες από τις βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ αποτελούν δάνειο από το μοντέλο παράστασης γνώσης πολιτισμικών αντικειμένων, ΚΛΕΙΩ [2].

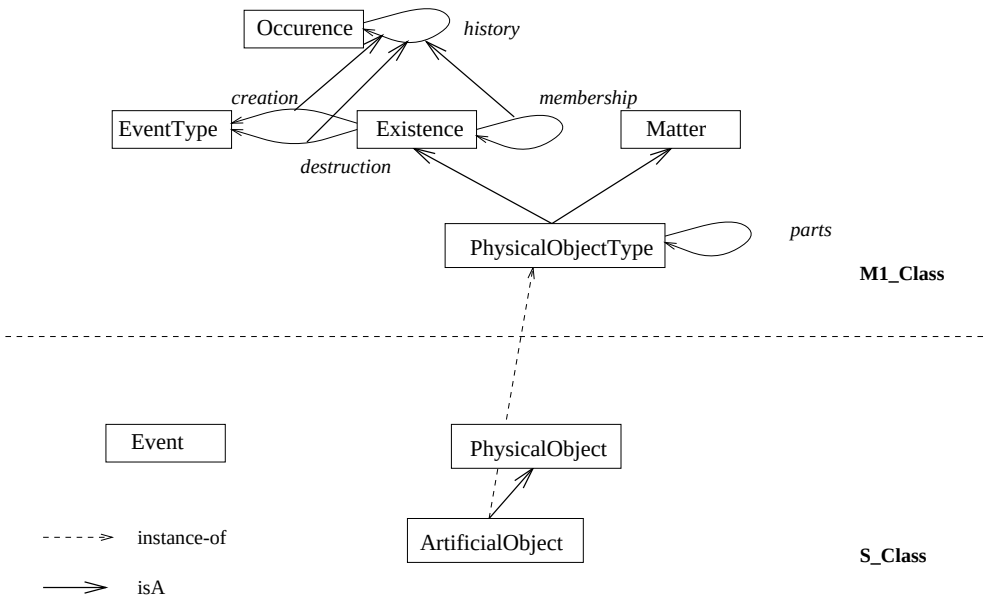
Η μετακλάση **Occurrence** ορίζεται στο ΜΔΣ όπως ακριβώς και στο ΚΛΕΙΩ. Χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει όλες τις έννοιες υπόστασης. Γνώρισμα της μετακλάσης **Occurrence** ορίζεται το *history* το οποίο παίρνει τιμές στην ίδια και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ιστορία που έχει μία υπόσταση.
Η μετακλάση **Matter** χρησιμοποιείται για να δηλώσει όλες τις έννοιες ύλης.
Η μετακλάση **EventType** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους γεγονότων και είναι υποκλάση της **Occurrence** δεδομένου ότι τα γεγονότα έχουν υπόσταση στον πραγματικό κόσμο.
Η κλάση **Event** βρίσκεται σε απλό επίπεδο και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους γεγονότων. Περιπτώσεις της είναι όλα τα γεγονότα του πραγματικού κόσμου.
Η μετακλάση **Existence** είναι υποκλάση της **Occurrence** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει όλες τις έννοιες ύπαρξης. Γνωρίσματα της μετακλάσης **Existence** είναι τα:

- το *membership* το οποίο παίρνει τιμές στην **Existence** και είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history* και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι μία ύπαρξη μπορεί να ανήκει σε μία άλλη ύπαρξη. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τις αναφορές στην ιστορία μίας υπόστασης η οποία αναφέρεται σε γεγονότα που σχετίζονται με το γεγονός ότι μία υπόσταση ανήκει σε μία άλλη.

- το *creation* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **EventType** και είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history*. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις αναφορές που γίνονται στην ιστορία μίας υπόστασης και που σχετίζονται με την δημιουργία της.

- *destruction* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **EventType** και είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history*. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις αναφορές που γίνονται στην ιστορία μίας υπόστασης και που σχετίζονται με την καταστροφή της.

Η μετακλάση **PhysicalObjectType** είναι υποκλάση των **Existence** και **Matter**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους φυσικών αντικειμένων. Με τον όρο τύπος φυσικού αντικειμένου γίνεται αναφορά σε όλα τα αντικείμενα τα οποία έχουν υπόσταση ανεξάρτητα αν είναι τεχνητά ή όχι. Είναι υποκλάση της **Existence** δηλώνοντας ότι ένα φυσικό αντικείμενο έχει υπόσταση. Είναι υποκλάση της



Σχήμα 4.6: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις στο ΜΔΣ

Από τις μετακλάσεις που ομαδοποιούνται κάτω από την μετακλάση **Occurence** η οποία αναφέρεται σε έννοιες υπόστασης, η **EventType** ομαδοποιεί όλους τους διαφορετικούς τύπους γεγονότων, η **Existence** ομαδοποιεί όλες τις έννοιες ύπαρξης, η **Matter** όλες τις έννοιες υλικού και τέλος η **PhysicalObjectType** ομαδοποιεί όλους τους τύπους φυσικών αντικειμένων.

Matter δηλώνοντας ότι ένα φυσικό αντικείμενο μπορεί να αναφέρεται και σε έννοιες ύλης. Γνώρισμα της μετακλάσης **PhysicalObjectType** είναι το *parts* το οποίο παίρνει τιμές στην ίδια και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι ένα φυσικό αντικείμενο αποτελείται από άλλα φυσικά αντικείμενα. Η κλάση **PhysicalObject** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα διαφορετικά φυσικά αντικείμενα. Υποκλάσεις της είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι φυσικών αντικειμένων που υπάρχουν στον κόσμο.
Η κλάση **ArtificialObject** είναι υποκλάση της **PhysicalObject** και περίπτωση της **PhysicalObjectType**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο και τα οποία κατασκευάζονται με διαδικασίες παραγωγής.
Το τμήμα του μοντέλου που περιγράφηκε παραπάνω βρίσκεται στο σχήμα 4.6.

Εκτός από τις παραπάνω βασικές κλάσεις και μετακλάσεις που έχουν οριστεί στο μοντέλο ορίζονται μετακατηγορίες γνωρισμάτων των οποίων βασικός σκοπός είναι η πληρέστερη εννοιολογικά παράσταση γνώσης. Οι μετακατηγορίες αυτές γνωρισμάτων χρησιμοποιούνται για την παράσταση κάποιων περιορισμών ακεραιότητας. Δεδομένου του ότι στην συγκεκριμένη υλοποίηση της SIS-Telos δεν επιτρέπονται δηλώσεις ενεργών

περιορισμών, η μοντελοποίηση τους αποτελεί μία προσέγγιση για συνεπή παράσταση γνώσης. Οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων οι οποίες ορίζονται στο μοντέλο παρουσιάζονται παρακάτω.

Η μετακατηγορία γνωρίσματος *default* ορίζεται από **Individual** σε **Individual** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η τιμή γνωρίσματος μίας κλάσης πρέπει να κληρονομηθεί σε όλες τις περιπτώσεις της. Η χρήση του μηχανισμού των *class attributes* όπως έχει υλοποιηθεί στην συγκεκριμένη έκδοση της SIS-Telos υποστηρίζει την κληρονόμηση μίας τιμής γνωρίσματος που ορίζεται στην κλάση στις περιπτώσεις της κλάσης αυτής. Ο περιορισμός ο οποίος τίθεται στην χρήση του μηχανισμού των *class attributes* αφορά το επίπεδο αφαίρεσης της τιμής γνωρίσματος το οποίο πρέπει να είναι το επίπεδο δεδομένων, (Token level). Στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η τιμή γνωρίσματος που πρέπει να κληρονομηθεί βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης και όχι στο επίπεδο δεδομένων ο μηχανισμός αυτός δεν υποστηρίζει κληρονόμηση τιμής γνωρίσματος. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μετακατηγορία γνωρισμάτων *default* για την (έμμεση) δήλωση του συγκεκριμένου περιορισμού.

Οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων οι οποίες περιγράφονται χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν περιορισμούς για την κατηγορία σχέσεων τύπου *μέρος-προς-όλο*. Οι περιορισμοί αυτοί προτείνονται από την R. Motsching-Pitrik στο [26] στο οποίο πραγματεύεται την σημασιολογία των συνδέσμων κατηγορίας *μέρος-προς-όλο*.

Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *exclusive* ορίζεται από **Individual** σε **Individual**. Αν ένα αντικείμενο A έχει ως μέρος του το αντικείμενο B και η σχέση είναι τύπου *αποκλειστική*, (exclusive), τότε το αντικείμενο B δεν μπορεί να μετέχει σε μία σχέση τύπου *μέρος-προς-όλο* με ένα αντικείμενο $A' \neq A$.

Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *shared* ορίζεται από **Individual** σε **Individual**. Αν ένα αντικείμενο A έχει ως μέρος του το αντικείμενο B και η σχέση είναι τύπου *μη αποκλειστική*, (shared), τότε το αντικείμενο B μπορεί να μετέχει σε μία σχέση τύπου *μέρος-προς-όλο* με ένα αντικείμενο $A' \neq A$.

Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *dependent* ορίζεται από **Individual** σε **Individual**. Αν ένα αντικείμενο A έχει ως μέρος του το αντικείμενο B και η σχέση είναι τύπου *εξάρτησης*, (dependent), τότε η ύπαρξη του αντικειμένου B εξαρτάται από την ύπαρξη του αντικειμένου A.

Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *independent* ορίζεται από **Individual** σε **Individual**. Αν ένα αντικείμενο A έχει ως μέρος του το αντικείμενο B και η σχέση είναι τύπου *σχέση μη εξάρτησης*, (independent), τότε η ύπαρξη του αντικειμένου B είναι ανεξάρτητη από την ύπαρξη του αντικειμένου B.

Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *optional* ορίζεται **Individual** σε **Individual**. Η δήλωση *optional* για μία κατηγορία γνωρισμάτων *μέρος-προς-όλο* αναφέρεται στο γεγονός ότι το

γνώρισμα δεν είναι απαραίτητο να δηλωθεί στις περιπτώσεις της κλάσης.
Η μετακατηγορία γνωρισμάτων *essential* ορίζεται από **Individual** σε **Individual**. Η δήλωση *essential* για μία κατηγορία γνωρισμάτων *μέρος-προς-όλο* αναφέρεται στο γεγονός ότι το γνώρισμα είναι απαραίτητο να δηλωθεί στις περιπτώσεις της κλάσης στην οποία αυτό έχει οριστεί.
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω όλες οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων αναφέρονται σε περιορισμούς στις σχέσεις *μέρους-προς-όλο* μεταξύ φυσικών αντικειμένων. Δεδομένου του σκοπού ορισμού τους η προσέγγιση μοντελοποίησης η οποία θα έπρεπε να ακολουθηθεί θα ήταν η δημιουργία υποκλάσεων για κάθε μία από τις παραπάνω μετακατηγορίες γνωρισμάτων της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *parts*. Κάτι τέτοιο όμως δεν επιτρέπεται από την τρέχουσα υλοποίηση της SIS-Telos οπότε και δημιουργήθηκαν αυτές οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων. Για να δηλωθεί ότι μία σχέση *parts* ικανοποιεί κάποιον από τους παραπάνω περιορισμούς χρησιμοποιείται ο μηχανισμός πολλαπλής ταξινόμησης (multiple instantiation). Για να δηλωθεί ότι μία κατηγορία γνωρίσματος (περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *parts*) ικανοποιεί κάποιον από τους παραπάνω περιορισμούς αυτή ορίζεται ως περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρίσματος που εκφράζει τον απαιτούμενο περιορισμό.

4.3 Μοντέλο Ενεργειών

Η μετακλάση **ActionType** είναι υποκλάση της **EventType** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους ενεργειών που συναντιώνται στον κόσμο. Η κλάση **Action** έχει ως υποκλάσεις της όλους τους διαφορετικούς τύπους ενεργειών που έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στον πραγματικό κόσμο και είναι υποκλάση της **Event**. Γνωρίσματα της είναι τα:

- *subject* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Actor** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το υποκείμενο/δράστη μίας ενέργειας. Το υποκείμενο μίας ενέργειας στα πλαίσια ενός οργανισμού μπορεί να είναι ένας δράστης όπως αυτός ορίζεται από τον E. Yu στις εργασίες του για την παράσταση των διεργασιών ενός οργανισμού(βλέπε 4.4).

- *time* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Time** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον χρόνο πραγματοποίησης της συγκεκριμένης ενέργειας.

- *duration* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Real** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την διάρκεια εκτέλεσης μίας συγκεκριμένης ενέργειας.

Η κλάση **Creation** είναι υποκλάση της **Action** και περίπτωση της **ActionType**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ενέργειες δημιουργίας ενός τεχνητού αντικειμένου. Γνωρίσματα της είναι τα *subject*, *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **Destruction** είναι υποκλάση της **Action** και περίπτωση της **ActionType**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ενέργειες καταστροφής ενός αντικειμένου. Γνωρίσματα της είναι τα *subject*, *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **Design** είναι υποκλάση της **Creation** και περίπτωση της **ActionType**. Συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες σχεδίασης ενός τεχνητού αντικειμένου. Η ενέργεια σχεδίασης ενός αντικειμένου θεωρείται ενέργεια δημιουργίας του. Γνώρισμα της κλάσης είναι το *subjectofdesign* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Τμήμα_Σχεδίασης** και είναι υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *subject*. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι ο δράστης μίας σχεδιαστικής ενέργειας ανήκει στο σχεδιαστικό τμήμα.[2] Άλλα γνωρίσματα της κλάσης είναι τα *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **Production** είναι υποκλάση της **Creation** και περίπτωση της **ActionType**. Συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες παραγωγής ενός τεχνητού αντικειμένου. Η ενέργεια παραγωγής ενός αντικειμένου θεωρείται ενέργεια δημιουργίας του. Γνώρισμα της κλάσης αυτής είναι το *subjectofproduction* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Τμήμα_Παραγωγής** και είναι υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *subject*. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι ο δράστης μίας ενέργειας παραγωγής ενός τεχνητού αντικειμένου ανήκει στο τμήμα παραγωγής. Άλλα γνωρίσματα της κλάσης είναι τα *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **Modification** είναι υποκλάση της **Creation** και περίπτωση της **ActionType**. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους ενέργειες αλλαγής ενός τεχνητού αντικειμένου. Ορίζεται ως υποκλάση της **Creation** δεδομένου ότι μία πράξη αλλαγής σε ένα τεχνητό αντικείμενο θεωρείται ως πράξη δημιουργίας του.
Γνωρίσματα της είναι τα:

- *from_state* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προϊόν** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το προϊόν στο οποίο γίνεται η αλλαγή.

- *to_state* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προϊόν** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το προϊόν μετά την πράξη αλλαγής. [3]

[2] Με αυτό τον τρόπο περιορίζονται οι δράστες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για ενέργειες σχεδίασης ενός τεχνητού αντικειμένου.

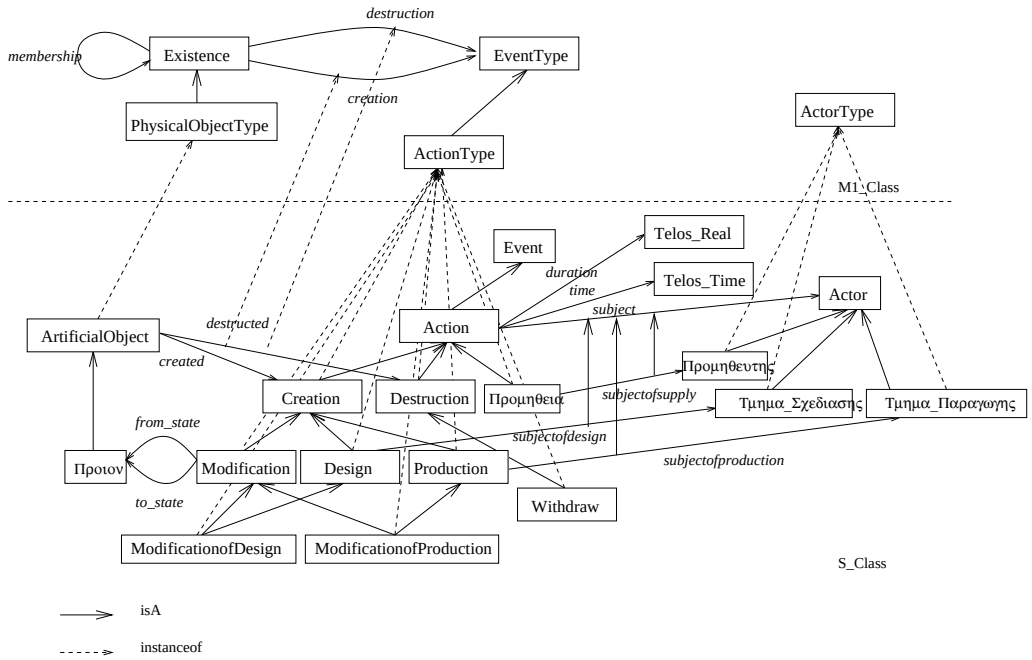
[3] Πρέπει να αναφερθεί στο συγκεκριμένο σημείο ότι η μοντελοποίηση της πράξης αλλαγής ενός προϊόντος δεν αποτελεί προσέγγιση μοντελοποίησης της έκδοσης του. Με την κλάση **Modification** δίνεται η δυνατότητα μοντελοποίησης της αλλαγής των στοιχείων κάποιου προϊόντος χωρίς να είναι απαραίτητο το προϊόν που θα προκύψει να αποτελεί έκδοση του πρώτου.

Άλλα γνωρίσματα της κλάσης είναι τα *subject*, *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **ModificationofDesign** είναι περίπτωση της μετακλάσης **ActionType** και υποκλάση των **Modification** και **Design** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει μία πράξη αλλαγής σχεδίασης η οποία γίνεται σε ένα αντικείμενο. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους πράξεις αλλαγής σχεδίασης που μπορούν να γίνουν σε ένα τεχνητό αντικείμενο. Γνωρίσματα της είναι τα *time*, *duration* και *subjectofdesign* τα οποία κληρονομεί από την **Design**, τα *from_state* και *to_state* τα οποία κληρονομεί από την **Modification**.
Η κλάση **ModificationofProduction** είναι περίπτωση της μετακλάσης **ActionType**. Είναι υποκλάση των **Modification** και **Production** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει μία πράξη αλλαγής παραγωγής η οποία γίνεται σε ένα αντικείμενο. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους πράξεις αλλαγής παραγωγής που μπορούν να γίνουν σε ένα τεχνητό αντικείμενο. Γνωρίσματα της είναι τα *subjectofproduction*, *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Production**, τα *from_state* και *to_state* τα οποία κληρονομεί από την **Modification**.
Η κλάση **Withdraw** είναι περίπτωση της **ActionType** και υποκλάση της **Destruction**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ενέργειες απόσυρσης ενός τεχνητού αντικειμένου και μπορεί να θεωρηθεί ως ενέργεια καταστροφής του. Γνωρίσματα της είναι τα *subject*, *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **Προμήθεια** είναι περίπτωση της **ActionType** και υποκλάση της **Action** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ενέργειες προμήθειας ενός τεχνητού αντικειμένου. Γνωρίσμα της είναι το *subjectofsupply* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προμηθευτής** και είναι υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *subject*. Άλλα γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα *time* και *duration* τα οποία κληρονομεί από την **Action**.
Η κλάση **ArtificialObject** συγκεντρώνει όλα τα τεχνητά αντικείμενα. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *created* το οποίο είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation* και το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Creation**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ενέργεια δημιουργίας ενός τεχνητού αντικειμένου.

- *destructed* το οποίο είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *destruction* και παίρνει τιμές στην κλάση **Destruction**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ενέργεια καταστροφής ενός τεχνητού αντικειμένου.

Το τμήμα του μοντέλου το οποίο περιγράφηκε παραπάνω παρουσιάζεται στο σχήμα 4.7.



Σχήμα 4.7: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του μοντέλου ενεργειών

Η μετακλάση **ActionType** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους πράξεων. Οι κλάσεις **Creation** και **Destruction** συγκεντρώνουν τις ενέργειες δημιουργίας και καταστροφής ενός τεχνητού αντικειμένου. Οι κλάσεις **Design**, **Production** και **Modification** ορίζονται ως υποκλάσεις των παραπάνω για να δηλώσουν έννοιες σχεδίασης, παραγωγής και αλλαγής ενός τεχνητού αντικειμένου.

4.4 Μοντέλο Δραστών

Η προσέγγιση μοντελοποίησης η οποία ακολουθείται στο μοντέλο των δραστών υιοθετείται από τις εργασίες του Eric Yu ([45, 44, 46, 43]). Στις εργασίες αυτές ο E. Yu προτείνει ένα μοντέλο παράστασης των *''γιατί''* και όχι των *''πως''* και *''τι''* των διεργασιών ενός οργανισμού. Ο E. Yu εισάγει την έννοια του δράστη (actor) αποδίδοντας σε αυτή τον εξής ορισμό:
''ένας δράστης είναι μία ενεργή οντότητα η οποία πραγματοποιεί ενέργειες για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου σκοπού χρησιμοποιώντας όλη την διαθέσιμη γνώση''. Ο κάθε δράστης σε ένα οργανισμό θεωρείται από τον E. Yu μία σύνθετη μονάδα. Για να μοντελοποιηθούν οι υπομονάδες από τις οποίες αποτελείται ένας δράστης ο E. Yu εισάγει τις έννοιες του πράκτορα (agent), της θέσης (position) και του ρόλου (role).
Η έννοια του πράκτορα (agent) αναφέρεται στις απόψεις εκείνες ενός δράστη (actor) οι οποίες συνδέονται με την ύπαρξη του ως μία διακριτή και αυτόνομη ομάδα. Τα χαρακτηριστικά ενός πράκτορα δεν μεταφέρονται στους δράστες με τους οποίους αυτός

συνδέεται στα πλαίσια ενός οργανισμού.
Η έννοια του ρόλου (role) αναφέρεται σε ένα αφηρημένο χαρακτηρισμό της συμπεριφοράς ενός δράστη μέσα σε ένα εξιδικευμένο περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται με τον ρόλο μεταφέρονται και στους δράστες οι οποίοι παίζουν τον ρόλο αυτόν.
Η έννοια της θέσης (position) είναι αφηρημένη και χρησιμοποιείται για την αναφορά ενός συνόλου ρόλων οι οποίοι έχουν ένα συγκεκριμένο χαραακτηριστικό. Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται για να συσχετίσει τους ρόλους ενός πράκτορα με τον πράκτορα.
Οι κλάσεις και οι μετακλάσεις οι οποίες ορίζονται στο μοντέλο ακολουθούν τους ορισμούς οι οποίοι αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η μετακλάση **ActorType** είναι υποκλάση της **Existence** και συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους δραστών οι οποίοι συναντιώνται σε έναν οργανισμό[4]. Ορίζεται ως υποκλάση της **Existence** δεδομένου ότι ένας δράστης έχει υπόσταση. Γνωρίσματα της **ActorType** είναι τα:

- *membership* το οποίο κληρονομεί από την μετακλάση **Existence**.
- *σχετίζεται_με* που παίρνει τιμές στην ίδια και χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει όλους τους διαφορετικούς τύπους συσχετίσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων δραστών.
- *συνίσταται_από* που παίρνει τιμές στην ίδια και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι ένας δράστης μπορεί να συνίσταται από άλλους.

Ένας δράστης στα πλαίσια ενός οργανισμού θεωρείται από τον Eric Yu ως μία σύνθετη οντότητα τόσο γιατί μπορούν να υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ διαφορετικών τύπων δραστών (πράκτορας παίζει ρόλο, πράκτορας καταλαμβάνει θέση, θέση καλύπτει ρόλους) όσο και συσχετίσεις μεταξύ ίδιου τύπου δραστών (ρόλος συνίσταται από άλλους ρόλους). Για την μοντελοποίηση του δεύτερου τύπου των συσχετίσεων μεταξύ δραστών ορίστηκε η μετακατηγορία γνωρισμάτων *συνίσταται_από*. Για την παράσταση του συγκεκριμένου τύπου γνώσης υπήρχαν διαθέσιμες οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων *membership*, που χρησιμοποιείται για να δηλώσει την συμμετοχή μίας ύπαρξης σε μία ευρύτερη ύπαρξη και *σχετίζεται_με* που χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει τους διαφορετικούς τύπους συσχετίσεων μεταξύ δραστών. Καμμία από τις παραπάνω μετακατηγορίες γνωρισμάτων δεν εκφράζει το γεγονός της σύστασης ενός δράστη από δράστες όμοιου τύπου και για αυτό τον λόγο ορίστηκε η συγκεκριμένη μετακατηγορία γνωρίσματος.
Η κλάση **Actor** έχει ως υποκλάσεις της όλους τους διαφορετικούς τύπους δραστών οι

[4]Οι διαφορετικοί τύποι δραστών που συναντιώνται σε έναν οργανισμό είναι οι πράκτορες, οι ρόλοι που ανατίθονται σε αυτούς μέσα στον οργανισμό και τελικά οι θέσεις τις οποίες αυτοί καταλαμβάνουν.

οποίοι βρίσκονται σε έναν οργανισμό.
Η μετακλάση **AgentType** είναι υποκλάση της **ActorType** και χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει όλους τους διαφορετικούς τύπους πρακτόρων που βρίσκονται σε έναν οργανισμό και κληρονομεί από αυτήν τις μετακατηγορίες γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*, *συνίσταται_από* και *membership*.
Η κλάση **Agent** έχει ως περιπτώσεις της όλους τους πράκτορες που υπάρχουν και δρούν σε έναν οργανισμό. Γνωρίσματα της είναι τα:

- το *memberIn* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **GroupMembership** και είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *membership*. Χρησιμοποιείται για να δηλωθεί το γεγονός ότι ένας πράκτορας μπορεί να ανήκει σε μία ευρύτερη ομάδα πρακτόρων.

- το *καταλαμβάνει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Position** και είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*. Χρησιμοποιείται για να δηλωθεί το γεγονός ότι ένας δράστης μπορεί να καταλαμβάνει μία θέση μέσα σε έναν συγκεκριμένο οργανισμό.

- το *παίζει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Role** και είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*. Χρησιμοποιείται για να δηλωθεί το γεγονός ότι ένας δράστης μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους ρόλους μέσα σε έναν οργανισμό.

Η κλάση **GroupMembership** είναι περίπτωση της **Existence** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός της συμμετοχής ενός πράκτορα σε μία μεγαλύτερη ομάδα πρακτόρων. Στην κλάση αυτή ορίζεται το γνώρισμα *memberIn* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Group** και χρησιμοποιείται για να μοντελοποιηθεί η έννοια της συμμετοχής πρακτόρων σε μία ευρύτερη ομάδα πρακτόρων. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *membership*.
Η κλάση **Πρόσωπο** είναι περίπτωση της **AgentType** και της **PhysicalObjectType** δεδομένου ότι ένα πρόσωπο είναι ένας τύπος πράκτορα και είναι ένα φυσικό αντικείμενο αφού συναντάται στον πραγματικό κόσμο. Είναι υποκλάση της **Agent**. Περιπτώσεις της είναι όλα τα άτομα τα οποία βρίσκονται σε έναν οργανισμό. Τα γνωρίσματα της τα οποία κληρονομεί από την υπερκλάση της **Agent** είναι τα *memberIn*, *καταλαμβάνει* kκαι *παίζει*.
Η μετακλάση **GroupType** είναι υποκλάση της **AgentType** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους ομάδων πρακτόρων οι οποίοι δρούν στα πλαίσια ενός οργανισμού. Γνωρίσματα της είναι τα *membership*, *σχετίζεται_με* και *συνίσταται_από* τα οποία κληρονομεί από την μετακλάση **AgentType**.

Η κλάση **Group** συγκεντρώνει όλες τις διαφορετικές ομάδες πρακτόρων οι οποίες υπάρχουν μέσα σε έναν οργανισμό. Είναι υποκλάση της **Agent** και κληρονομεί από αυτήν τις κατηγορίες γνωρισμάτων *καταλαμβάνει*, *παίζει* και *memberIn*.
Η μετακλάση **PositionType** είναι υποκλάση της **ActorType** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους τύπους θέσεων που υπάρχουν μέσα σε έναν οργανισμό. Γνωρίστατα της είναι τα *membership*, *σχετίζεται_με* και *συνίσταται_από* τα οποία κληρονομεί από την μετακλάση **ActorType**.
Η κλάση **Position** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους θέσεων που υπάρχουν σε έναν οργανισμό. Είναι υποκλάση της **Actor** και περίπτωση της **ActorType**. Περιπτώσεις της είναι όλες οι διακριτές θέσεις οι οποίες υπάρχουν σε έναν οργανισμό. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

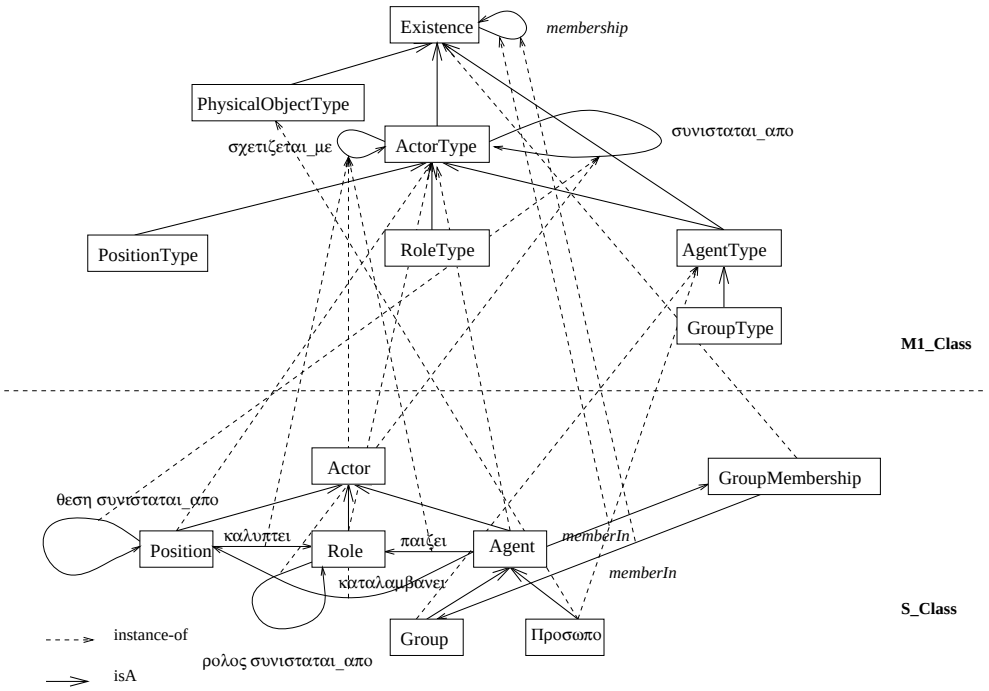
- *καλύπτει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Role** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι μία θέση μπορεί να καλύπτει έναν ή περισσότερους ρόλους.
- *θέση'συνίσταται_από* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Position** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι μία θέση μπορεί να συνίσταται από άλλες θέσεις. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *συνίσταται_από*.

Η μετακλάση **RoleType** είναι υποκλάση της **ActorType** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους ρόλων που μπορεί να έχει ένας πράκτορας. Γνωρίσματα της είναι τα *membership*, *σχετίζεται_με* και *συνίσταται_από*. που κληρονομεί από την μετακλάση **ActorType**.
Η κλάση **Role** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους ρόλων που υπάρχουν μέσα στον συγκεκριμένο οργανισμό. Είναι υποκλάση της **Actor** και περίπτωση της **ActorType**. Περιπτώσεις της είναι οι επιμέρους ρόλοι στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου οργανισμού. Γνώρισμα της **Role** είναι το *ρόλος'συνίσταται_από* το οποίο παίρνει τιμές στην ίδια. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι ένας ρόλος μπορεί να συνίσταται από άλλους. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *συνίσταται_από*.

Το τμήμα του ΜΔΣ το οποίο παρουσιάστηκε παραπάνω παρουσιάζεται στο σχήμα 4.8.

4.5 Μοντέλο Προϊόντων

Η μετακλάση **Είδος_Προϊόντος** είναι υποκλάση της **PhysicalObjectType** και συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους προϊόντων. Σύμφωνα με τον ορισμό ο οποίος δίνεται από το STEP ISO 10303, *''ένα προϊόν είναι οτιδήποτε μπορεί να προκύψει από φυσική*



Σχήμα 4.8: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του Μοντέλου Διάγνωσης Σφαλμάτων σχετικές με την έννοια του Δράστη

Η μετακλάση **ActorType** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους δραστών. Οι μετακλάσεις **PositionType**, **RoleType** και **AgentType** συγκεντρώνουν τους διαφορετικούς τύπους θέσεων, ρόλων και πρακτόρων αντίστοιχα που βρίσκονται και δρούν μέσα σε έναν οργανισμό.

ή από μηχανική διεργασία". Σύμφωνα με τον ορισμό ο οποίος δίνεται από το Merriam Webster's Collegiate Dictionary[5], *"ένα προϊόν είναι το αποτέλεσμα της πράξης παράγω, δηλαδή της πράξης απόδοσης ύπαρξης μορφής και σχήματος σε ένα αντικείμενο"*.

Η κλάση **Προϊόν** είναι υποκλάση της **ArtificialObject**. Υποκλάσεις της είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι προϊόντων. Περιπτώσεις της είναι τα διαφορετικά προϊόντα που συναντιώνται στον κόσμο. Συγκρίνοντας τους ορισμούς που αναφέρονται στην έννοια του προϊόντος και στην έννοια του τεχνητού αντικειμένου, θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται οι ίδιες κλάσεις για την παράσταση των εννοιών αυτών.

Ο ορισμός της έννοιας ενός προϊόντος γίνεται πληρέστερος όταν σε αυτόν προστεθεί και η έννοια της λειτουργικότητας που πρέπει να ικανοποιεί το συγκεκριμένο προϊόν. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει σαφώς μία διαφοροποίηση μεταξύ των εννοιών του προϊόντος και του τεχνητού αντικειμένου.[6]

[5]http://c.gp.cs.cmu.edu:5103/prog/webster

[6]Η συσχέτιση της έννοιας ενός προϊόντος με τον σκοπό για τον οποίο αυτό κατασκευάστηκε, έχει εξαιρετική σημασία δεδομένου ότι η αναφορά στην δυσλειτουργία ενός συγκεκριμένου προϊόντος γίνεται

Η κλάση **Κατεργάσιμο** είναι περίπτωση της **Είδος_Προϊόντος** και υποκλάση της **Προϊόν**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα προϊόντα τα οποία κατασκευάζονται μέσα στον οργανισμό στον οποίο γίνεται αναφορά. Χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει μία κατηγορία προέλευσης προϊόντος. Γνωρίσματα της κλάσης είναι τα:

- το *designed* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Design** και χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει την ενέργεια σχεδίασης ενός προϊόντος. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation* δεδομένου ότι η ενέργεια σχεδίασης ενός προϊόντος αποτελεί ενέργεια δημιουργίας του. Είναι υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *created*.

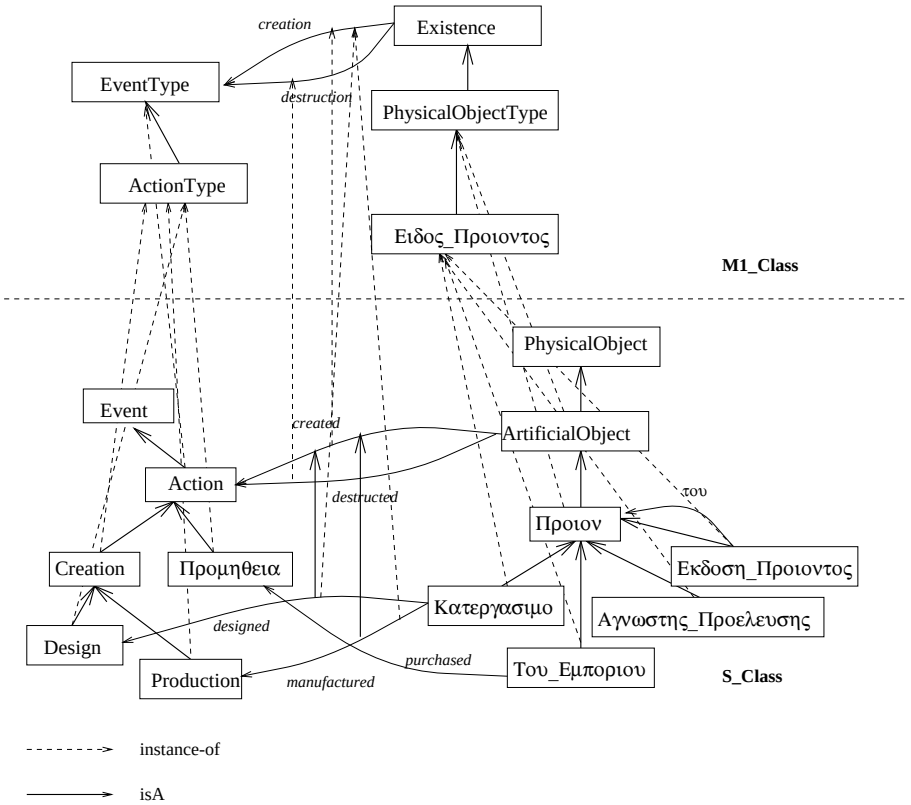
- το *manufactured* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Production** και χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει την ενέργεια κατασκευής ενός προϊόντος. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation* δεδομένου ότι η ενέργεια κατασκευής ενός προϊόντος αποτελεί ενέργεια δημιουργίας του. Είναι υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *created*.

Η κλάση **Του_Εμπορίου** είναι περίπτωση της **Είδος_Προϊόντος** και υποκλάση της **Προϊόν**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα προϊόντα τα οποία δεν κατασκευάζονται μέσα στον συγκεκριμένο οργανισμό αλλά προμηθεύονται από εξωτερικούς παράγοντες. Γνώρισμα της κλάσης αυτής είναι το *purchased* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προμήθεια** και χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει όλες τις ενέργειες εμπορίας ενός προϊόντος.
Η κλάση **Άγνωστης_Προέλευσης** είναι περίπτωση της μετακλάσης **Είδος_Προϊόντος** και είναι υποκλάση της **Προϊόν**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα προϊόντα άγνωστης προέλευσης.
Όλες οι παραπάνω κλάσεις χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν τις διαφορετικές κατηγορίες προέλευσης ενός προϊόντος όπως αυτές ορίζονται από το **STEP ISO 10303**. Η κλάση **Εκδοση_Προϊόντος** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τις διαφορετικές εκδόσεις τις οποίες μπορεί να έχει ένα συγκεκριμένο προϊόν. Είναι υποκλάση της **Προϊόν** αφού μία έκδοση προϊόντος δεν είναι τίποτε άλλο από ένα νέο προϊόν. Γνώρισμα της κλάσης είναι το *του* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προϊόν** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το προϊόν του οποίου το συγκεκριμένο αποτελεί έκδοση.[7]

Το τμήμα του μοντέλου το οποίο περιγράφηκε παραπάνω βρίσκεται στο σχήμα 4.9.

μόνο μέσα από την γνώση της λειτουργικότητας του, δηλαδή ο σκοπός που επιτελείται από το συγκεκριμένο προϊόν μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και από ένα συγκεκριμένο χρήστη.

[7]Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι η προσέγγιση μοντελοποίησης που ακολουθείται δεν σκοπεύει στην επίλυση του προβλήματος παράστασης γνώσης για εκδόσεις προϊόντων αλλά απλά ακολουθείται μία τυπική προσέγγιση στο πρόβλημα για την ικανοποίηση αναγκών της συγκεκριμένης εφαρμογής.



Σχήμα 4.9: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικών με την έννοια του Προϊόντος

Η μετακλάση **Είδος_Προϊόντος**, συγκεντρώνει όλες τις κλάσεις που αναφέρονται στην έννοια του προϊόντος. Η κλάση **Κατεργάσιμο** συγκεντρώνει όλα τα προϊόντα που παράγονται στον εν λόγω οργανισμό, η κλάση **Του_Εμπορίου** συγκεντρώνει όλα τα προμηθεύσιμα προϊόντα και τέλος η **Άγνωστης_Προέλευσης** όλα τα προϊόντα άγνωστης προέλευσης.

4.6 Μοντέλο Μηχανημάτων

Η μετακλάση **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους τύπους των μηχανικών μονάδων. Ο όρος μηχανική μονάδα αναφέρεται σε λ ένα είτε σε ένα ολοκληρωμένο μηχανικό σύστημα είτε σε μία απλή μηχανική μονάδα, για παράδειγμα ένα εξάρτημα. Είναι υποκλάση της **Είδος_Προϊόντος** και ικανοποιεί τον ορισμό ο οποίος δίνεται από το STEP ISO 10303 αλλά και από το Merriam Webster's Collegiate Dictionary.
Γνωρίσματα της μετακλάσης **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** είναι τα:

- *συνδέεται_δομικά_με* το οποίο παίρνει τιμές στην ίδια και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι ένα μία μηχανική μονάδα συνδέεται δομικά με μία άλλη. Είναι υποκλάση της *parts* και χρησιμοποιείται για να δηλωθούν τα δομικά μέρη μίας μηχανικής μονάδας. Στο συγκεκριμένο μοντέλο η αναφορά *''μηχανική μονάδα* Α *συνδέεται δομικά με μηχανική μονάδα* Β'' προσδιορίζει το γεγονός ότι η Β αποτελεί μέρος της Α.

- *συνδέεται_λειτουργικά_με* το οποίο παίρνει τιμές στην ίδια. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία μηχανική μονάδα συνδέεται μέσω μίας λειτουργικής σχέσης με μία άλλη.

- *χρησιμοποιεί* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Λειτουργικής_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία μηχανική μονάδα χρησιμοποιεί μία λειτουργική μονάδα για την εκτέλεση μίας συγκεκριμένης λειτουργίας. Η αναφορά στην πληροφορία για την σχέση *χρησιμοποιεί* γίνεται στα πλαίσια της παράστασης στατικής γνώσης για το μοντέλο λειτουργίας ενός συστήματος. Η συγκεκριμένη μετακατηγορία γνωρισμάτων δεν χρησιμοποιείται για την περιγραφή της δυναμικής φύσης των διεργασιών που συμβαίνουν στα πλαίσια λειτουργίας ενός συστήματος. Αντίθετα χρησιμοποιείται για την δήλωση στατικής πληροφορίας όπως η χρήση πόρων κατά την λειτουργία ενός συστήματος.

Η μετακλάση **Είδος_Μηχανήματος** είναι υποκλάση της **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους μηχανημάτων.
Κληρονομεί από την μετακλάση **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** τις μετακατηγορίες γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *συνδέεται_λειτουργικά_με* και *χρησιμοποιεί*.
Η κλάση **Μηχάνημα** είναι περίπτωση της μετακλάσης **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** και υποκλάση της **Προϊόν**. Περιπτώσεις της είναι όλα τα μηχανήματα τα οποία βρίσκονται στον πραγματικό κόσμο. Υποκλάσεις της είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι μηχανημάτων.

Η μετακλάση **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** είναι υποκλάση της **Είδος_Προϊόντος** και συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους συνιστωσών ενός μηχανήματος. Η αναφορά στις συνιστώσες ενός μηχανήματος μπορεί να γίνεται είτε στις δομικές είτε στις λειτουργικές συνιστώσες του.[8]
Η μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** είναι υποκλάση των **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους μονάδων μηχανημάτων οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν δομικές συνιστώσες ενός μηχανήματος.[9] Κληρονομεί τις μετακατηγορίες γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *συνδέεται_λειτουργικά_με* και *χρησιμοποιεί*.
Γνωρίσματα της μετακλάσης **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** είναι τα:

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_ροπής* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι μία μονάδα μηχανήματος μπορεί να συνδέεται με μία άλλη μονάδα μηχανήματος μέσω μίας σύνδεσης ροπής. Είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με* και χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει όλες τις συνδέσεις ροπής μέσα σε ένα μηχάνημα.

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_πίεσης* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία μονάδα μηχανήματος μπορεί να συνδέεται με μία άλλη μονάδα μηχανήματος μέσω μίας σύνδεσης πίεσης. Είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με* και χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει όλες τις συνδέσεις πίεσης που βρίσκονται σε ένα μηχάνημα.

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_τάσης* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία μονάδα μηχανήματος μπορεί να συνδέεται με μία άλλη μονάδα μηχανήματος με σύνδεση τάσης. Είναι υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με* και χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει όλες τις συνδέσεις τάσης που βρίσκονται σε ένα μηχάνημα.

[8] Για την πλήρη παράσταση ενός μηχανήματος απαιτείται παράσταση τόσο της δομής του όσο και της λειτουργίας του. Στην προσέγγιση η οποία ακολουθείται στην εργασία αυτή, δεν παριστάνεται γνώση η οποία σχετίζεται με την λειτουργία του μηχανήματος αλλά με τις συνιστώσες οι οποίες μετέχουν σε αυτήν. Η παράσταση μετακλάσεων και μετακατηγοριών γνωρισμάτων που αναφέρονται στην λειτουργία μίας μηχανικής μονάδας γίνεται για πληρέστερη παράσταση γνώσης.

[9] Στην εφαρμογή η οποία αναπτύσσεται σε αυτή την εργασία, ένα αυτοκίνητο ή ένα σκαπτικό είναι περιπτώσεις της μετακλάσης **Είδος_Μηχανήματος** ενώ ένας κινητήρας ή το σύστημα διεύθυνσης είναι περιπτώσεις της μετακλάσης **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

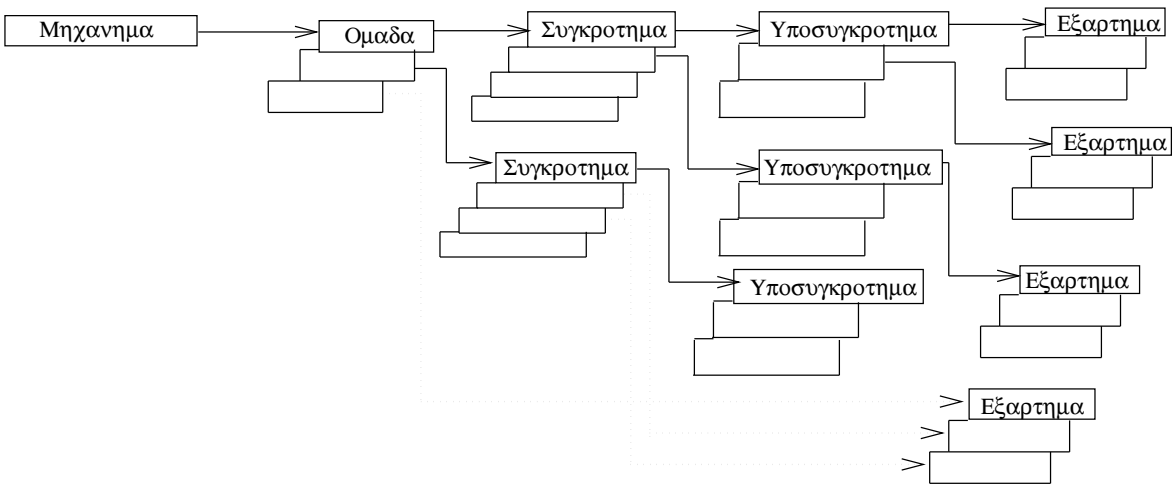
Η κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος** είναι περίπτωση των μετακλάσεων **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους δομικές συνιστώσες μηχανημάτων που βρίσκονται στον πραγματικό κόσμο. Είναι υποκλάση της **Προϊόν** και υποκλάσεις της είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι δομικών μονάδων μηχανημάτων. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- το *αναγνωριστικό_στο_σχέδιο* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Integer** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το αναγνωριστικό που έχει στο CAD σχέδιο η συγκεκριμένη μονάδα μηχανήματος.
- το *σύνδεση_ροπής* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.
- το *σύνδεση_πίεσης* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.
- το *σύνδεση_τάσης* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.

Η μετακλάση **Είδος_Λειτουργικής_Συνιστώσας_Μηχανήματος** είναι υποκλάση της **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους μονάδων που μετέχουν στην λειτουργία ενός συγκεκριμένου μηχανήματος. Περιπτώσεις της κλάσης αυτής είναι όλες εκείνες οι μη δομικές συνιστώσες οι οποίες μετέχουν στην λειτουργία ενός μηχανήματος.
Η κλάση **Λειτουργική_Μονάδα_Μηχανήματος** είναι περίπτωση της μετακλάσης **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τις μη δομικές συνιστώσες ενός μηχανήματος.
Η κλάση **Δομική_Ταξινόμηση** είναι περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Μονάδα_Μηχανήματος**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες εκείνες τις μονάδες μηχανήματος οι οποίες παρουσιάζουν μία συγκεκριμένη δομή. Η χρήση της είναι καθαρά για λόγους ομαδοποίησης όλων εκείνων των μονάδων μηχανημάτων που είναι σύνθετα αντικείμενα δηλαδή αποτελούνται από άλλες μονάδες μηχανημάτων.

Οι κλάσεις οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω χρησιμοποιούνται για να παραστήσουν καθαρά δομική πληροφορία για το μηχάνημα της εφαρμογής μας. Οι κλάσεις χρησιμοποιούνται για την παράσταση της ιεραρχικής ανάλυσης - ανάλυση σε επίπεδα λεπτομέρειας - για ένα συγκεκριμένο μηχάνημα η οποία είναι και δεδομένη. Η ανάλυση του μηχανήματος σε συγκεκριμένα επίπεδα λεπτομέρειας παρουσιάζεται στο σχήμα 4.10.

Η κλάση **Ομάδα** είναι περίπτωση της **Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ομάδες στις οποίες αναλύεται ένα μηχάνημα. Γνώρισμα της είναι το *συγκρότημα* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Συγκρότημα** και είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων



Σχήμα 4.10: Επίπεδα Ιεραρχικής Ανάλυσης ενός συγκεκριμένου μηχανήματος

Η ανάλυση της δομής ενός συγκεκριμένου μηχανήματος η οποία υιοθετείται στην παρούσα εφαρμογή είναι η εξής: ένα μηχάνημα αποτελείται από μία ή περισσότερες ομάδες, μία ομάδα από ένα ή περισσότερα συγκροτήματα και τέλος ένα συγκρότημα από ένα ή περισσότερα υποσυγκροτήματα. Σε κάθε επίπεδο επιτρέπεται η ύπαρξη εξαρτημάτων τα οποία είναι μονάδες μηχανημάτων που δεν επιδέχονται περαιτέρω ανάλυση στην δομή τους.

συνδέεται_δομικά_με, *exclusive* και *dependent*. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι μία ομάδα αποτελείται από συγκροτήματα. Η ταξινόμηση της *συγκρότημα* στην μετακατηγορία γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με* γίνεται για να δηλωθεί το γεγονός ότι είναι ένας τύπος δομικής σχέσης.

Στην κλάση **Μηχάνημα** ορίζεται η κατηγορία γνωρίσματος *ομάδα* το οποίο είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *exclusive* και *dependent* και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι ένα μηχάνημα αποτελείται από ομάδες. Παίρνει τιμές στην κλάση **Ομάδα**.

Η κλάση **Συγκρότημα** είναι περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα συγκροτήματα από τα οποία αποτελείται μία συγκεκριμένη ομάδα. Γνώρισμα της είναι το *υποσυγκρότημα* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Υποσυγκρότημα** και είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *exclusive* και *dependent*. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι ένα συγκρότημα αποτελείται από άλλα υποσυγκροτήματα.

Η κλάση **Υποσυγκρότημα** είναι περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα υποσυγκροτήματα από τα οποία αποτελείται ένα συγκεκριμένο συγκρότημα.

Η κλάση **Εξάρτημα** είναι περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Μονάδα_Μηχανήματος**. Συγκεντρώνει όλες τις μονάδες μηχανήματος οι οποίες θεωρούνται εξαρτήματα για την συγκεκριμένη εφαρμογή, δηλαδή δεν επιδέχονται επιπλέον ανάλυση στην δομή τους. Γνώρισμα της είναι το *υλικό* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Υλικό** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εξάρτημα.
Στην κλάση **Εξάρτημα** παίρνει τιμές στο γνώρισμα *έχει_εξαρτήματα* που ορίζεται στην κλάση **Δομική_Ταξινόμηση**. Δηλώνει το γεγονός ότι μία σύνθετη μηχανική μονάδα μπορεί να αποτελείται από εξαρτήματα. Είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *exclusive* και *dependent*.

Η ταξινόμηση των κατηγοριών γνωρισμάτων *ομάδα*, *συγκρότημα*, *υποσυγκρότημα* και *έχει_εξαρτήματα* στην μετακατηγορία *exclusive* γίνεται για να δηλωθεί το γεγονός ότι μία μηχανική μονάδα μπορεί να είναι δομικό μέρος μόνο της μηχανικής μονάδας με την οποία συνδέεται μέσω ενός εκ των παραπάνω σχέσεων. Η ταξινόμηση των παραπάνω κατηγοριών γνωρισμάτων στην μετακατηγορία γνωρισμάτων *dependent* γίνεται για να δηλωθεί το γεγονός ότι η ύπαρξη μίας μηχανικής μονάδας εξαρτάται από την ύπαρξη της μηχανικής μονάδας με την οποία αυτή συνδέεται με μία από τις παραπάνω μετακατηγορίες γνωρισμάτων. Τέλος η ταξινόμηση τους στην μετακατηγορία γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με* γίνεται για να δηλωθεί το γεγονός ότι οι παραπάνω είναι δομικές σχέσεις.

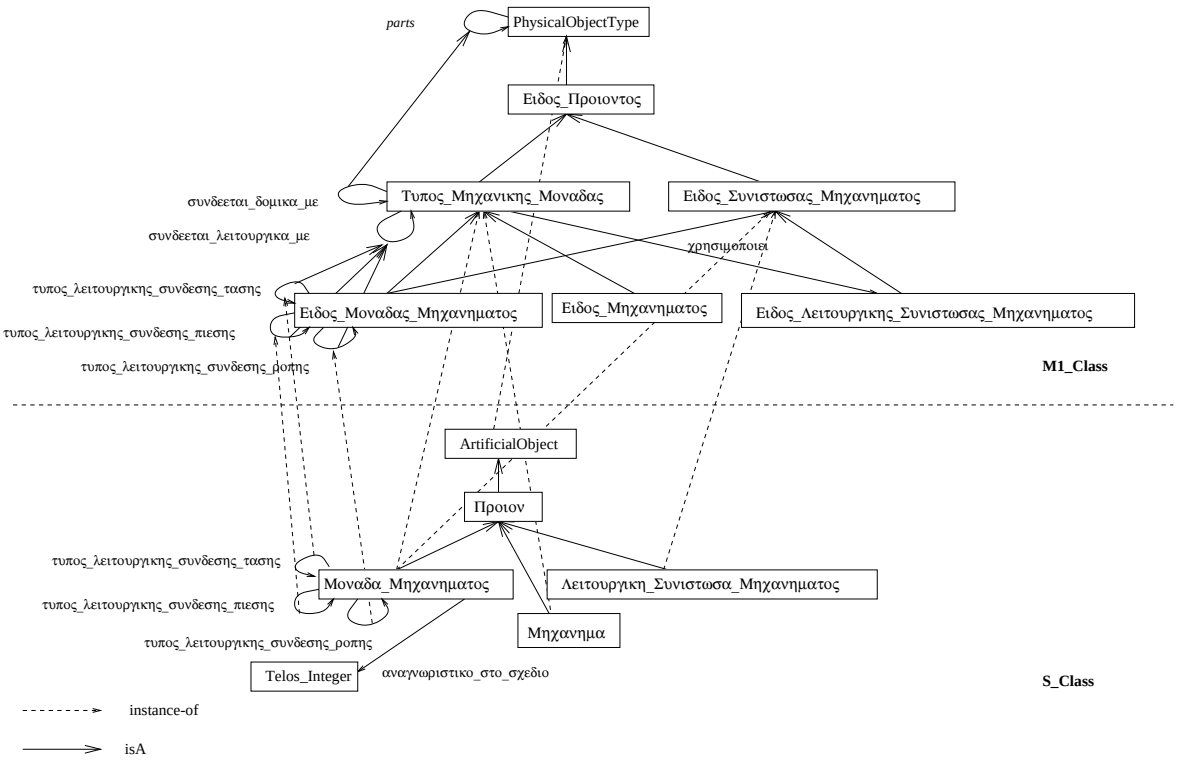
Η μετακλάση **Παρουσία_Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος** είναι υποκλάση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις μονάδες μηχανήματος οι οποίες είναι παρουσίες μίας συγκεκριμένης μονάδας μηχανήματος. Περιπτώσεις της είναι όλες εκείνες οι δομικές συνιστώσες ενός συγκεκριμένου μοντέλου μηχανήματος. Εστω το μηχάνημα «CANDIA_Mini`M150» του οποίου μία δομική συνιστώσα είναι η «CANDIA_Mini`M150`Κινητήρας`Βίδα 5x16"». Η δομική συνιστώσα «CANDIA_Mini`M150`Κινητήρας`Βίδα5x16"» είναι μία «Βίδα5x16"» αλλά η ιδιότητα που την διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες βίδες είναι ότι βρίσκεται στον κινητήρα του «CANDIA_Mini`M150». Γνώρισμα της μετακλάσης αυτής είναι το *παρουσία_του* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και δηλώνει την μονάδα μηχανήματος της οποίας η συγκεκριμένη αποτελεί παρουσία. Η μετακλάση αυτή χρησιμοποιείται για να αποδοθεί η σημασία της απόλυτης ομοιότητας μεταξύ μονάδων μηχανημάτων οι οποίες διαφοροποιούνται μόνο ως προς την θέση που έχουν μέσα στον κόσμο.
Η μετακλάση **Συνοπτική_Παρουσία_Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος** είναι υποκλάση της **Παρουσία_Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες

τις παρουσίες μονάδας μηχανήματος για τις οποίες υπάρχει γνώση για το πλήθος των παρουσιάσεων τους μέσα στο μηχάνημα. Γνώρισμα της είναι το *αριθμός_εμφανίσεων* που παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Integer**.

Η κλάση **Υλικό** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους υλικού που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο. Γνώρισμα της είναι το *προμηθεύεται_από* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Προμηθευτής** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον προμηθευτή του υλικού[10]. Υποκλάσεις της **Υλικό** είναι οι **Ξύλο**, **Ατσάλι**, **Σίδηρος**, **Πλαστικό**, **Λάστιχο**.

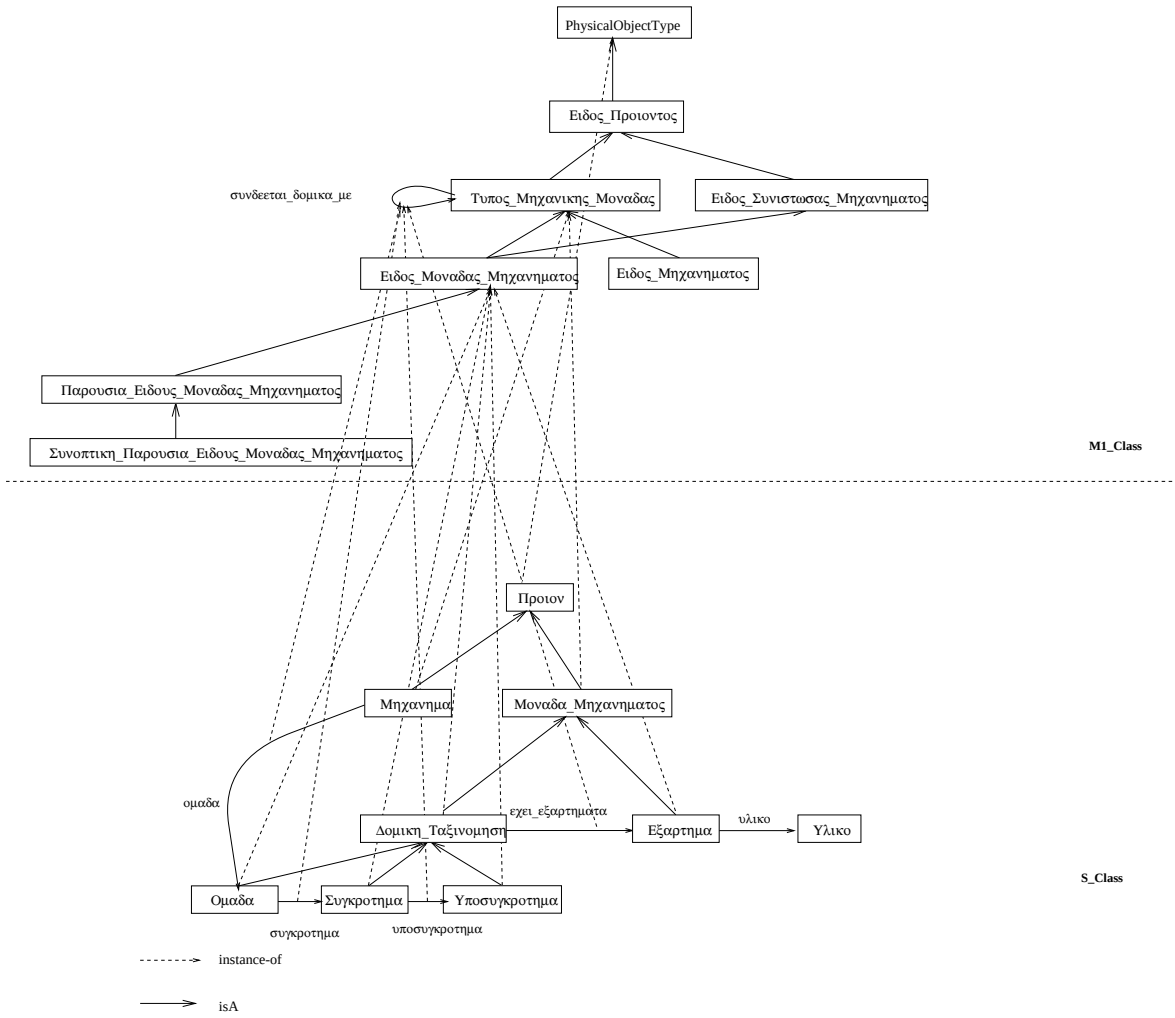
Το τμήμα του μοντέλου το οποίο παρουσιάστηκε παραπάνω βρίσκεται στα σχήματα 4.11 και 4.12.

[10]Η προσέγγιση που ακολουθείται στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι διαφορετική από εκείνη που ακολουθείται στο ΚΛΕΙΩ. Σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα στο οποίο γίνεται διάγνωση σφαλμάτων ενδιαφέρει η δομή του και οι ιδιότητες των μονάδων μηχανημάτων από τα οποία αυτό αποτελείται. Σε αυτή την περίπτωση η γνώση ''*τύπος υλικού από το οποίο κατασκευάζεται η μονάδα μηχανήματος*'' δεν είναι η πλήρη γνώση που μπορεί να καταγραφεί για ένα μηχάνημα. Δεδομένου του γεγονότος ότι η πληροφορία που πρέπει να καταγραφεί δεν είναι αφηρημένη χρειάζεται και η καταγραφή ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων για την περίπτωση υλικού από το οποίο κατασκευάζεται μία μονάδα μηχανήματος



Σχήμα 4.11: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικές με την έννοια του Μηχανήματος

Η μετακλάση **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας** συγκεντρώνει όλες τις μετακλάσεις που αναφέρονται σε έννοιες σχετικές με μηχανήματα και τις δομικές συνιστώσες τους. Η μετακλάση **Είδος_Μηχανήματος** συγκεντρώνει όλους τους τύπους μηχανημάτων και η μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** όλους τους τύπους δομικών συνιστωσών ενός μηχανήματος. Τέλος η μετακλάση **Είδος_Λειτουργικής_Συνιστώσας_Μηχανήματος** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους λειτουργικών συνιστωσών ενός μηχανήματος.



Σχήμα 4.12: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ σχετικές με την έννοια του Μηχανήματος

Η κλάση **Δομική_Ταξινόμηση** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους δομικών μονάδων στις οποίες μπορεί να αναλυθεί ένα συγκεκριμένο μηχάνημα.

4.7 Μοντέλο Σφαλμάτων

Η μετακλάση **Τύπος_Σφάλματος** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τους διαφορετικούς τύπους σφαλμάτων. Στην έννοια του σφάλματος αποδίδεται ο εξής ορισμός:
''*ένα σφάλμα είναι μία μη νόμιμη κατάσταση του συστήματος.*''. Γνώρισμα της μετακλάσης είναι το *έχει_λύση* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Λύσης** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την λύση η οποία αποδίδεται σε ένα σφάλμα.
Η κλάση **Σφάλμα** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα σφάλματα τα οποία παρατηρούνται στον πραγματικό κόσμο.
Η μετακλάση **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος** είναι υποκλάση της **Τύπος_Σφάλματος**. Η μετακλάση αυτή συγκεντρώνει όλα τα σφάλματα τα οποία δεν αποτελούν πηγές άλλων σφαλμάτων δηλαδή δεν είναι αιτίες. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη εργασία πραγματεύεται σφάλματα τα οποία παρατηρούνται σε μηχανήματα, περιπτώσεις της είναι όλες οι κλάσεις σφαλμάτων οι οποίες παρατηρούνται σε διαφορετικούς τύπους μηχανημάτων. Για παράδειγμα, η κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΛειτουργικάΣφάλματα» έχει περιπτώσεις της όλα τα λειτουργικά σφάλματα τα οποία παρατηρούνται στον τύπο μηχανήματος «CANDIA_Mini`M150». Γνωρίσματα της κλάσης **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος** είναι τα:

- το *εκδηλώνεται_με* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Τύπος_Συμπτώματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται το συγκεκριμένο σφάλμα.
- το *εμπλέκει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την συνιστώσα (λειτουργική και δομική) του μηχανήματος η οποία είναι υπεύθυνη για το σφάλμα.
- το *προκαλείται* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Σφάλματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει το σφάλμα από το οποίο το συγκεκριμένο προκαλείται. Το γνώρισμα αυτό ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να δηλώσει μία σχέση αιτίου/αιτιατού μεταξύ καταστάσεων λειτουργίας του συστήματος.

Η κλάση **Λειτουργικό_Σφάλμα** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους λειτουργικών σφαλμάτων τα οποία συναντιώνται σε διαφορετικούς τύπους μηχανημάτων. Είναι υποκλάση της **Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Σφάλματος**. Περιπτώσεις της είναι όλα τα λειτουργικά σφάλματα τα οποία συναντιώνται σε μηχανήματα του πραγματικού κόσμου.
Η κλάση **Συστηματικό_Σφάλμα** είναι περίπτωση της μετακλάσης
Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος και υποκλάση της **Λειτουργικό_Σφάλμα**. Χρησιμοποιείται

για να δηλώσει όλα τα συστηματικά σφάλματα τα οποία παρατηρούνται σε διαφορετικούς τύπους μηχανικών μονάδων. Υποκλάσεις της **Συστηματικό_Σφάλμα** είναι όλες οι κλάσεις συστηματικών σφαλμάτων οι οποίες συναντιώνται σε διαφορετικού τύπου μηχανήματα. Γνώρισμα της **Συστηματικό_Σφάλμα** είναι το *αιτία* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Αιτία** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την αιτία από την οποία αυτό προκαλείται και είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *προκαλείται*. Η μοντελοποίηση της συγκεκριμένης κατηγορίας γνωρισμάτων στην κλάση **Συστηματικό_Σφάλμα** δίνει την δυνατότητα άμμεσης δήλωσης της αιτίας που προκαλεί ένα συγκεκριμένο σφάλμα.
Η κλάση **Συμπτωματικό_Σφάλμα** είναι περίπτωση της **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος** και υποκλάση της **Λειτουργικό_Σφάλμα**. Χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα σφάλματα τα οποία συναντιώνται σε ένα σύστημα και τα οποία δεν είναι συστηματικά. Ένα σφάλμα το οποίο μπορεί να επαναλαμβάνεται σε έναν μεγάλο αριθμό από φυσικά συστήματα του ίδιου τύπου. Αν το σφάλμα το οποίο προκαλεί το συγκεκριμένο δεν αποτελεί συνιστώσα (είτε δομική είτε λειτουργική) του συστήματος αυτό δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως συστηματικό όμως μπορεί να γίνει αναφορά στην αιτία η οποία είναι υπεύθυνη για αυτό. Γνώρισμα της κλάσης είναι το *αιτία* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Αιτία** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την αιτία ενός συμπτωματικού σφάλματος.
Η μετακλάση **Τύπος_Αιτίας** είναι υποκλάση της **Τύπος_Σφάλματος** και χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει όλους τους διαφορετικούς τύπους αιτιών υπευθύνων για την παρουσία σφαλμάτων σε μηχανολογικές μονάδες. Είναι υποκλάση της μετακλάσης **Τύπος_Σφάλματος** δεδομένου ότι μία αιτία δεν είναι παρά ένα σφάλμα στο οποίο έχει αποδοθεί ένας επιπλέον ρόλος, εκείνος της *''πηγής του σφάλματος''*.

Η μετακλάση **Τύπος_Αιτίας** ορίζεται ως υποκλάση της **Τύπος_Σφάλματος** και κληρονομεί από αυτή το γνώρισμα *έχει_λύση*. Οι αιτίες σφαλμάτων που συναντιώνται σε ένα σύστημα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω μεγάλες κατηγορίες:

- σε αιτίες που συναντιώνται στο σχέδιο
- σε αιτίες που συναντιώνται στην κατασκευή και τέλος
- σε αιτίες που συναντιώνται στην χρήση του συστήματος.

Με βάση την προσέγγιση η οποία ακολουθείται στο Μοντέλο Διάγνωσης Σφαλμάτων μία αιτία δεν εκδηλώνεται με ένα σύμπτωμα. Αντίθετα η ύπαρξη της προκαλεί ένα η περισσότερα σφάλματα τα οποία εκδηλώνονται με συμπτώματα.
Η κλάση **Αιτία** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις αιτίες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση σφαλμάτων στον πραγματικό κόσμο σε ένα συγκεκριμένου τύπου μηχάνημα. Είναι υποκλάση της **Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Σφάλματος**.

Υποκλάσεις της είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι αιτιών (όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω) οι οποίοι εμφανίζονται σε μηχανήματα. Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται όλοι οι όροι αιτιών που έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης και χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση περιγραφών αιτιών μηχανημάτων του πραγματικού κόσμου. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *αιτία'περιγραφή* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Περιγραφή** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει τις περιγραφές κειμένου οι οποίες συνοδεύουν μία συγκεκριμένη αιτία.
- *αιτία'έχει_λύση* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Λύση** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την λύση η οποία αποδίδεται σε μία αιτία.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω κατά την περιγραφή της μετακλάσης **Τύπος_Αιτίας** οι διαφορετικές υποκλάσεις της **Αιτία** είναι οι τύποι αιτιών οι οποίοι συναντιώνται σε ένα μηχάνημα.

Η μετακλάση **Τύπος_Λύσης** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους λύσεων οι οποίες αποδίδονται γενικότερα σε σφάλματα.
Η κλάση **Λύση** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους τύπους λύσεων που μπορούν να αποδοθούν σε σφάλματα φυσικών συστημάτων. Περιπτώσεις της είναι όλες οι επιμέρους λύσεις οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε επιμέρους εμφανίσεις σφαλμάτων. Υποκλάσεις της είναι οι διαφορετικοί τύποι λύσεων οι οποίες αποδίδονται σε σφάλματα μηχανημάτων. Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται όλοι οι όροι λύσεων που έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης και χρησιμοποιούνται για την καταγραφή λύσεων που αποδίδονται σε σφάλματα του πραγματικού κόσμου. Γνώρισμα της κλάσης αυτής είναι το *λύση'περιγραφή* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Λύση** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις περιγραφές κειμένου για την συγκεκριμένη λύση.

Η μετακλάση **Τύπος_Συμπτώματος** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους συμπτωμάτων που παρατηρούνται κατά την λειτουργία ενός συστήματος. Περιπτώσεις της μετακλάσης αυτής είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι συμπτωμάτων τα οποία παρατηρούνται σε συγκεκριμένους τύπους μηχανημάτων. Γνωρίσματα της μετακλάσης αυτής είναι τα:

- *υπό_συνθήκη* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Συνθήκης** και αναφέρεται στην συνθήκη υπό την οποία εμφανίζεται το συγκεκριμένο σύμπτωμα.
- *παρουσιάζει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Τύπος_Φαινομένου** και χρησιμοποιείται για να δηλωθεί το φαινόμενο το οποίο χαρακτηρίζει την παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος (σύμπτωμα).

- *εμπλέκει* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** για να δηλώσει την μονάδα μηχανήματος η οποία παρουσιάζει το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Η ύπαρξη της μετακατηγορίας αυτής γνωρισμάτων είναι απαραίτητη και σε αυτή την μετακλάση όσο και στην **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος**. Η συνιστώσα του μηχανήματος η οποία είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση ενός συγκεκριμένου σφάλματος είναι διαφορετική από την συνιστώσα του μηχανήματος η οποία εκδηλώνει το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Εστω το παρακάτω παράδειγμα: Εστω η περιγραφή του συμπτώματος *''όταν η ταχύτητα του σκαπτικού είναι σαράντα χιλιόμετρα την ώρα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι τριάντα βαθμοί Κελσίου, ακούγεται ένας θόρυβος από τον μπροστινό δεξιό τροχό του μηχανήματος".* Αν και το σύμπτωμα εμφανίζεται στον μπροστινό δεξιό τροχό του μηχανήματος το σφάλμα το οποίο είναι υπεύθυνο για το συγκεκριμένο σύμπτωμα μπορεί να εμπλέκει μία συνιστώσα του μηχανήματος διαφορετική από εκείνη που εκδηλώνει το σύμπτωμα. Για παράδειγμα θα μπορούσε να ήταν μία βίδα στον μπροστινό άξονα του μηχανήματος. Η διαφοροποίηση της μονάδας υπεύθυνης για το σφάλμα και της εμπλεκόμενης στην εμφάνιση του συμπτώματος επιτρέπει την παράσταση πληρέστερης πληροφορίας και γίνεται εξ'αιτίας της πηγής αναφοράς του συγκεκριμένου συμπτώματος. Οι αναφορές γίνονται από τους χρήστες του συστήματος και είναι καθαρά ποιοτικές. Συνεπώς η περιγραφή της μονάδας η οποία εκδηλώνει το σύμπτωμα δεν είναι ακριβής.

Η κλάση **Σύμπτωμα** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις περιπτώσεις συμπτωμάτων που χαρακτηρίζουν συμπεριφορά μηχανικών συστημάτων του πραγματικού κόσμου. Υποκλάσεις της είναι όλοι οι τύποι συμπτωμάτων τα οποία παρατηρούνται σε διαφορετικούς τύπους μηχανικών συστημάτων. Γνώρισμα της κλάσης αυτής είναι το *παρατήρηση* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Παρατήρηση_Συμπτώματος** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει παρατηρήσεις σχετικές με ένα σύμπτωμα. Η ύπαρξη του γνωρίσματος αυτού δίνει την δυνατότητα καταγραφής πληροφορίας όπως αυτή αναφέρεται από τον χρήστη του συστήματος.

Η μετακλάση **Τύπος_Συνθήκης** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους συνθηκών υπό τις οποίες μία μονάδα μηχανήματος παρουσιάζει ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα. Περιπτώσεις της κλάσης αυτής είναι όλοι οι διαφορετικοί τύποι συνθηκών υπό τις οποίες λειτουργεί και συμπεριφέρεται το σύστημα.

Η κλάση **Συνθήκη** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους συνθηκών υπό τις οποίες εμφανίζεται ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα. Περιπτώσεις της κλάσης είναι όλες οι επιμέρους συνθήκες υπό τις οποίες εμφανίζεται ένα σύμπτωμα σε ένα συγκεκριμένο φυσικό σύστημα. Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται οι όροι συνθηκών

με τους οποίους καταγράφονται οι συνθήκες υπό τις οποίες παρουσιάζονται συμπτώματα μηχανημάτων του πραγματικού κόσμου.

Η μετακλάση **Τύπος_Φαινομένου** συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους φαινομένων που παρατηρούνται στην συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου συστήματος. Η αναφορά γίνεται σε φυσικά φαινόμενα όπως θόρυβος, μυρωδιά, φθορά.
Η κλάση **Φαινόμενο** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους φαινομένων τα οποία χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος. περιπτώσεις της κλάσης αυτής είναι όλα τα φαινόμενα τα οποία χαρακτηρίζουν τις συμπεριφορές των μεμονωμένων μονάδων μηχανημάτων.
Η κλάση **Δυσλειτουργία** είναι περίπτωση της **Τύπος_Δυσλειτουργίας** και υποκλάση της **Φαινόμενο**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει όλα τα φαινόμενα εκείνα τα οποία αποτελούν δυσλειτουργίες για το σύστημα.
Στο παράρτημα Α βρίσκονται οι όροι φαινομένων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να καταγραφούν φαινόμενα με τα οποία παρουσιάζονται συμπτώματα του πραγματικού κόσμου.

Στο σχήμα 4.13 βρίσκεται το τμήμα του Μοντέλου Διαχείρισης Σφαλμάτων το οποίο περιγράφηκε παραπάνω.

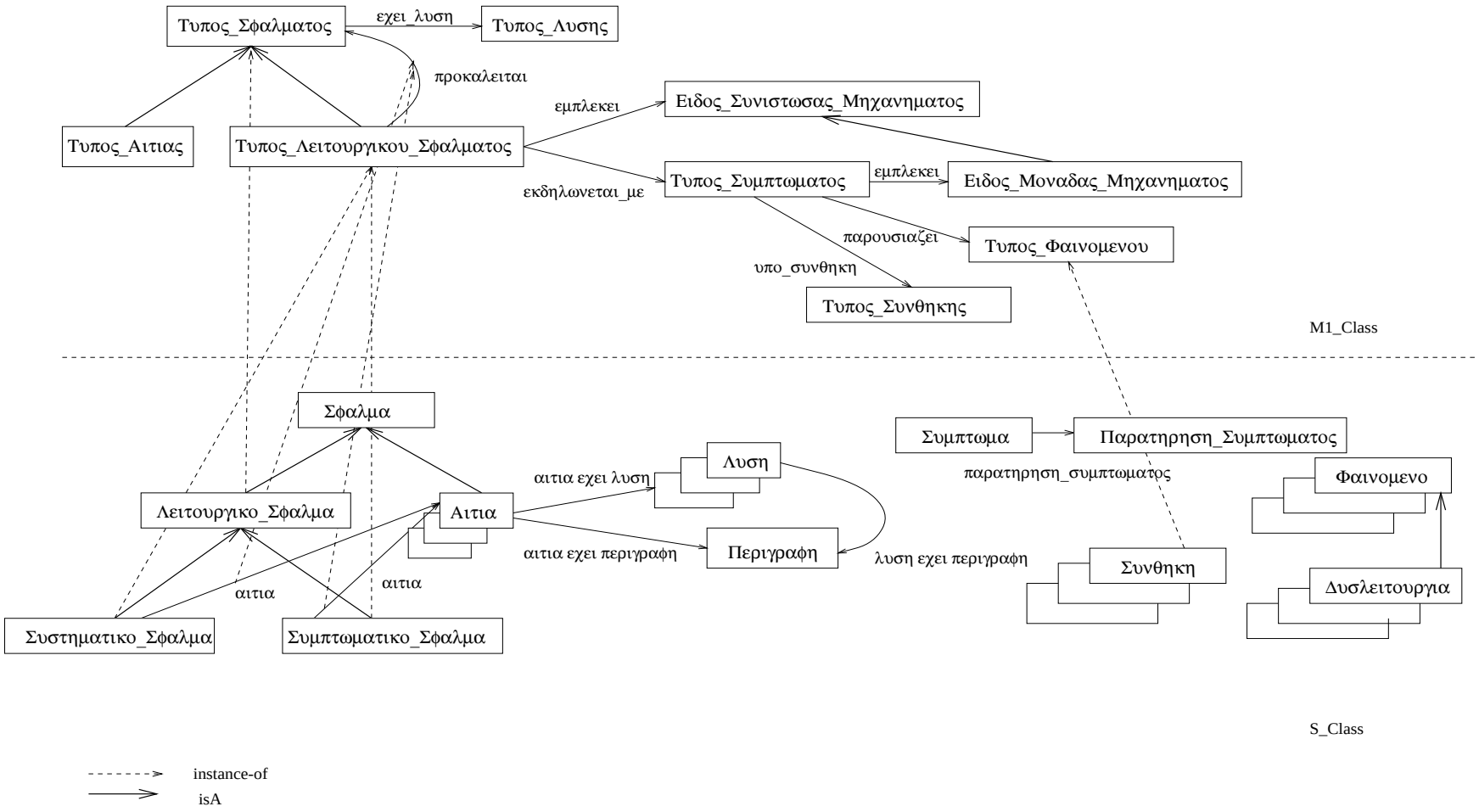
4.8 Μοντέλο Παρατήρησης Συμπτώματος

Η κλάση **Παρατήρηση_Συμπτώματος** χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει πληροφορία σχετική με την παρατήρηση η οποία συνοδεύει την αναφορά κάθε συμπτώματος [11]. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *σημείο_αναφοράς* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_θέση_αναφοράς** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την σχετική θέση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής κατά την αναφορά του συγκεκριμένου συμπτώματος.

- *σχετική_κατεύθυνση* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Κατεύθυνση** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την κατεύθυνση από την οποία παρατηρείται το φαινόμενο που αναφέρεται από τον παρατηρητή. Η αναφορά της κατεύθυνσης από την οποία γίνεται αντιληπτό το φαινόμενο είναι ποιοτική και όχι ποσοτική. Η

[11] Δεδομένου ότι οι αναφορές για την συμπεριφορά του συστήματος προέρχονται από χρήστες του μηχανήματος, οι περιγραφές δεν είναι ποσοτικές. Αντίθετα αποτελούν ποιοτικές προσεγγίσεις της συμπεριφοράς και λειτουργίας του. Οι ποιοτικές αυτές αναφορές της συμπεριφοράς του συστήματος μπορούν να αποτελέσουν ένα σημείο εκκίνησης της διαδικασίας της διάγνωσης σφαλμάτων. Ο μηχανικός - χρήστης του ΜΔΣ έχει την δυνατότητα, χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις για τα συμπτώματα τα οποία υπάρχουν στην βάση γνώσης, να ανακαλέσει σχετική πληροφορία.



Σχήμα 4.13: Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του Μοντέλου Σφαλμάτων

αναφορά αποτελεί μία προσέγγιση της ευρύτερης περιοχής του συστήματος στην οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο.

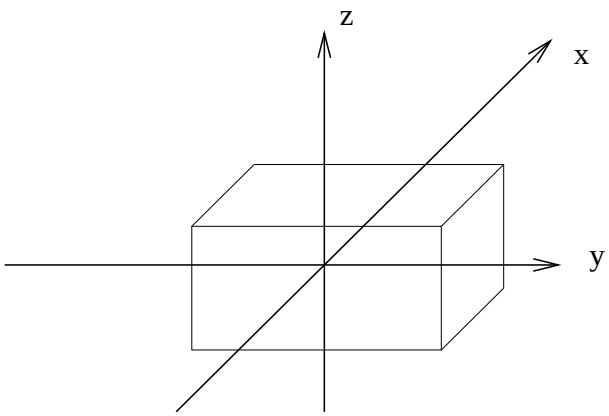
Η κλάση **Σχετική_Θέση_Αναφοράς** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις θέσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο παρατηρητής του συστήματος. Η θέση του παρατηρητή προσδιορίζεται από ένα σταθερό σημείο αναφοράς το οποίο μπορεί να είναι οποιοδήποτε σημείο του συστήματος και από την σχέση που έχει η πραγματική θέση του παρατηρητή με το σταθερό αυτό σημείο αναφοράς. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *απόλυτο_σημείο_αναφοράς* που παίρνει τιμές στην κλάση **Απόλυτο_Σημείο_Αναφοράς**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το απόλυτο σημείο με το οποίο προσδιορίζεται η θέση του παρατηρητή.
- *προσδιορισμός_θέσης* που παίρνει τιμές στην κλάση **Προσδιορισμός_Θέσης**. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει την σχετική θέση στην οποία βρίσκεται ο δράστης αναφορικά με την απόλυτη θέση του.

Η κλάση **Απόλυτο_Σημείο_Αναφοράς** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα απόλυτα σημεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον προσδιορισμό της θέσης του παρατηρητή. Περιπτώσεις της κλάσης αυτής είναι όλα τα σημεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστεί η σχετική θέση του παρατηρητή όπως συγκεκριμένες θέσεις του συστήματος (θέση οδηγού, θέση συνοδηγού) είτε κάποιο από τα μηχανικά τμήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα.
Η κλάση **Προσδιορισμός_Θέσης** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους προσδιορισμούς των θέσεων στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο παρατηρητής κατά την αναφορά του φαινομένου. Για να προσδιοριστεί η θέση του παρατηρητή απαιτείται ο προσδιορισμός της απόστασης και της κατεύθυνσης από το απόλυτο σημείο αναφοράς κατά την παρατήρηση του φαινομένου. Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *σχετική_απόσταση* που παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Απόσταση** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την απόσταση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής σε σχέση με το απόλυτο σημείο αναφοράς.
- *σχετική_κατεύθυνση* που παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Κατεύθυνση** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την κατεύθυνση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής σε σχέση με το απόλυτο σημείο αναφοράς.

Η κλάση **Σχετική_Απόσταση** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ποιοτικές τιμές αποστάσεων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δηλώσουν την απόσταση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής από την απόλυτη θέση αναφοράς. Περιπτώσεις της



Σχήμα 4.14: Ορισμός του καρτεσιανού συστήματος αξόνων για ένα μηχάνημα

κλάσης αυτής είναι οι **μακριά**, **κοντά**, **δίπλα**.

Η κλάση **Σχετική_Κατεύθυνση** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις ποιοτικές τιμές κατευθύνσεων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δηλώσουν την κατεύθυνση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής από το απόλυτο σημείο αναφοράς. Θεωρώντας ότι η αναφορά της θέσης στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής γίνεται με βάση ένα καρτεσιανό σύστημα αξόνων που έχει οριστεί για το συγκεκριμένο σύστημα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι μεταβλητές χ,ψ και ζ για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης της θέσης στον χώρο. Καθένας από τους χ,ψ και ζ άξονες ορίζει μία διαίρεση του συστήματος σε περιοχές (βλέπε σχήμα 4.14). Γνωρίσματα της κλάσης αυτής είναι τα:

- *χ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* που παίρνει τιμές στην κλάση **Χ_προσεγγιστική_συντεταγμένη** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την θέση ως πρός τον χ άξονα.
- *ψ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* που παίρνει τιμές στην κλάση **Ψ_προσεγγιστική_συντεταγμένη** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την θέση ως πρός τον ψ άξονα.
- *ζ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* που παίρνει τιμές στην κλάση **Ζ_προσεγγιστική_συντεταγμένη** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει την θέση ως πρός τον ζ άξονα.

Η κλάση **Προσεγγιστικές_Συντεταγμένες** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις διαφορετικές προσεγγιστικές τιμές με τις οποίες δίνεται η δυνατότητα περιγραφής της κατεύθυνσης μέσα στον χώρο της θέσης του παρατηρητή.

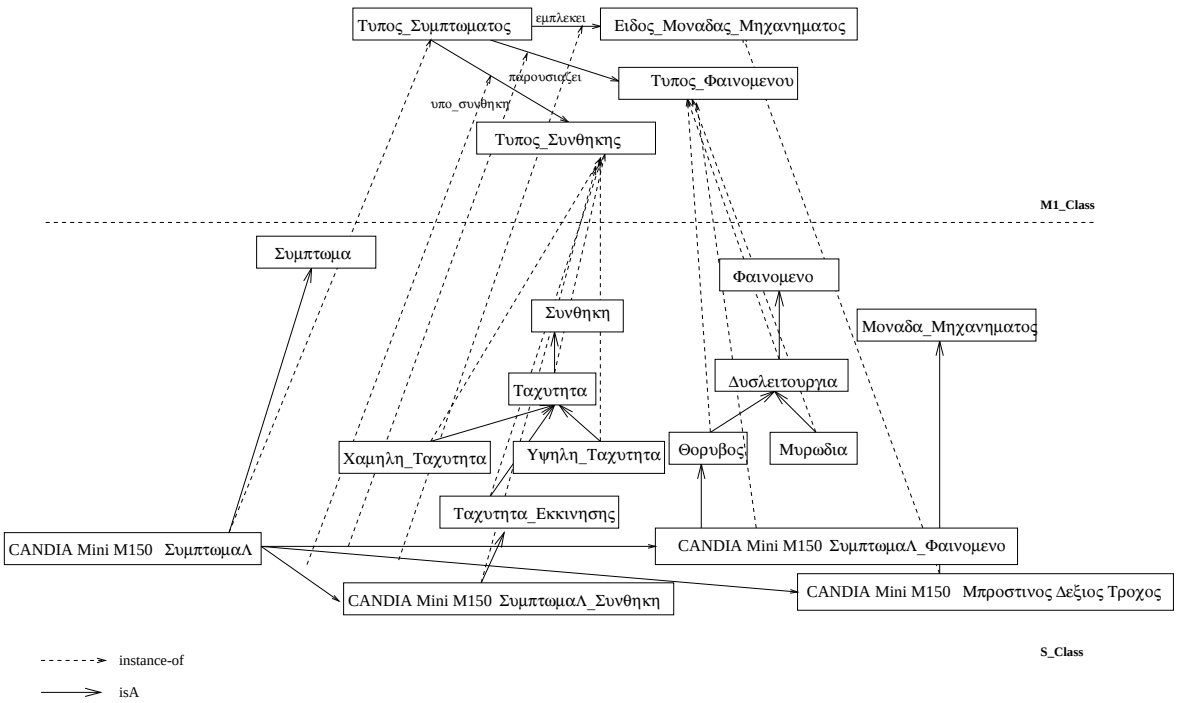
Η κλάση **Χ_προσεγγιστική_συντεταγμένη** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις τιμές συντεταγμένων κατά τον ψ άξονα. Είναι υποκλάση της **Προσεγγιστικές_Συντεταγμένες** και περιπτώσεις της είναι οι **μπροστά** και **πίσω**.

Η κλάση **Ψ_προσεγγιστική_συντεταγμένη** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες

τις τιμές των συντεταγμένων κατά τον χ άξονα. Είναι υποκλάση της **Προσεγγιστικές_Συντεταγμένες** και περιπτώσεις της είναι οι **δεξιά** και **αριστερά**.
Η κλάση **Z_προσεγγιστική_συντεταγμένη** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλες τις τιμές συντεταγμένων κατά τον ζ άξονα. Είναι υποκλάση της **Προσεγγιστικές_Συντεταγμένες** και περιπτώσεις της είναι οι **πάνω** και **κάτω**.
Το τμήμα του μοντέλου το οποίο περιγράφηκε παραπάνω βρίσκεται στο σχήμα 4.15

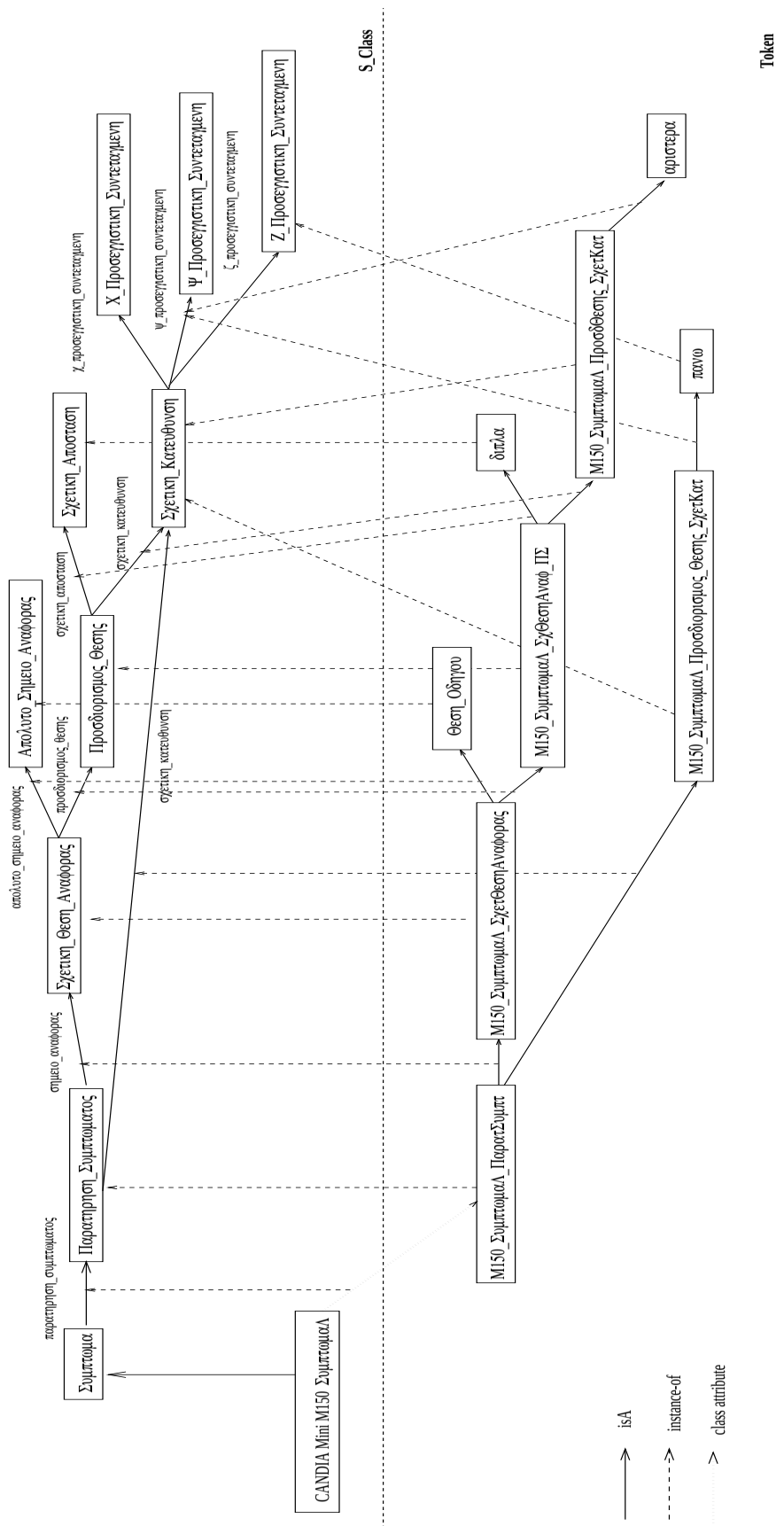
Για καλύτερη κατανόηση του παραπάνω μοντέλου καταγραφής παρατηρήσεων για συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται συστηματικά σφάλματα, παρουσιάζεται το παρακάτω παράδειγμα που βρίσκεται στα σχήματα 4.16 και 4.17. Θεωρείται ο τύπος σκαπτικού «CANDIA_Mini`M150» στις εμφανίσεις του οποίου παρατηρείται μία συγκεκριμένη συμπεριφορά που έχει την εξής περιγραφή: *κατά την εκκίνηση του σκαπτικού ακούγεται ένας θόρυβος από τον μπροστινό δεξιό τροχό.* Ορίζεται η κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣύμπτωμαΛ» της οποίας περιπτώσεις είναι όλες οι εμφανίσεις του παραπάνω τύπου συμπτώματος στις εμφανίσεις του συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος. Στο σχήμα 4.16 βρίσκεται η το μοντέλο σε SIS-Telos της περιγραφής της συγκεκριμένης κλάσης συμπτωμάτων. Ο θόρυβος ακούγεται πάνω από την θέση του παρατηρητή, όταν αυτός βρίσκεται δίπλα και αριστερά από την θέση του οδηγού.
Στο σχήμα 4.17 παρουσιάζεται ο τρόπος παράστασης της πληροφορίας που αφορά την παρατήρηση για την κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣύμπτωμαΛ». Μέσω του γνωρίσματος κλάσης *παρατήρηση_συμπτώματος* η κλάση αυτή σχετίζεται με την οντότητα «M150_ΣύμπτωμαΛ_ΠαρατΣυμπτ» περίπτωση της **Παρατήρηση_Συμπτώματος** και χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει την πληροφορία για την παρατήρηση συμπτώματος.

Σχήμα 4.15: Περιγραφή του Μοντέλου Παρατήρησης Συμπτώματος



Σχήμα 4.16: Περιγραφή ενός παραδείγματος χρήσης του Μοντέλου Ποιοτικής Περιγραφής Συμπτωμάτων

Η κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣύμπτωμαΛ» συνδέεται με την «CANDIA_Minii`M150_ΣύμπτωμαΛ_Συνθήκη», υποκλάση της **Ταχύτητα_Εκκίνησης**, μέσω της μετακατηγορίας γνωρίσματος *υπό_συνθήκη* δηλώνοντας την συνθήκη υπό την οποία παρουσιάζεται η συγκεκριμένη συμπεριφορά. Συνδέεται με την κλάση «CANDIA_Mini`M150`Μπροστινός_Δεξιός_Τροχός» μέσω της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *εμπλέκει* για να δηλώσει την μονάδα μηχανήματος που εμπλέκεται στην εκδήλωση του συγκεκριμένου συμπτώματος. Τέλος συνδέεται με την κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣύμπτωμαΛ_Φαινόμενο», υποκλάση των **Θόρυβος** και **Δυσλειτουργία**, μέσω της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *παρουσιάζει* για να δηλώσει το φαινόμενο που παρουσιάζει το συγκεκριμένο σύμπτωμα.



Σχήμα 4.17: Περιγραφή ενός παραδείγματος χρήσης του Μοντέλου Παρατήρησης Συμπτώματος

Κεφάλαιο 5

Ζητήματα Παράστασης Γνώσης

Το ΜΔΣ αναπτύχθηκε για την εννοιολογική παράσταση των σφαλμάτων που παρουσιάζονται σε έναν συγκεκριμένο τύπο συστήματος. Βασικά τμήματα του ΜΔΣ αποτελούν το Μοντέλο Σφαλμάτων και το Μοντέλο Μηχανημάτων. Στο Μοντέλο Σφαλμάτων περιγράφονται οι βασικές κλάσεις και μετακλάσεις που χρησιμοποιούνται για να παραστήσουν πληροφορία για έννοιες σχετικές με εκείνη του σφάλματος. Στο Μοντέλο Μηχανημάτων βρίσκονται οι κλάσεις και μετακλάσεις που χρησιμοποιούνται για παράσταση πληροφορίας για μηχανήματα (το πεδίο εφαρμογής). Τα ζητήματα παράστασης γνώσης που έπρεπε να αντιμετωπισθούν, πηγάζουν από την φύση της πληροφορίας που έπρεπε να καταγραφεί. Οι λύσεις οι οποίες δόθηκαν στα προβλήματα αυτά δεν αποτελούν γενικές κατευθύνσεις αντιμετώπισης τέτοιου είδους προβλημάτων αλλά εξαρτώνται από το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής και τους σκοπούς οι οποίοι έπρεπε να εξυπηρετηθούν. Στα αντίστοιχα υποκεφάλαια του κεφαλαίου αυτού, αντιμετωπίζονται τα προβλήματα παράστασης γνώσης που προέκυψαν κατά την ανάπτυξη του Μοντέλου Μηχανημάτων και του Μοντέλου Σφαλμάτων.

5.1 Ζητήματα Παράστασης Γνώσης στο Μοντέλο Σφαλμάτων

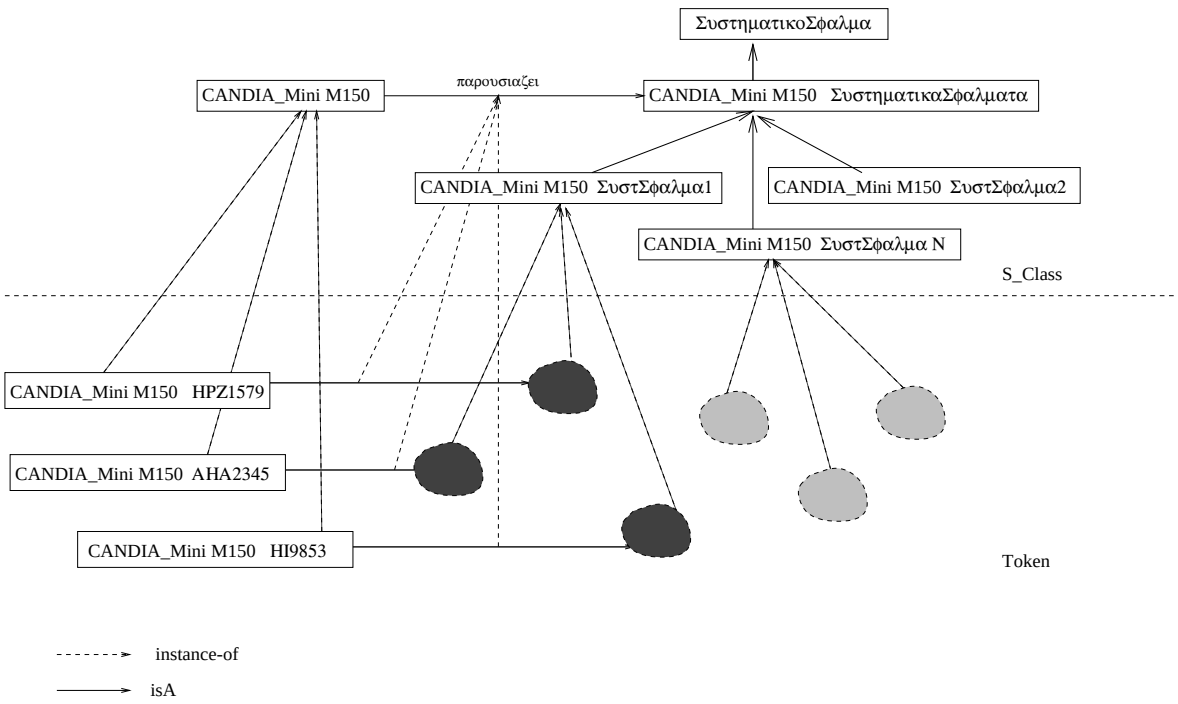
Στο Μοντέλο Σφαλμάτων παριστάνεται πληροφορία για τα συστηματικά σφάλματα τα οποία παρουσιάζονται σε μηχανήματα. Ο ορισμός ο οποίος αποδίδεται στην έννοια του σφάλματος είναι ο εξής:

''ένα σφάλμα που παρουσιάζεται σε ένα σύστημα, χαρακτηρίζεται ως συστηματικό όταν η αιτία που είναι υπεύθυνη για την παρουσία του, αποτελεί συνιστώσα της δομής του''.

Η πληροφορία που καταγράφεται για ένα σφάλμα και συνεπώς για ένα συστηματικό

σφάλμα είναι το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται, η μονάδα μηχανήματος την οποία εμπλέκει, την αιτία που είναι υπεύθυνη για αυτό και τέλος την λύση που αποδίδεται σε αυτό.
Δεδομένου ενός συγκεκριμένου τύπου συστήματος οι εμφανίσεις του στον κόσμο, παρουσιάζουν σφάλματα κατά την λειτουργία τους. Από το σύνολο αυτών των σφαλμάτων κάποια έχουν κοινές περιγραφές. Δεδομένου του συνόλου των σφαλμάτων τα οποία παρουσιάζονται σε εμφανίσεις ενός συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος, δημιουργούνται σύνολα σφαλμάτων με όμοιες περιγραφές. Από τα σύνολα αυτά, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα σφάλματα εκείνα των οποίων οι αιτίες βρίσκονται στην δομή του συστήματος και συνεπώς κληρονομούνται από το αρχικό σχέδιο ή από την διαδικασία κατασκευής του. Κάθε τέτοιο σύνολο σφαλμάτων με όμοιες περιγραφές, μπορεί να παρασταθεί με μία αφηρημένη οντότητα που συγκεντρώνει τα κοινά στοιχεία περιγραφής των σφαλμάτων και αποτελεί μία προσέγγιση της περιγραφής τους.
Το πρόβλημα το οποίο προέκυψε κατά την μοντελοποίηση της αφηρημένης οντότητας που συγκεντρώνει ένα σύνολο σφαλμάτων με όμοιες περιγραφές ήταν το επίπεδο αφαίρεσης παράστασης της, δεδομένου ότι ο βασικός σκοπός δεν ήταν η παράσταση πληροφορίας για τα επιμέρους σφάλματα. Οι προσεγγίσεις που ήταν διαθέσιμες ήταν η παράσταση της περιγραφής σε επίπεδο δεδομένων (Token) και σε απλό επίπεδο (S_Class).

Στο ΜΔΣ, για κάθε σύνολο συστηματικών σφαλμάτων με όμοια περιγραφή, δημιουργείται μία οντότητα σε απλό επίπεδο. Περιπτώσεις της είναι τα συστηματικά σφάλματα που παρατηρούνται σε πραγματικά συστήματα.
Ένα παράδειγμα το οποίο θα μπορούσε να παρουσιαστεί στο σημείο αυτό είναι το εξής: Έστω τα μοντέλα σκαπτικού «CANDIA_Mini`M150» και «CANDIA_Mini`M160» του τύπου σκαπτικού «CANDIA_Mini». Οι εμφανίσεις του πραγματικού κόσμου για αυτούς τους τύπους μηχανημάτων παρουσιάζουν σφάλματα κατά την λειτουργία τους. Δημιουργούνται οι κλάσεις «CANDIA_Mini`M150 Σφάλμα» και «CANDIA_Mini`M160 Σφάλμα» περιπτώσεις των οποίων είναι όλα τα σφάλματα που εμφανίζονται στους παραπάνω τύπους μηχανημάτων. Θεωρώντας τις περιπτώσεις της κλάσης «CANDIA_Mini`M150 Σφάλμα» κάποιες από αυτές έχουν κοινές περιγραφές (εκδηλώνονται με το ίδιο σύμπτωμα, εμπλέκουν την ίδια μονάδα μηχανήματος και τέλος αποδίδεται σε αυτά η ίδια λύση) και η αιτία τους είναι η ίδια και βρίσκεται στην δομή του συστήματος.
Συνεπώς για κάθε σύνολο όμοιων περιγραφών δημιουργείται μία κλάση στην οποία αυτές ομαδοποιούνται. Οι κλάσεις που δημιουργούνται για κάθε σύνολο όμοιων περιγραφών ορίζονται ως υποκλάσεις της **Συστηματικό_Σφάλμα** δεδομένου ότι περιπτώσεις τους είναι τέτοιες.
Η αναφορά στο εξής με τον όρο συστηματικό σφάλμα θα γίνεται στην αφηρημένη περιγραφή σφάλματος, δηλαδή στην κλάση και όχι στις επιμέρους περιπτώσεις της. Ένα



Σχήμα 5.1: Παράδειγμα μοντελοποίησης επιμέρους συστηματικών σφαλμάτων συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος.

Στο σχήμα η κλάση «CANDIA_Mini`M150» συγκεντρώνει όλα τα συστήματα του κόσμου αυτού του τύπου. Οι οντότητες «CANDIA_Mini`M150`HPZ1579», «CANDIA_Mini`M150`AHA2345» και «CANDIA_Mini`M150`HI9853» είναι περιπτώσεις της κλάσης αυτής. Η κλάση **ΣυστηματικόΣφάλμα** έχει υποκλάση της την «CANDIA_Mini`M150`ΣυστηματικάΣφάλματα», η οποία συγκεντρώνει όλες τις εμφανίσεις συστηματικών σφαλμάτων σε σκαπτικά τύπου ‘‘CANDIA_Mini‘M150”. Υποκλάσεις της είναι οι «CANDIA_Mini`M150`ΣυστΣφάλμα1», «CANDIA_Mini`M150`ΣυστΣφάλμα2» και «CANDIA_Mini`M150`ΣυστΣφάλμα N». Σε κάθε μία από αυτές τις κλάσεις ταξινομούνται σφάλματα του κόσμου τα οποία εμφανίζονται σε πραγματικά συστήματα. Στο σχήμα τα σφάλματα με κοινές περιγραφές είναι σκιασμένα με όμοιο χρώμα.

παράδειγμα για την παράσταση των συστηματικών σφαλμάτων βρίσκεται στο σχήμα 5.1.

Ένα άλλο ζήτημα παράστασης γνώσης που προέκυψε κατά την μοντελοποίηση των εννοιών σχετικών με εκείνη του σφάλματος, ήταν το επίπεδο αφαίρεσης στο οποίο έπρεπε να παρασταθεί η αιτία ενός συστηματικού σφάλματος. Η αιτία ενός συστηματικού σφάλματος ή μίας ακολουθίας σφαλμάτων είναι ένα σφάλμα στο οποίο αποδίδεται ένας συγκεκριμένος ρόλος, εκείνος της *πηγής του σφάλματος*. Η αιτία ενός συστηματικού σφάλματος είναι μοναδική και είναι στοιχείο της δομής του ή της λειτουργίας του. Λόγω της φύσης της αιτίας ενός συστηματικού σφάλματος που εμφανίζεται σε ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος, αυτή επαναλαμβάνεται στις εμφανίσεις του συστήματος αυτού στον

κόσμο. Είναι σαφές λοιπόν, ότι για τις περιπτώσεις ενός συγκεκριμένου συστηματικού σφάλματος, η αιτία που τα προκαλεί είναι η ίδια και χαρακτηρίζει όχι μόνο τις εμφανίσεις του σφάλματος στον κόσμο αλλά και την ίδια την αφηρημένη περιγραφή των σφαλμάτων αυτών. Η αιτία ενός συστηματικού σφάλματος είναι ένα γεγονός (σφάλμα στο σχέδιο ή στην κατασκευή) το οποίο συνέβη μόνο μία φορά, αλλά λόγω της φύσης της επαναλαμβάνεται στα συστήματα του ίδιου τύπου. Για να παρασταθεί η σχέση μεταξύ αιτίας και συστηματικού σφάλματος, χρησιμοποιείται ο μηχανισμός των *class attributes*, όπως έχει υλοποιηθεί στην SIS-Telos. Με την δήλωση ενός συγκεκριμένου γνωρίσματος μίας κλάσης ως *class attribute*, η τιμή του κληρονομείται σε όλες τις περιπτώσεις της. Στο σχήμα 5.2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μοντελοποίησης της σχέσης αιτίας και συστηματικού σφάλματος στον τύπο σκαπτικού «CANDIA_Mini`M150».

Ένα άλλο ζήτημα παράστασης γνώσης προέκυψε κατά την μοντελοποίηση των εννοιών σχετικών με εκείνων του συμπτώματος με το οποίο εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα. Τα σφάλματα στον κόσμο γίνονται αντιληπτά με την μη αναμενόμενη συμπεριφορά του υπό μελέτη μηχανήματος. Οι εμφανίσεις ενός συστηματικού σφάλματος γίνονται αντιληπτές στα μηχανήματα με συμπτώματα που έχουν όμοιες περιγραφές. Συμπτώματα με όμοιες περιγραφές είναι εκείνα των οποίων τα στοιχεία με τα οποία προσδιορίζονται έχουν ποιοτικά ίδιες τιμές. Ένα σύμπτωμα, που είναι μία συμπεριφορά του συστήματος που αποκλίνει από την αναμενόμενη, προσδιορίζεται από την συνθήκη υπό την οποία αυτό εμφανίζεται, την δυσλειτουργία που παρουσιάζει και τέλος την μονάδα μηχανήματος που εμπλέκει.

Το ζήτημα που προέκυψε κατά την παράσταση του συμπτώματος με το οποίο εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα, ήταν το επίπεδο αφαίρεσης παράστασης του. Στο ΜΔΣ η πληροφορία για το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα παριστάνεται με μία κλάση. Το ζήτημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν η αναγκαιότητα και η χρησιμότητα ύπαρξης μίας κλάσης για την περιγραφή του συμπτώματος με το οποίο εκδηλώνεται ένα συγκεκριμένο συστηματικό σφάλμα. Το ζήτημα αυτό προέκυψε από το γεγονός ότι οι περιπτώσεις ενός συστηματικού σφάλματος εκδηλώνονται με συμπτώματα που έχουν όμοιες περιγραφές.

Για την καλύτερη κατανόηση τόσο του προβλήματος όσο και του παραπάνω ισχυρισμού παρουσιάζεται το παρακάτω παράδειγμα. Έστω το συστηματικό σφάλμα «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» το οποίο παρουσιάζεται στον τύπο συστήματος «CANDIA_Mini`M150». Το συγκεκριμένο συστηματικό σφάλμα γίνεται εκδηλώνεται όταν *‘‘μετά από οδήγηση σε υψηλές ταχύτητες, ακούγεται ένας θόρυβος από την μηχανή του σκαπτικού.*

Όλες οι εμφανίσεις του παραπάνω συστηματικού σφάλματος στα συστήματα τύπου ‘‘CANDIA_Mini‘M150” γίνονται αντιληπτά με συμπτώματα που έχουν όμοια περιγραφή

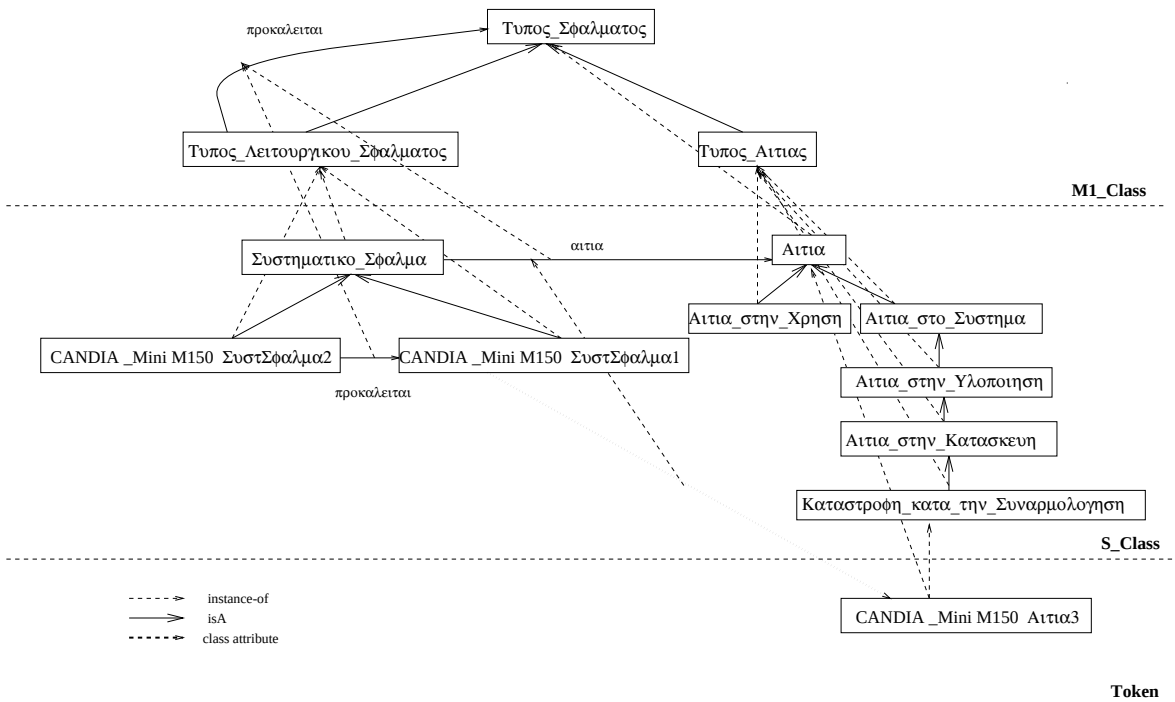
με την παραπάνω. Τα συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται οι περιπτώσεις του συστηματικού σφάλματος, έχουν περιγραφές που χαρακτηρίζονται από τα ίδια βασικά στοιχεία, δηλαδή την συνθήκη υπό την οποία εμφανίζονται, (υψηλή ταχύτητα), τον τύπο δυσλειτουργίας που παρουσιάζουν, (θόρυβος) και τέλος την συνιστώσα την οποία αυτά εμπλέκουν, (μηχανή). Μία οντότητα η οποία θα παραστούσε την παραπάνω περιγραφή και θα βρισκόταν σε επίπεδο δεδομένων, (Token), δεν θα απαιτούσε την δημιουργία κλάσης που θα συγκέντρωνε τις περιγραφές των επιμέρους συμπτωμάτων. Το ερώτημα είναι το κατά πόσο δημιουργώντας μία οντότητα σε επίπεδο δεδομένων, χάνεται η πληροφορία για τα συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται οι επιμέρους εμφανίσεις του συγκεκριμένου συστηματικού σφάλματος.

Για να γίνει πιο κατανοητός ο παραπάνω προβληματισμός, ας ληφθεί υπόψη η συνθήκη υπό την οποία εκδηλώνεται το σύμπτωμα που αναφέρθηκε παραπάνω. Η συνθήκη είναι *''υψηλή ταχύτητα''* και σίγουρα θεωρείται ως πολύ γενική η περιγραφή της. Η περιγραφή είναι εντελώς υποκειμενική δεδομένου ότι, για παράδειγμα η ταχύτητα των 60 χιλιομέτρων την ώρα μπορεί να είναι υψηλή για κάποιον χρήστη ενώ όχι για κάποιον άλλο και να είναι μία μέση ταχύτητα για το μηχάνημα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Η συνθήκη υπό την οποία εκδηλώνεται το σύμπτωμα, μπορεί ποιοτικά να εκφράζει την ίδια πληροφορία για τις εκδηλώσεις του, αλλά όχι την ίδια ποσοτικά. Η παράσταση της συνθήκης ενός συγκεκριμένου συμπτώματος (δηλαδή η αναφορά της συμπεριφοράς ενός συγκεκριμένου συστήματος του πραγματικού κόσμου), πρέπει να γίνει σε επίπεδο δεδομένων. Η παράσταση της συνθήκης που συνοδεύει την περιγραφή του συμπτώματος που εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα είναι σε απλό επίπεδο *(S_Class).* Με την παράσταση αυτή δίνεται η δυνατότητα παράστασης της ποιοτικής περιγραφής συμπτώματος σε απλό επίπεδο αλλά και πιο συγκεκριμένης περιγραφής τους σε επίπεδο δεδομένων.

Ένας επιπλέον ισχυρισμός ο οποίος ενισχύει την προσέγγιση που ακολουθείται στο μοντέλο αναφέρεται στην μονάδα μηχανήματος η οποία εμπλέκεται στην εκδήλωση του συμπτώματος. Το συστηματικό σφάλμα παρουσιάζεται σε έναν μεγάλο αριθμό συστημάτων του ίδιου τύπου. Οι συνιστώσες των συστημάτων που παρουσιάζουν ένα συγκεκριμένο συστηματικό σφάλμα είναι όλες του ίδιου τύπου. Κάθε μία από τις συνιστώσες των συστημάτων, αν και του ίδιου τύπου, είναι διαφορετική δεδομένου ότι κάθε μία από αυτές συνοδεύεται από διαφορετικό ιστορικό χρήσης και πράξεων (λύσεων) που έχουν εφαρμοστεί σε αυτές.

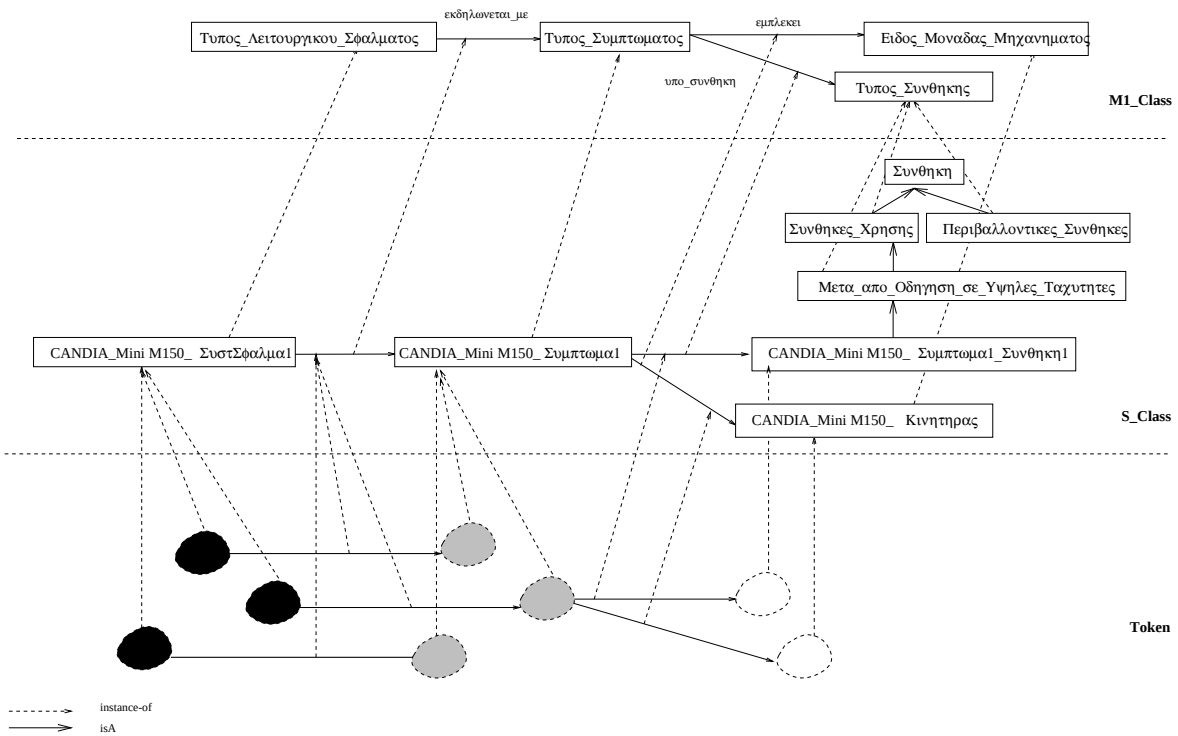
Η πληροφορία λοιπόν που αφορά την συνιστώσα μηχανήματος που εμπλέκεται στην εκδήλωση του συμπτώματος πρέπει να μοντελοποιηθεί ως κλάση και περιπτώσεις της είναι οι εμφανίσεις του συγκεκριμένου τύπου μονάδας μηχανήματος που εμπλέκεται στην εκδήλωση του συμπτώματος.

Ένα παράδειγμα μοντελοποίησης του συμπτώματος με το οποίο εκαδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα βρίσκεται στο σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.2: Παράδειγμα μοντελοποίησης της σχέση αιτίας και συστηματικού σφάλματος

Στο σχήμα οι κλάσεις «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» και «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2» συγκεντρώνουν όλα τα σφάλματα που παρουσιάζονται στον τύπο συστήματος «CANDIA_Mini`M150». Η κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» συνδέεται μέσω της Σχέσης *προκαλείται* με την κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2» δηλώνοντας το γεγονός ότι όλα τα σφάλματα του τύπου «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» προκαλούνται από σφάλματα του τύπου «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2». Η κλάση «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2» σχετίζεται μέσω του *class attribute*, *αιτία* με την οντότητα «CANDIA_Mini`M150`Αιτία3» δηλώνοντας ότι αυτή αποτελεί την αιτία του συγκεκριμένου σφάλματος. Η χρήση του *class attribute* επιτρέπει την κληρονόμηση του γνωρίσματος σε όλες τις περιπτώσεις της κλάσης, δηλαδή σε όλα τα σφάλματα που παρουσιάζονται σε συστήματα στον κόσμο. Η οντότητα «CANDIA_Mini`M150`Αιτία3» είναι περίπτωση της κλάσης **Καταστροφή_κατά_την_Συναρμολόγηση** δηλώνοντας το είδος της αιτίας.



Σχήμα 5.3: Παράδειγμα μοντελοποίησης του συμπτώματος που εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα

Όπως φαίνεται στο σχήμα, η κλάση «CANDIA_Mini`M150`ΣυστΣφάλμα1» συγκεντρώνει όλα τα σφάλματα που εμφανίζονται στον τύπο σκαπτικού ‘‘CANDIA_Mini‘M150”. Η κλάση «CANDIA_Mini`M150`Σύμπτωμα1» χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλα τα συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται σφάλματα τέτοιου τύπου. Η κλάση «CANDIA_Mini`M150`Σύμπτωμα1» σχετίζεται
με τις «CANDIA_Mini`M150`Σύμπτωμα1_Συνθήκη1» και «CANDIA_Mini`M150`Κινητήρας», δηλώνοντας την συνθήκη υπό την οποία εμφανίζεται το σύμπτωμα και τέλος την μονάδα μηχανήματος που εμπλέκει. Περιπτώσεις των κλάσεων αυτών, ορίζονται οι συνθήκες και οι μονάδες μηχανημάτων που χαρακτηρίζουν συμπτώματα τύπου ‘‘CANDIA_Mini‘M150‘Σύμπτωμα1” με τα οποία εκδηλώνονται σφάλματα τύπου ‘‘CANDIA_Mini‘M150‘ΣυστΣφάλμα1” στον κόσμο.

Ένα άλλο ζήτημα που προέκυψε κατά την μοντελοποίηση εννοιών σχετικών με την έννοια του συμπτώματος, αφορούσε την παράσταση της σχέσης συμπτώματος που εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα και δυσλειτουργίας.

Ένα σύστημα δυσλειτουργεί όταν η παρατηρούμενη συμπεριφορά του αποκλίνει από την αναμενόμενη. Ένα σύμπτωμα αποτελεί την καταγραφή της συμπεριφοράς αυτής η οποία παρατηρήθηκε σε συγκεκριμένες συνθήκες, εμπλέκει μία συγκεκριμένη μονάδα μηχανήματος και χαρακτηρίζεται από την εκδήλωση ενός συγκεκριμένου φαινομένου.

Η συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος χαρακτηρίζεται από φαινόμενα τα οποία μπορούν να γίνουν αντιληπτά από έναν παρατηρητή με τις αισθήσεις του (όραση, ακοή, όσφρηση, γεύση, αφή).

Στο Μοντέλο Σφαλμάτων η κλάση **Φαινόμενο** χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους διαφορετικούς τύπους φαινομένων που δύναται να χαρακτηρίσουν την συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος. Υποκλάσεις της κλάσης αυτής είναι όλοι οι τύποι φαινομένων που χαρακτηρίζουν γενικά την συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος.

Για την μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ συμπτώματος και δυσλειτουργίας προτάθηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

- Η πρώτη προσέγγιση ήταν η χρήση πολλαπλής ταξινόμησης για την παράσταση της σχέσης ενός συμπτώματος και του φαινομένου που παρουσιάζει. Έστω η αναφορά της συμπεριφοράς ενός συστήματος, ‘‘*μετά από οδήγηση σε υψηλές ταχύτητες, ακούγεται ένας θόρυβος από την μηχανή του σκαπτικού.*

Η περιγραφή αυτή αναφέρεται σε μία εμφάνιση θορύβου αλλά και σε μία παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος. Η συγκεκριμένη εμφάνιση θορύβου ταξινομείται ως περίπτωση της κλάσης **Θόρυβος**, υποκλάση της **Φαινόμενο**, της οποίας περιπτώσεις είναι όλες οι εμφανίσεις θορύβου στον κόσμο. Με την χρήση του μηχανισμού της ταξινόμησης, αποδίδεται τύπος στην παρατηρούμενη συμπεριφορά.

Η απόδοση τύπου στην παρατηρούμενη συμπεριφορά ενός φυσικού συστήματος δεν είναι το μόνο στοιχείο που ενδιαφέρει, τουλάχιστον στα πλαίσια της συγκεκριμένης εφαρμογής. Πρέπει επίσης να καταγραφούν και όλα τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το ευρύτερο πλαίσιο στο οποίο παρατηρήθηκε αυτή.

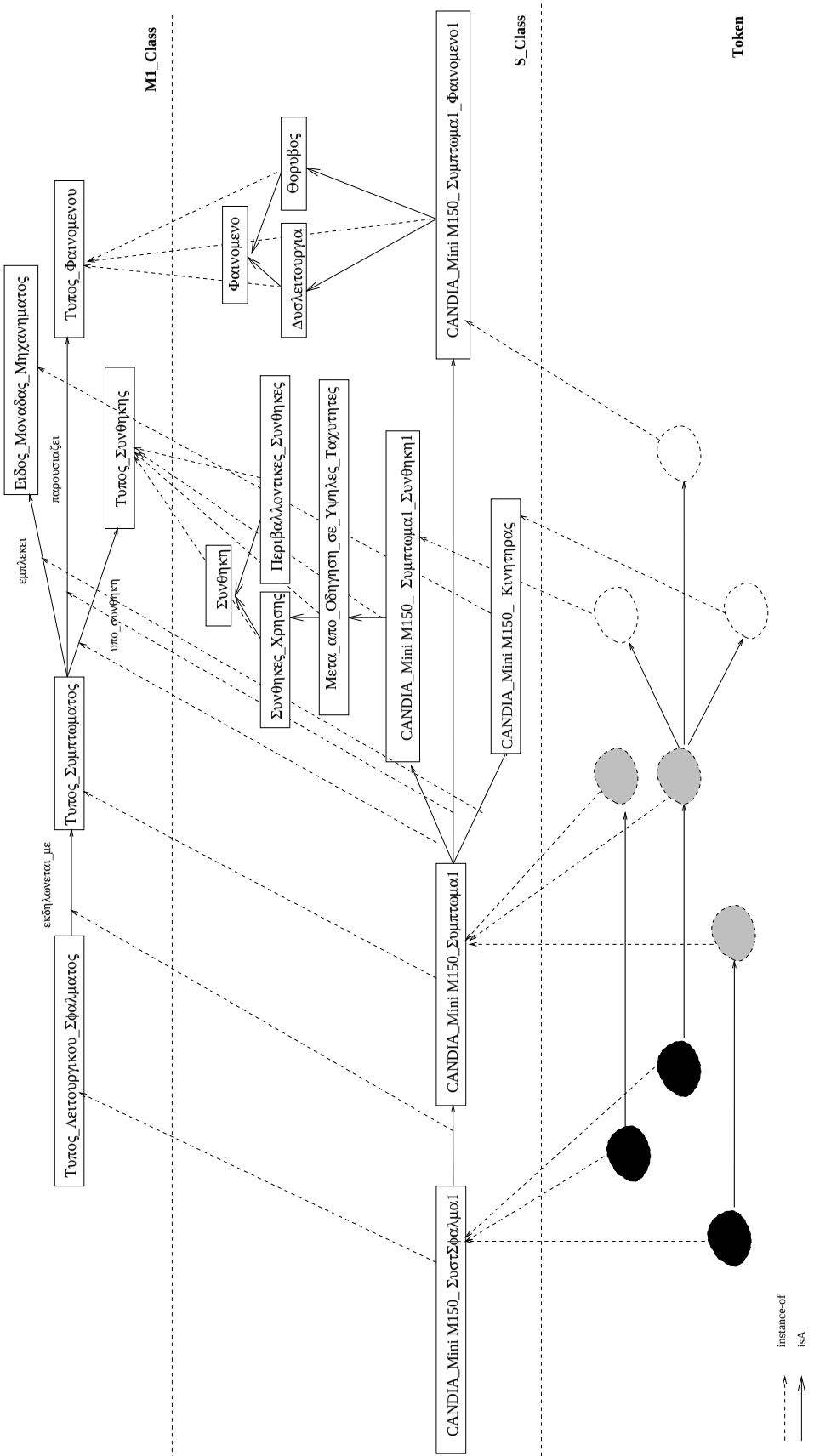
Το πλαίσιο αυτό καθορίζεται από την συνθήκη υπό την οποία αυτή παρατηρείται και την συνιστώσα του μηχανήματος η οποία εμπλέκεται. Η αναφερθείσα συμπεριφορά του συστήματος αποκλίνει από την αναμενόμενη, είναι ένα σύμπτωμα άρα πρέπει να ταξινομηθεί ως τέτοιο.

Η παρατηρούμενη συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου τύπου συστήματος καταγράφεται ως περίπτωση της κλάσης **Σύμπτωμα** περιπτώσεις της οποίας είναι όλες οι αποκλίνουσες συμπεριφορές που έχουν καταγραφεί για το συγκεκριμένο σύστημα. Συνεπώς η συγκεκριμένη συμπεριφορά του συστήματος πρέπει να ταξινομηθεί στις κλάσεις **Σύμπτωμα** και

Θόρυβος. Η προσέγγιση αυτή δίνει την δυνατότητα δήλωσης της πληροφορίας για το πλαίσιο στο οποίο παρατηρείται η συγκεκριμένη συμπεριφορά (συνιστώσα μηχανήματος και συνθήκη). Το ζήτημα που προκύπτει σε αυτή την περίπτωση αφορά την προσέγγιση που ακολουθείται για την μοντελοποίηση της πληροφορίας για το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα. Όπως έχει ήδη παρουσιαστεί, το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται ένα συστηματικό σφάλμα, βρίσκεται σε απλό επίπεδο, (S_Class). Συνεπώς η προσέγγιση της χρήσης πολλαπλής ταξινόμησης για την μοντελοποίηση της πληροφορίας αυτής, δεν μπορεί να ακολουθηθεί στην περίπτωση παράσταση γνώση για το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται ένα συγκεκριμένο συστηματικό σφάλμα.
Επιπλέον η χρήση πολλαπλής ταξινόμησης οδηγεί στην απώλεια πληροφορίας. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η πληροφορία που καταγράφεται είναι ποιοτική και όχι ποσοτική. Η έλλειψη πληροφορίας για το φαινόμενο που παρουσιάζει το σύμπτωμα, δεν δίνει την δυνατότητα της παράστασης επιμέρους πληροφορίας στις συγκεκριμένες περιπτώσεις συστηματικών σφαλμάτων.

- Η δεύτερη προσέγγιση η οποία και ακολουθείται και στο Μοντέλο Σφαλμάτων για την παράσταση της σχέσης συμπτώματος και δυσλειτουργίας χρησιμοποιεί τον μηχανισμό της απόδοσης γνωρίσματος. Ένα παράδειγμα της προσέγγισης αυτής υπάρχει στο σχήμα 5.4.

Έχει δηλωθεί στην μετακλάση **Τύπος_Συμπτώματος** η μετακατηγορία γνωρίσματος *παρουσιάζει* το οποίο παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Φαινομένου**. Έστω η κλάση «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1» η οποία συγκεντρώνει όλα τα συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται οι περιπτώσεις του συστηματικού σφάλματος «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» και που συγκεντρώνει όλα τα συμπτώματα με τα οποία εκδηλώνονται συστηματικά σφάλματα τύπου ‘‘CANDIA_Mini‘M150_ΣυστΣφάλμα1” και περιγράφονται από *μετά από οδήγηση σε υψηλές ταχύτητες, ακούγεται ένας θόρυβος από την μηχανή του σκαπτικού.*
Σε απλό επίπεδο *(S_Class)* έχει δηλωθεί η κλάση **Φαινόμενο** και η υποκλάση της **Δυσλειτουργία**. Υποκλάσεις της **Φαινόμενο** είναι όλα τα φαινόμενα που μπορούν να παρατηρηθούν κατά την λειτουργία ενός φυσικού συστήματος και όλοι οι διαφορετικοί τύποι φαινομένων που μπορούν να χαρακτηρίσουν την λειτουργία ενός συστήματος. Ορίζεται η κλάση «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Φαινόμενο1» υποκλάση των **Δυσλειτουργία** και **Θόρυβος** δηλώνοντας ότι αυτή είναι μία δυσλειτουργία που παρουσιάζει το σύστημα και ότι το φαινόμενο που παρατηρείται είναι θόρυβος.



Σχήμα 5.4: Ένα παράδειγμα μοντελοποίησης σχέσης συμπτώματος και δυσλειτουργίας

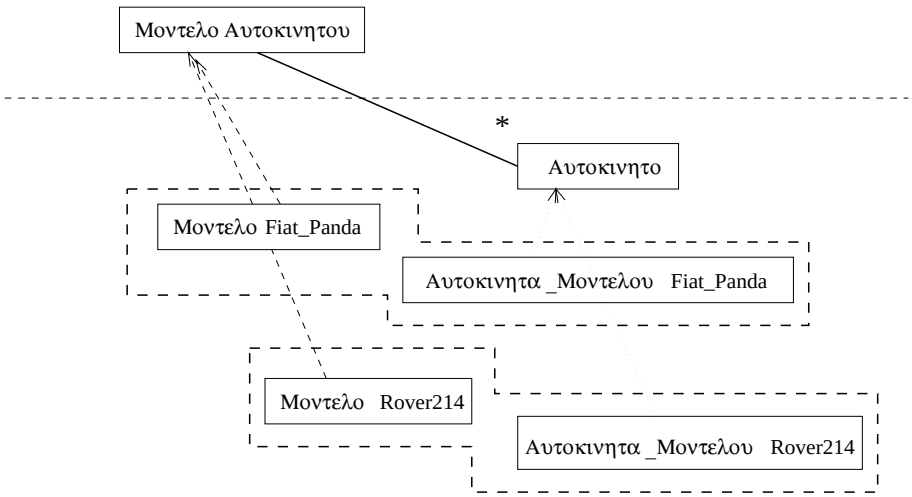
5.2 Ζητήματα Παράστασης Γνώσης στο Μοντέλο Μηχανημάτων

Στο Μοντέλο Μηχανημάτων βρίσκονται οι κλάσεις και μετακλάσεις που χρησιμοποιούνται για την παράσταση πληροφορίας για μηχανήματα. Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως στην ενότητα 5.1 ο βασικός σκοπός του Μοντέλου Σφαλμάτων είναι να παρέχει την δυνατότητα παράστασης γνώσης για συστηματικά σφάλματα που παρουσιάζονται σε μηχανήματα. Με βάση τον ορισμό που δόθηκε παραπάνω για ένα συστηματικό σφάλμα, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην παράσταση πληροφορίας για ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος.

Η παράσταση της πληροφορίας για ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος γίνεται με τον ορισμό μίας οντότητας σε απλό επίπεδο, (S_Class). Περιπτώσεις της οντότητας αυτής είναι όλα τα μηχανήματα του πραγματικού κόσμου του ίδιου τύπου. Η κλάση αυτή παριστάνει και πληροφορία για τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τύπου μηχανήματος. Η παράσταση της πληροφορίας για ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος μπορεί να θεωρηθεί ως εμβόλιμο επίπεδο μεταξύ σχήματος (S_Class level) και δεδομένων (Token level). Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται μία άλλη προσέγγιση παράστασης πληροφορίας μηχανήματα. Στην προσέγγιση αυτή, μελετάται ένας νέος μηχανισμός αφαίρεσης. Ο μηχανισμός αφαίρεσης της *υλοποίησης*, (*(materialization)*), όπως προτείνεται στα [31, 16]. Ο νέος αυτός μηχανισμός αφαίρεσης θεωρείται πολύ ισχυρός και συμπληρωματικός στους ήδη υπάρχοντες, της *ταξινόμησης*, *εξειδίκευσης-γενίκευσης* και της *απόδοσης γνωρίσματος*. Ο μηχανισμός αυτός, χρησιμοποιείται για να δηλώσει την σχέση μεταξύ μίας αφηρημένης κλάσης, (abstract class), και μίας συγκεκριμένης κλάσης, (concrete class) όπου η δεύτερη θεωρείται η ''*υλοποίηση*'', (materialization) της πρώτης. Η συγκεκριμένη κλάση συγκεντρώνει όλες τις εμφανίσεις της αφηρημένης κλάσης. Ένα παράδειγμα του μηχανισμού της υλοποίησης παρουσιάζεται στο σχήμα. 5.5

Οι συγγραφείς στο [31] χρησιμοποιούν ένα τυπικό οντοκεντρικό μοντέλο για να εισάγουν και να ορίσουν τυπικά (μέχρι ενός συγκεκριμένου βαθμού) την έννοια της υλοποίησης. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει την ύπαρξη *ατομικών οντοτήτων* (objects), *κλάσεων*, (classes), *μετακλάσεων*, (metaclasses) και *σχέσεων*, (relationships). Σύμφωνα με το μοντέλο που ορίζεται μία *κλάση* συγκεντρώνει όλες τις *ατομικές οντότητες* που έχουν τα ίδια γνωρίσματα δηλαδή ακολουθούν το ίδιο σχήμα. Μία *μετακλάση* είναι ένα σύνολο κλάσεων. Οι μετακλάσεις θεωρούνται επεκτάσεις του σχήματος και αναφέρονται ως *αφηρημένες κλάσεις*, ενώ οι κλάσεις αναφέρονται ως *συγκεκριμένες κλάσεις*, αφού είναι συλλογές ατομικών οντοτήτων.

Οι μηχανισμοί αφαίρεσης που χρησιμοποιούνται στο τυπικό οντοκεντρικό μοντέλο είναι



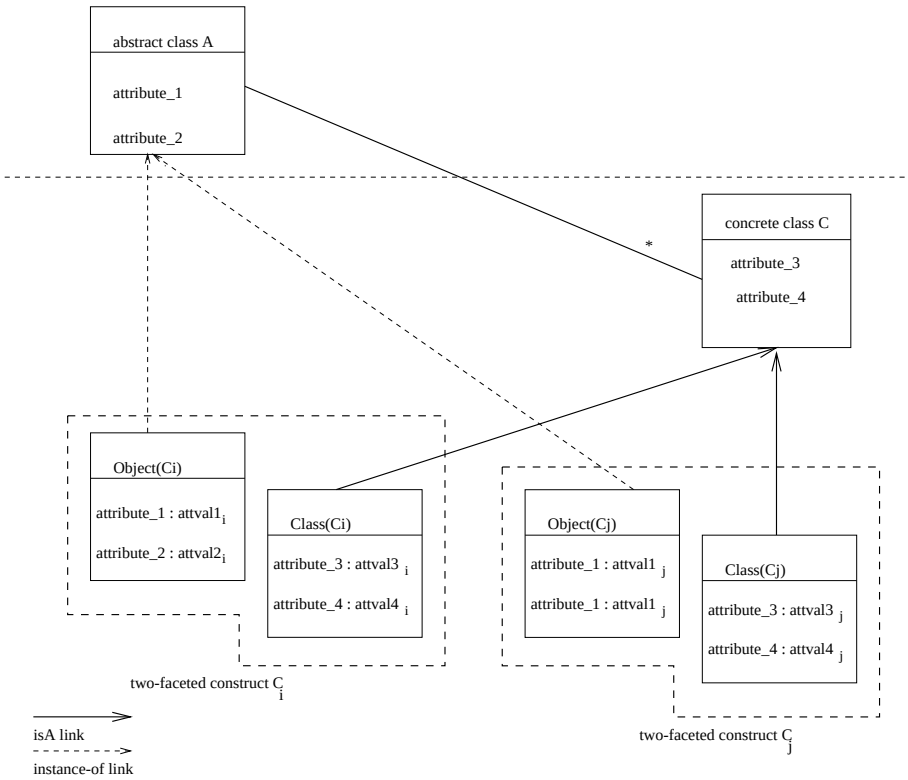
Σχήμα 5.5: Ένα παράδειγμα του μηχανισμού υλοποίησης

Στο σχήμα, η αφηρημένη κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου» συγκεντρώνει όλα τα μοντέλα αυτοκινήτων που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο (κλάσεις «Μοντέλο Fiat_Panda» και «Μοντέλο Rover214»). Η συγκεκριμένη κλάση «Αυτοκίνητο» είναι η υλοποίηση της κλάσης «Μοντέλο_Αυτοκινήτου». Οι υποκλάσεις «Αυτοκίνητα Μοντέλου Fiat_Panda» και «Αυτοκίνητα Μοντέλου Rover_214» είναι υλοποιήσεις των κλάσεων «Μοντέλο Fiat_Panda» και «Μοντέλο Rover214» αντίστοιχα. Οι περιπτώσεις των κλάσεων αυτών είναι τα αυτοκίνητα του πραγματικού κόσμου, εμφανίσεις των παραπάνω μοντέλων αυτοκινήτων.

οι μηχανισμοί της ταξινόμησης, της εξειδίκευσης-γενίκευσης και της απόδοσης γνωρίσματος. Ο μηχανισμός ταξινόμησης σχετίζει μία ατομική οντότητα με την κλάση της και επιτρέπει την κληρονόμηση των γνωρισμάτων της κλάσης σε αυτή. Ο μηχανισμός της γενίκευσης σχετίζει μία κλάση με τις υποκλάσεις της, επιτρέποντας την κληρονόμηση γνωρισμάτων μεταξύ των κλάσεων. Τέλος ο μηχανισμός της απόδοσης γνωρίσματος επιτρέπει την δημιουργία σύνθετων οντοτήτων από άλλες. Ο μηχανισμός της ταξινόμησης, έτσι όπως ορίζεται στο τυπικό μοντέλο που παρουσιάζεται στο [31], χρησιμοποιείται για να ταξινομήσει μία ατομική οντότητα στην κλάση της ενώ στην SIS-Telos ο ίδιος χρησιμοποιείται και για την ταξινόμηση μίας κλάσης στην μετακλάση της. Οι συγγραφείς εισάγουν την έννοια της *συσχέτισης κλάσης/μετακλάσης*, (class-metaclass correspondence), συμπληρωματική στον μηχανισμό ταξινόμησης για να δηλώνουν την σχέση ταξινόμησης μίας κλάσης στην μετακλάση της.

Ο ορισμός της υλοποίησης όπως εισάγεται στο [31] είναι ο ακόλουθος:

Η υλοποίηση, είναι μία σχέση R μεταξύ δύο κλάσεων, μίας αφηρημένης κλάσης A και μίας συγκεκριμένης κλάσης C όπου ο περιορισμός πλήθους της R είναι $(1,1)$ από την κλάση C και $(0,n)$ από την κλάση A.



Σχήμα 5.6: Η σχέση της υλοποίησης μεταξύ μίας αφηρημένης κλάσης και μίας συγκεκριμένης κλάσης

Η αφηρημένη κλάση A σχετίζεται μέσω της σχέσης της υλοποίησης με την συγκεκριμένη κλάση C. Οι διεδρικές δομές C_i και C_j ανήκουν στο σύνολο των διεδρικών δομών που ορίζουν την υλοποίηση της A στην C. Η $Object(C_i)$ είναι περίπτωση της αφηρημένης κλάσης A και η $Class(C_i)$ είναι υποκλάση της συγκεκριμένης κλάσης C για την διεδρική δομή C_i.

Η υλοποίηση μίας αφηρημένης κλάσης σε μία συγκεκριμένη κλάση ορίζεται ως μία συλλογή από *διεδρικές δομές* C_i, (two-faceted constructs C_i). Θεωρώντας την αφηρημένη κλάση A, οι περιπτώσεις της δηλώνονται ως *Αντικείμενα*(C_i), (Object(C_i)) ενώ οι υποκλάσεις της συγκεκριμένης κλάσης δηλώνονται ως *Κλάσεις*C_i, (ClassesC_i). Οι έδρες σε μία διεδρική δομή C_i είναι η περίπτωση (Object(C_i)) της αφηρημένης κλάσης και οι υποκλάσεις (ClassesC_i) της συγκεκριμένης κλάσης. Στο σχήμα 5.6, βρίσκονται οι διεδρικές δομές για την αφηρημένη κλάση A και την συγκεκριμένη κλάση C.

Η κληρονόμηση των ιδιοτήτων μεταξύ των κλάσεων είναι ένα βασικό στοιχείο του μηχανισμού της υλοποίησης. Τα γνωρίσματα που δηλώνονται στις κλάσεις που μετέχουν στην σχέση της υλοποίησης ταξινομούνται σε *γνωρίσματα κλάσης*, (class attributes), και σε *γνωρίσματα περιπτώσεων*, (instance attributes). Τα *γνωρίσματα περιπτώσεων* έχουν διαφορετική τιμή για κάθε περίπτωση της κλάσης στην οποία ορίζονται, ενώ τα

γνωρίσματα κλάσης έχουν την ίδια τιμή για όλες τις περιπτώσεις της κλάσης που αυτά ορίζονται.
Στην αφηρημένη κλάση A ορίζονται όλα εκείνα τα γνωρίσματα που είναι κοινά για όλες τις εμφανίσεις της αφηρημένης κλάσης στον πραγματικό κόσμο. Στην συγκεκριμένη κλάση C ορίζονται όλα εκείνα τα γνωρίσματα για τα οποία οι εμφανίσεις της κλάσης έχουν διαφορετικές τιμές. Ο μηχανισμός της υλοποίησης επιτρέπει την δήλωση γνωρισμάτων κλάσης στην αφηρημένη κλάση και την κληρονόμηση των τιμών τους στις εμφανίσεις της κλάσης αυτής. Είναι πολύ σημαντική επίσης η δυνατότητα ορισμού γνωρισμάτων από τις τιμές γνωρισμάτων της αφηρημένης κλάσης. Αυτή την δυνατότητα παρέχει ο μηχανισμός της υλοποίησης με μεγάλη εκφραστική δύναμη.
Για την καλύτερη παρουσίαση της σημασίας της σχέσης υλοποίησης, μπορούμε να επιστρέψουμε στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε παραπάνω στο οποίο έχουν προστεθεί νέα αντικείμενα και βρίσκεται στο σχήμα 5.7.

Ο σκοπός του συγκεκριμένου παραδείγματος είναι η μοντελοποίηση της υπάρχουσας γνώσης για τα αυτοκίνητα και τα μοντέλα αυτοκινήτων καθώς και την μεταξύ τους σχέση. Ορίζεται η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου», (αφηρημένη κλάση A στο σχήμα 5.6) περιπτώσεις της οποίας είναι όλα τα μοντέλα αυτοκινήτων που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο. Τα γνωρίσματα που ορίζονται στην κλάση αυτή είναι τα «εξαρτήματα», «μηχανή» και «τιμή». Αυτά τα γνωρίσματα είναι γνωρίσματα περιπτώσεων για την μετακλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου», δηλαδή κάθε περίπτωση της κλάσης έχει διαφορετικά εξαρτήματα, διαφορετική τιμή και διαφορετική μηχανή από κάθε άλλη περίπτωση. Η κλάση «Αυτοκίνητο» (συγκεκριμένη κλάση C στο σχήμα 5.6) είναι η υλοποίηση της μετακλάσης «Μοντέλο_Αυτοκινήτου». Οι υποκλάσεις της περιγράφουν τα σύνολα των αυτοκινήτων που υπάρχουν στον κόσμο που το καθένα σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο μοντέλο αυτοκινήτου. Τα γνωρίσματα που ορίζονται στην κλάση αυτή είναι τα «ημερομηνία_κατασκευής» και «αριθμός_πινακίδων». Αυτά είναι *γνωρίσματα περιπτώσεων* για την κλάση «Αυτοκίνητο», δηλαδή κάθε αυτοκίνητο έχει συγκεκριμένη ημερομηνία κατασκευής και συγκεκριμένο αριθμό κυκλοφορίας.

Η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1», (ObjectC_i στο σχήμα 5.6) είναι μία περίπτωση της αφηρημένης κλάσης «Μοντέλο_Αυτοκινήτου». Τα γνωρίσματα που ορίζονται στην αφηρημένη κλάση παίρνουν πραγματικές τιμές. Έτσι η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1» μπορεί να έχει ως «εξαρτήματα» έναν «Αερόσακο» ή ένα «Ραδιόφωνο» ή και τα δύο, μία «μηχανή» που μπορεί να είναι κυβισμού 1200cc ή 1300cc και τελικά μία τιμή 1.000.000 δραχμών. Η κλάση «Αυτοκίνητα_Μοντέλου_Αυτοκινήτου_1»,

(ClassC_i στο σχήμα 5.6) είναι υποκλάση της «Αυτοκίνητο» και περιπτώσεις της είναι τα αυτοκίνητα μοντέλου ‘‘Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1”. Αυτή η κλάση είναι η υλοποίηση της κλάσης «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1» και τα γνωρίσματα που ορίζονται σε αυτή, κληρονομούνται μέσω του μηχανισμού της υλοποίησης από την αφηρημένη κλάση. Τα γνωρίσματα αυτά είναι το «μηχανή» που έχει τιμή 1200 (το γνώρισμα κληρονομείται ως ένα γνώρισμα κλάσης και η τιμή αυτού του γνωρίσματος είναι μία από τις τιμές του αντίστοιχου γνωρίσματος «μηχανή» που ορίζεται στην κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1»), «αερόσακος» που έχει τιμή «Αερόσακος_Α1» (αυτό το γνώρισμα ορίζεται από τις τιμές του γνωρίσματος «εξαρτήματα» όπως ορίζεται στην κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1» και τέλος «τιμή» που έχει τιμή 1.000.000δρχ. Στην κλάση «Αυτοκίνητα_Μοντέλου_Αυτοκινήτου_1», τα γνωρίσματα «ημερομηνία_κατασκευής» και «αριθμός_πινακίδων» κληρονομούνται μέσω του μηχανισμού γενίκευσης από την κλάση «Αυτοκίνητο». Αυτά τα γνωρίσματα είναι γνωρίσματα περιπτώσεων για την κλάση (δεν φαίνονται στο σχήμα).

Οι συγγραφείς στο [31] θεωρούν τον μηχανισμό αφαίρεσης της υλοποίησης πολύ ισχυρό. Θεωρούν ότι επιτρέπει στους δημιουργούς εννοιολογικών σχημάτων να μοντελοποιούν γνώση του πραγματικού κόσμου που θεωρείται δύσκολο να παρασταθεί με την χρήση των υπάρχοντων μηχανισμών αφαίρεσης. Η προοπτική υπό την οποία μελετήθηκε ο μηχανισμός ήταν ο ορισμός και η υλοποίηση του στην SIS-Telos. Τα προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν κατά την μελέτη του συγκεκριμένου μηχανισμού σχετίζονται με την εισαγωγή των περιορισμών του συγκεκριμένου μηχανισμού και με το επιπλέον κόστος λόγω των λεπτομερειών από την υλοποίηση.

Ένα από τα βασικά προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά την μελέτη του μηχανισμού υλοποίησης ήταν η δυσκολία ορισμού περιορισμών όμοιων με εκείνους που ισχύουν στην SIS-Telos. Οι περιορισμοί που εισάγονται στην SIS-Telos είναι γνωστοί ως *περιορισμός ταξινόμησης*, και *περιορισμός γενίκευσης*. Στο υποκεφάλαιο 4.1.2 βρίσκεται μία σύντομη περιγραφή τους.
Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι οι οντότητες της SIS-Telos που σχετίζονται με τους μηχανισμούς ταξινόμησης και γενίκευσης, πρέπει να βρίσκονται σε συνεχόμενα και στο ίδιο επίπεδο αφαίρεσης αντίστοιχα. Ο μηχανισμός της υλοποίησης δημιουργεί μία σχέση μεταξύ μίας αφηρημένης και μίας συγκεκριμένης κλάσης. Με τον μηχανισμό αυτόν, διασχίζονται διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης. Αν και τέτοιες διασχίσεις επιτρέπονται στην SIS-Telos, ο ορισμός της υλοποίησης ως μία συλλογή διεδρικών δομών, δεν επιτρέπει τον σημασιολογικό έλεγχο του νέου μηχανισμού. Η συλλογή των διεδρικών δομών οι οποίες ορίζουν την σχέση της υλοποίησης δημιουργούν σημαντικά προβλήματα για τον σημασιολογικό έλεγχο της σχέσης. Οι έδρες αυτής της διεδρικής δομής βρίσκονται

στο ίδιο επίπεδο αφαίρεσης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.6

Το πρόβλημα του επιπλέον κόστους στην υλοποίηση επισημάνθηκε ιδιαίτερα εύκολα. Κατά την άποψη μας, οι έδρες μίας διεδρικής δομής είναι σημασιολογικά ισοδύναμες. Στο σχήμα 5.7 οι κλάσεις «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1», «Αυτοκίνητα_Μοντέλου_Αυτοκινήτου_1» περιγράφουν τα ίδια αντικείμενα: όλα τα αυτοκίνητα που είναι τύπου ''Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1''. Η διάκριση μεταξύ των παραπάνω κλάσεων προτάθηκε λόγω της ταξινόμησης των γνωρισμάτων σε γνωρίσματα κλάσεων και γνωρίσματα περιπτώσεων, που κατά την γνώμη μας δεν είναι απόλυτα δικαιολογημένη

Στο κόστος το οποίο συνοδεύει την ύπαρξη σημασιολογικά ισοδύναμων κλάσεων προστίθεται και το πρόβλημα δήλωσης της σχέσης υλοποίησης μεταξύ των κλάσεων. Ένας εύκολος τρόπος να δηλωθεί η σχέση αυτή είναι η δήλωση ενός *συνδέσμου υλοποίησης*, (materialization link), ο οποίος συνδέει τις έδρες της διεδρικής δομής. Αυτός ο σύνδεσμος, δεν περιγράφεται στο [31]. Η εισαγωγή των σημασιολογικά ισοδύναμων κλάσεων επιβάλλει την δυσκολία στον σημασιολογικό έλεγχο των γνωρισμάτων. Ο διαφορετικός χειρισμός των γνωρισμάτων αν και δίνει την δυνατότητα για ένα δυναμικά εξελισσόμενο σχήμα εντούτοις δυσκολεύει τον σημασιολογικό έλεγχο.

Έλα αυτά τα προβλήματα οδηγούν στην προσεκτικότερη μελέτη της εισαγωγής του συγκεκριμένου μηχανισμού στην **SIS-Telos**. Οι παρατηρήσεις και σκέψεις στο συγκεκριμένο ζήτημα μας οδήγησαν στην υποστήριξη της δομής μοντελοποίησης των *συζυγών κλάσεων-μετακλάσεων*, (associated classes-metaclasses), όπως ορίστηκαν αρχικά στο [2]. Ο μηχανισμός των *συζυγών κλάσεων-μετακλάσεων* αποτελείται από μία μετακλάση και μία κλάση και παριστάνει την ίδια έννοια αλλά σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης. Τα βασικά σημεία του μηχανισμού των *συζυγών κλάσεων-μετακλάσεων* είναι τα εξής:

1. Η μετακλάση είναι μία αφηρημένη περιγραφή μίας έννοιας ενώ η κλάση μία περισσότερη συγκεκριμένη περιγραφή.

2. Η μετακλάση είναι το δυναμοσύνολο όλων των υποκλάσεων της συζυγής της κλάσης.

3. Η μετακλάση μπορεί να θεωρηθεί ως η ένωση όλων των εξειδικεύσεων μίας έννοιας, ενώ η συζυγής της κλάση μπορεί να θεωρηθεί ως η ένωση των εμφανίσεων του πραγματικού κόσμου της ίδιας έννοιας.

4. Οι αφηρημένες ιδιότητες ορίζονται ως γνωρίσματα της μετακλάσης. Αυτά συγκεντρώνουν συγκεκριμένα γνωρίσματα ενός αντικειμένου τα οποία ορίζονται στην συζυγή κλάση ή σε μία από τις υποκλάσεις της. Αυτό γίνεται με την δήλωση των

γνωρισμάτων των υποκλάσεων ως περιπτώσεις των αφηρημένων γνωρισμάτων που ορίζονται στην μετακλάση. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης μίας ιδιότητας για την ανάκληση πληροφορίας σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης.

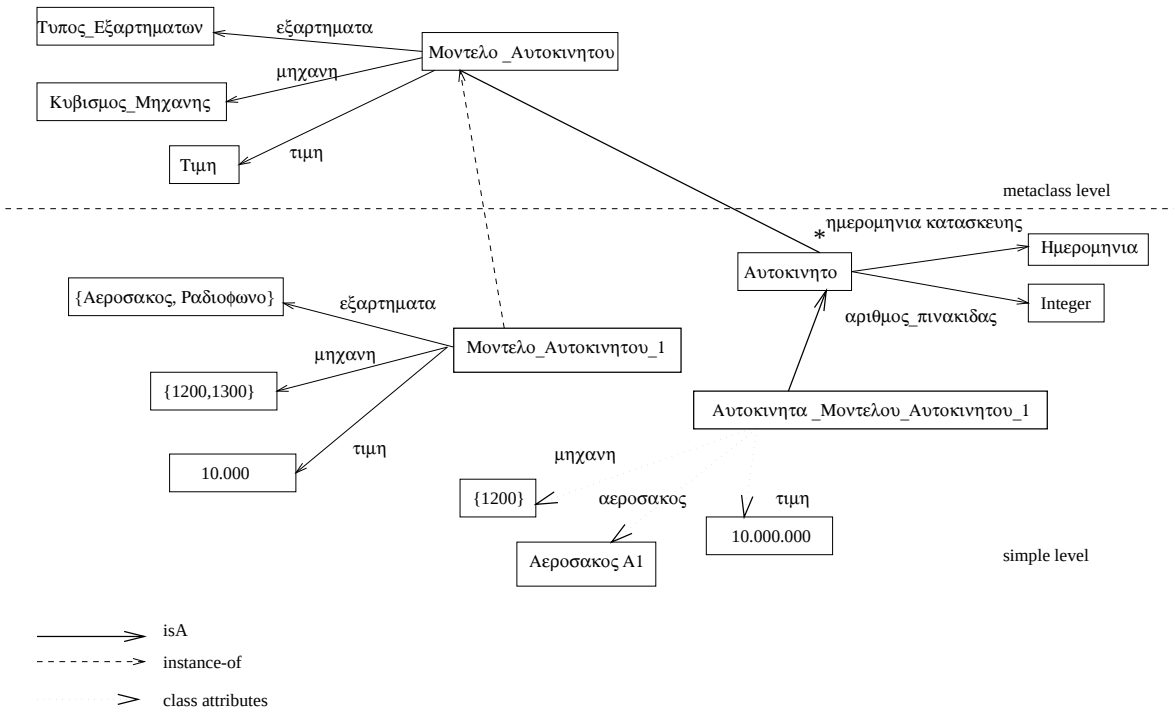
5. Η χρήση των *συζυγών κλάσεων-μετακλάσεων* επιβάλλει περιορισμούς ακεραιότητας καθορίζοντας μία συγκεκριμένη δομή για το μοντέλο. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη του μοντέλου αφού παρέχει ''κατευθύνσεις'' για τον καθορισμό των γνωρισμάτων μίας κλάσης με χρήση των αφηρημένων γνωρισμάτων της μετακλάσης.

Για την παράσταση μίας μετακλάσης και της συζυγούς της κλάσης ακολουθείται η εξής προσέγγιση στην απόδοση ονομάτων. Αν μία κλάση ονομάζεται **X**, τότε η συζυγής της μετακλάση ονομάζεται **XType**. Στο σχήμα 5.8 παρουσιάζεται η χρήση του μηχανισμού της *συζυγής κλάσης-μετακλάσης* στο προηγούμενο παράδειγμα με τα αυτοκίνητα. Στο σχήμα ορίζεται η μετακλάση **PhysicalObjectType** και η συζυγής της κλάση **PhysicalObject**. Η μετακλάση συγκεντρώνει όλους τους τύπους των φυσικών αντικειμένων (οι κλάσεις οι οποίες τα περιγράφουν) ενώ η κλάση συγκεντρώνει όλα τα επιμέρους φυσικά αντικείμενα. Η μετακλάση **PhysicalObjectType** έχει το γνώρισμα *parts* το οποίο δηλώνει ότι ένα φυσικό αντικείμενο αποτελείται από άλλα. Η μετακλάση «Τύπος_Αυτοκινήτου» χρησιμοποιείται για να δηλώσει το γεγονός ότι κάποιοι τύποι φυσικού αντικειμένου είναι αυτοκίνητα. Τα γνωρίσματα που ορίζονται στην μετακλάση αυτή είναι τα *μηχ. μέρος* και *εξάρτημα* τα οποία αποτελούν εξειδικεύσεις της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *parts* όπως ορίζεται στην μετακλάση **PhysicalObjectType**. Με την προσέγγιση αυτήν, τα μηχανικά τμήματα ενός αυτοκινήτου θεωρούνται ως μία εξειδίκευση της αφηρημένης κατηγορίας *parts*. Η κλάση «Αυτοκίνητο» είναι η συζυγής κλάση της «Τύπος_Αυτοκινήτου» και έχει το γνώρισμα *μηχανή* που είναι περίπτωση της αφηρημένης ιδιότητας *μηχ. μέρος* και κληρονομείται σε αυτήν μέσω του μηχανισμού ταξινόμησης. Αυτό το γνώρισμα παίρνει τις τιμές του από την κλάση «Μηχανή» που είναι μία περίπτωση της μετακλάσης «Τύπος_Μηχανικού_Μέρους» και έχει το γνώρισμα *κυβισμός*, που δηλώνει τον κυβισμό μίας συγκεκριμένης μηχανής. Με ανάλογο τρόπο, ορίζονται οι κλάσεις «Αερόσακος» και «Ραδιόφωνο» ως είδη εξαρτημάτων. Συνεπώς επιτυγχάνονται διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης όπως αναφέρθηκαν και στο σημείο αναφοράς 4 παραπάνω.

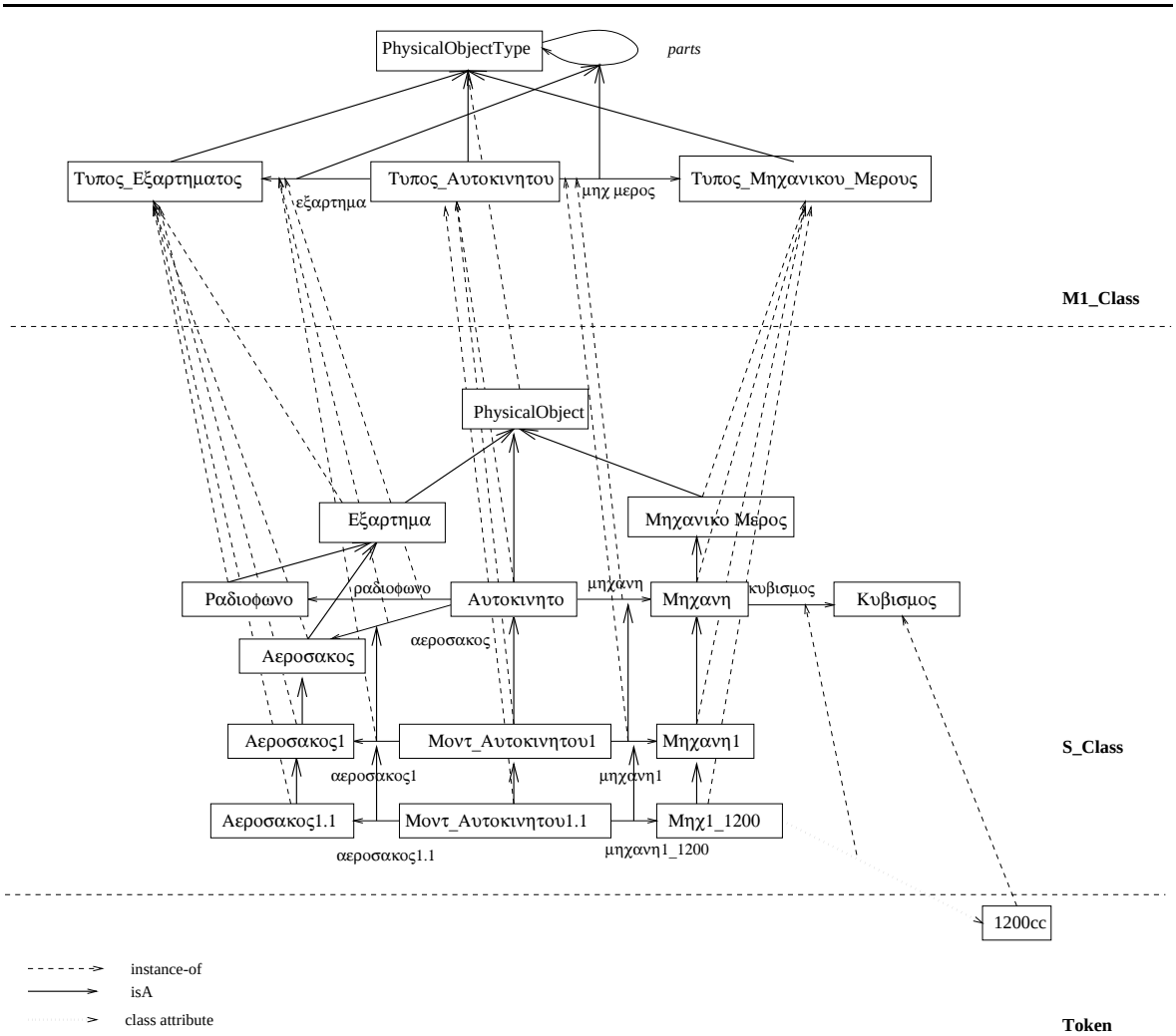
Η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου1» είναι περίπτωση της μετακλάσης «Τύπος_Αυτοκινήτου» και υποκλάση της «Αυτοκίνητο». Η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου1» έχει το γνώρισμα «α»ερόσακος1 το οποίο είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων «ε»ξαρτήματα που κληρονομείται από την μετακλάση «Τύπος_Αυτοκινήτου» και υποκλάση της «α»ερόσακος. Το γνώρισμα «μ»ηχανή εξειδικεύεται στο «μ»ηχανή1 και παίρνει τιμές στην κλάση «Μηχανή_1» που είναι υποκλάση της «Μηχανή». Το γνώρισμα

«α»ερόσακος εξειδικεύεται στο «α»ερόσακος1 που παίρνει τιμές στην «Αερόσακο1» που είναι υποκλάση της «Αερόσακος». Με τις εξειδικεύσεις αυτές δίνεται η δυνατότητα έκφρασης του γεγονότος ότι όλα τα αυτοκίνητα τα οποία είναι του συγκεκριμένου μοντέλου αυτοκινήτου έχουν ένα συγκεκριμένο τύπο μηχανής και ένα συγκεκριμένο τύπο αερόσακου. Επιπλέον, η κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1» εξειδικεύεται στην κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1. 1» ως έκδοση του ίδιου μοντέλου. Συγκεκριμένα στην κλάση «Μοντέλο_Αυτοκινήτου_1. 1» τα γνωρίσματα «α»ερόσακος1 και «μ»ηχανή1 εξειδικεύονται και παίρνουν τιμές στις κλάσεις «Αερόσακος1. 1» και «Μηχανή1. 1200». Η κλάση «Μηχανή1. 1200» συγκεντρώνει όλες τις μηχανές τέτοιου τύπου οι οποίες έχουν κυβισμό 1200 *cc*. Για να παρασταθεί η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται ο μηχανισμός των *class attributes* όπως υπάρχει στην SIS-Telos. Σε αυτή την περίπτωση, το γνώρισμα «κ»υβισμός της κλάσης «Μηχανή», κληρονομείται στην υποκλάση της «Μηχανή1. 1200». Με την δήλωση αυτή, η τιμή 1200 για τον κυβισμό του αυτοκινήτου κληρονομείται σε όλες τις περιπτώσεις της.

Ο μηχανισμός της *συζυγού κλάσης-μετακλάσης* επιτρέπει την δημιουργία συμπαγών σχημάτων δεδομένου ότι με την ύπαρξη των μετακλάσεων και των μετακατηγοριών γνωρισμάτων ομαδοποιούνται οι πληροφορίες που δηλώνονται στο μοντέλο χωρίς να απαιτείται η δήλωση διαφορετικών κλάσεων (όπως απαιτείται από τον μηχανισμό της υλοποίησης). Οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων που κληρονομούνται από την μετακλάση ορίζουν το είδος των γνωρισμάτων που μπορούν να οριστούν στις επιμέρους κλάσεις αλλά και επιβάλλουν σημασιολογικούς περιορισμούς στις τιμές που μπορούν να πάρουν τα γνωρίσματα. Το μοντέλο που αναπτύσσεται είναι ευέλικτο δεδομένου ότι επιτρέπεται ο ορισμός επιπλέον γνωρισμάτων Συνεπώς το σχήμα δεν επιβαρύνεται με την ύπαρξη σημασιολογικά ισοδύναμων κλάσεων και επίσης χρησιμοποιούνται οι ήδη υπάρχοντες μηχανισμοί αφαίρεσης χωρίς να εισάγεται καινούργιος.



Σχήμα 5.7: Ένα παράδειγμα της σχέσης υλοποίησης μεταξύ της αφηρημένης κλάσης «Μοντέλο Αυτοκινήτου» και της συγκεκριμένης κλάσης «Αυτοκίνητο»



Σχήμα 5.8: Ένα παράδειγμα χρήσης του μηχανισμού *συζυγού κλάσης-μετακλάσης* για την μετακλάση «Τύπος_Αυτοκινήτου» και την κλάση «Αυτοκίνητο»

Κεφάλαιο 6

Χρήση του Συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η χρήση προκαθορισμένων ερωτήσεων και διαλογικών δελτίων ενημέρωσης για την άντληση, καταγραφή και ενημέρωση πληροφορίας η οποία περιγράφεται στο ΜΔΣ. Οι προκαθορισμένες ερωτήσεις και η διαλογική ενημέρωση της βάσης γνώσης γίνονται μέσω του Συστήματος Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (ΣΣΕ) το οποίο περιγράφεται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Η κατασκευή προκαθορισμένων ερωτήσεων σκοπό έχει να διευκολύνει τον χρήστη παρέχοντας του τη δυνατότητα να έχει με μορφή καταλόγου τις ερωτήσεις που γίνονται συχνότερα στο σύστημα και έχουν την μεγαλύτερη σημασία. Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να αντλήσει πληροφορία χωρίς να έχει γνώση της ερωτηματικής γλώσσας. Η χρήση διαλογικών δελτίων ενημέρωσης επιτρέπει στον χρήστη την ενημέρωση, είτε με εισαγωγή στοιχείων είτε με αλλαγή των ήδη υπαρχόντων στην βάση γνώσης. Η ενημέρωση γίνεται με τέτοιο τρόπο χωρίς να απαιτείται η γνώση της γλώσσας παράστασης δεδομένων SIS-Telos.

Στο ΣΥΔΔ οι προκαθορισμένες ερωτήσεις γίνονται σε σχέση με τις βασικές έννοιες του μοντέλου που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Τέτοιες είναι οι έννοιες σχετικές με προϊόντα, με μηχανήματα, με σφάλματα, με συμπτώματα και με αιτίες καθώς επίσης και βασικές σχέσεις μεταξύ αυτών όπως οι περιπτώσεις, οι υπερκλάσεις και οι υποκλάσεις μίας οντότητας, οι δομικές και λειτουργικές σχέσεις με τις οποίες συνδέονται μηχανικά μέρη, σχέσεις αιτίου και αιτιατού μεταξύ σφαλμάτων, κλπ. Η χρησιμοποίηση παραμέτρων κατά την χρήση των ερωτήσεων αυτών δίνει μικρά και ευανάγνωστα σύνολα απαντήσεων. Τα διαλογικά δελτία ενημέρωσης που έχουν υλοποιηθεί, επιτρέπουν στον χρήστη την ενημέρωση πληροφορίας σχετική με σφάλματα.

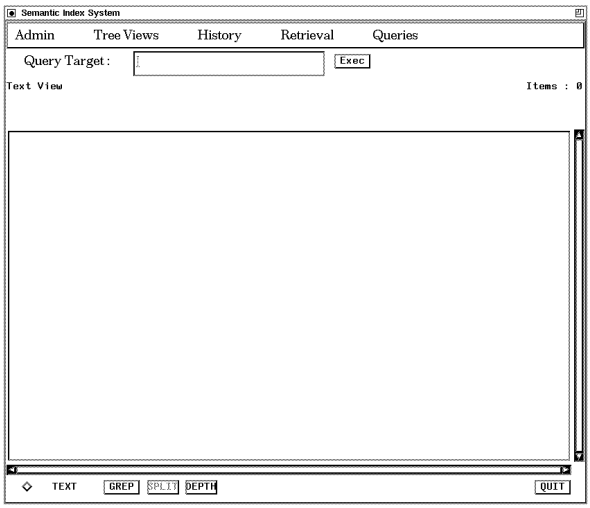
6.1 Το περιβάλλον του Σημασιολογικού Συστήματος Ευρετηριασμού (ΣΣΕ)

Το Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (ΣΣΕ) είναι ένα εργαλείο περιγραφής και τεκμηρίωσης στενά συνδεδεμένων μεταξύ τους δεδομένων, εννοιών και πολύπλοκων σχέσεων [9]. Το ΣΥΔΔ αποτελεί εφαρμογή του ΣΣΕ στην περιγραφή και τεκμηρίωση σφαλμάτων. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η περιγραφή αυτή γίνεται μέσω της γλώσσας SIS-Telos, η οποία αποτελεί ένα από τα κύρια συστατικά του ΣΣΕ. Για την άντληση της πληροφορίας το ΣΣΕ παρέχει μία Βιβλιοθήκη Στοιχειωδών Ερωτηματικών Συναρτήσεων (ΒΣΕΣ) [11, 1], μέσω της οποίας είναι δυνατή η κατασκευή των προκαθορισμένων ερωτήσεων που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο. Οι ερωτήσεις διακρίνονται στις ερωτήσεις πρώτης τάξεως και στις αναδρομικές προκαθορισμένες ερωτήσεις. Για την παρουσίαση της πληροφορίας (τόσο σε γραφική μορφή όσο και σε μορφή κειμένου) παρέχεται το σύστημα επαφής χρήσης του ΣΣΕ.

Για την ενημέρωση της πληροφορίας που έχει καταγραφεί στην βάση γνώσης, χρησιμοποιείται ένα εργαλείο του ΣΣΕ, το Δελτίο Εισαγωγής Δεδομένων (ΔΕΔ). Το ΣΣΕ έχει να παρουσιάσει ένα σύνολο στοιχειωδών πράξεων ενημέρωσης μέσω των οποίων μπορεί να ενημερωθεί κάθε οντότητα της βάσης γνώσης. Το ΔΕΔ προσφέρει ένα σύνολο λειτουργιών που καλύπτουν κάθε στοιχειώδη ενημέρωση του ΣΣΕ, προσφέροντας έτσι πλήρη δυνατότητα ενημέρωσης της βάσης. Η υλοποίηση των λειτουργιών του ΔΕΔ γίνεται μέσω καρτών που επιτρέπουν στον χρήστη να ενημερώνει διαλογικά την βάση γνώσης. Οι κάρτες αυτές υλοποιούν λειτουργίες διαγραφής, δημιουργίας, μετονομασίας, ταξινόμησης, γενίκευσης και απόδοσης γνωρισμάτων για κόμβους και γνωρίσματα ([3]). Το ΔΕΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο μέσα από το σύστημα επαφής χρήσης που παρέχει το ΣΣΕ, όσο και ανεξάρτητα από αυτό. Μία περισσότερη αναλυτική περιγραφή του ΔΕΔ και των λειτουργιών που υποστηρίζει βρίσκεται στο [3].

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των προκαθορισμένων ερωτήσεων έχει άμεση σχέση με την επαφή χρήσεως. Στο σχήμα 6.1 φαίνεται το αρχικό παράθυρο επαφής χρήσεως. Στο παράθυρο αυτό υπάρχει ένα πεδίο στο οποίο τίθεται ο στόχος της ερώτησης (Query Target) αν αυτός υπάρχει και μπορεί να είναι μία οποιαδήποτε οντότητα του μοντέλου. Οι επιλογές που προσφέρονται είναι οι οι *Admin*, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με άλλα εργαλεία[1], *TreeViews*, που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση προκαθορισμένων αναδρομικών ερωτήσεων των οποίων τα αποτελέσματα δίνονται σε μορφή γράφου, *History*, που χρησιμοποιείται για την επανεκτέλεση των ερωτήσεων

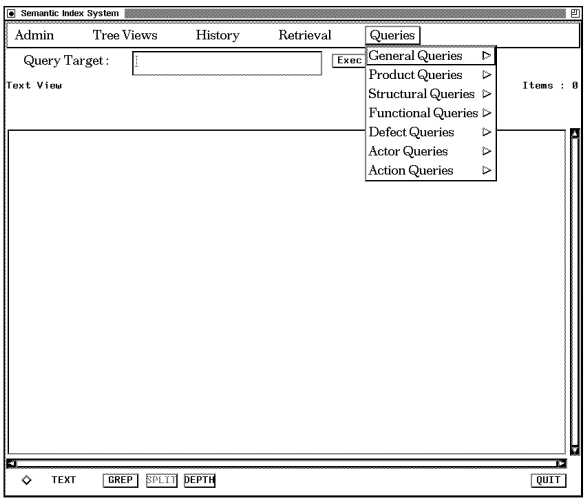
[1]Κάτω από την επιλογή αυτή υπάρχει και η επιλογή *Entry Forms*, με την οποία καλείται μέσα από το σύστημα επαφής χρήσης το ΔΕΔ για την ενημέρωση της βάσης γνώσης.



Σχήμα 6.1: Αρχική οθόνη του ΣΣΕ

που έχουν γίνει, *Retrieval* που χρησιμοποιείται για ερωτήσεις στις οποίες δηλώνονται περισσότερες της μίας παραμέτρου και τέλος *Help* που παρέχει πληροφορία στον χρήστη για τις λειτουργίες του συστήματος. Λεπτομερειακή περιγραφή των λειτουργιών της επαφής χρήσης του ΣΣΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχει στο [11].

Η παράσταση των προκαθορισμένων ερωτήσεων αλλά και των λειτουργιών στα δελτία εισαγωγής δεδομένων αποτελείται από μία σειρά κλάσεων που περιγράφονται σε καθένα από τα αντίστοιχα υποκεφάλαια. Η μετα-μετακλάση **Model** χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μοντέλο του συστήματος και έχει το γνώρισμα *uiMenus* που παίρνει τιμές στην κλάση **MenuDescription**. Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις επιλογές που παρέχονται από το σύστημα επαφής χρήσης. Η μετα-μετακλάση **Model** έχει το γνώρισμα *externalTools* που παίρνει τιμές στην κλάση **Tools** και χρησιμοποιείται για να δηλωθούν τα εξωτερικά εργαλεία με τα οποία μπορεί να συνδεθεί το σύστημα επαφής χρήσης του ΣΣΕ. Το ΔΕΔ συνδέεται με το σύστημα επαφής χρήσης μέσω της κλάσης αυτής. Στην μετα-μετακλάση **Model** ορίζεται το γνώρισμα *entryConditions* το οποίο παίρνει τιμές στην κλάση **DataEntryDescription** Στην κλάση **DataEntryDescription** ορίζεται το γνώρισμα *tasks* που παίρνει τιμές στην κλάση **TaskDescription** και χρησιμοποιείται για να δηλώσει τις λειτουργίες που υποστηρίζονται από το σύστημα.
Περίπτωση της κλάσης **Model** είναι η κλάση **DefectHandling** που εκφράζει την παρούσα εφαρμογή. Το γνώρισμα *uiMenus* παίρνει την τιμή **DefectHandlingMenus** που είναι περίπτωση της **MenuDescription** με τιμές στα γνωρίσματα *queryMenu*, *viewMenu*



Σχήμα 6.2: Η επιλογή *Queries* στην αρχική οθόνη του συστήματος

και *retrievalMenu* τους αντίστοιχους κατάλογους επιλογών με προκαθορισμένες ερωτήσεις. Το γνώρισμα *externalTools* παίρνει τιμή στην κλάση *DefectHandlingTools* και το *entryConditions* παίρνει τιμές στην κλάση **DataEntry**.

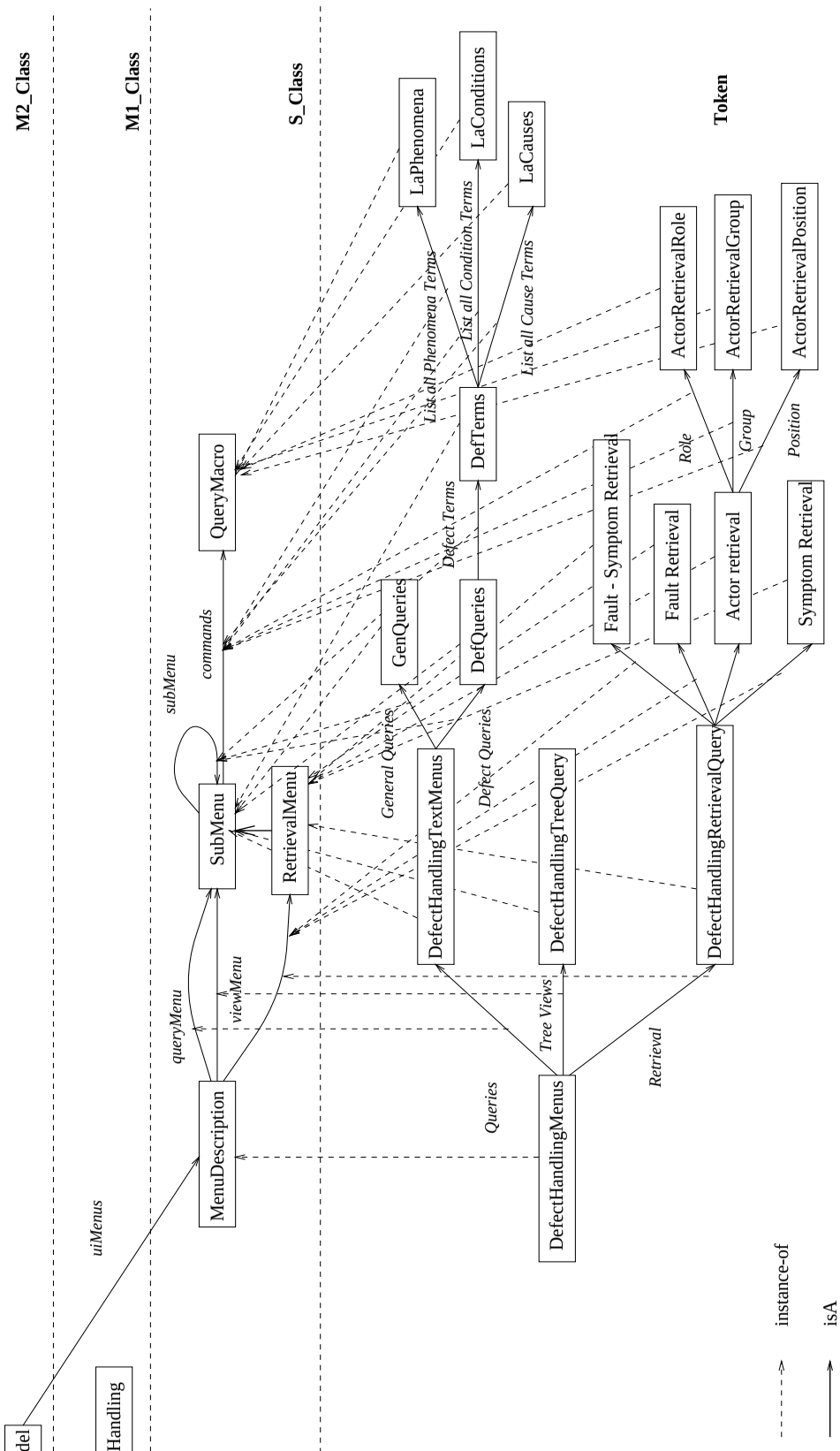
Στα επόμενα υποκεφάλαια περιγράφεται περισσότερο αναλυτικά το μοντέλο των προκαθορισμένων ερωτήσεων και των διαλογικών δελτίων ενημέρωσης που χρησιμοποιείται από το ΣΥΔΔ.

6.2 Προκαθορισμένες Ερωτήσεις 1ης τάξεως

Με τον όρο ερωτήσεις πρώτης τάξεως περιγράφονται οι ερωτήσεις εκείνες που έχουν αποτέλεσμα σε μορφή κειμένου. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο οι ερωτήσεις αυτού του τύπου υπάρχουν στο ΣΣΕ κάτω από την επιλογή *Queries*. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2 κατά την επιλογή αυτή παρουσιάζεται ένας κατάλογος από επιλογές κάθε μία από τις οποίες μπορεί να αποτελείται από άλλες εκτελέσιμες πλέον εντολές. Στο σχήμα 6.3 φαίνεται ο τρόπος παράστασης των ερωτήσεων και παραδείγματα ερωτήσεων που έχουν ήδη υλοποιηθεί.

Οι αρχικές επιλογές αφορούν τις έννοιες που καταγράφονται στο μοντέλο. Οι κατηγορίες ερωτήσεων που έχουν περιγραφεί στο μοντέλο είναι οι:

- Επιλογή *General Queries*. Μέσω των επιλογών της μπορεί κανείς να πάρει ως αποτέλεσμα τις περιπτώσεις *(Objects of Kind)*, όλες τις περιπτώσεις *(All Objects of*



Σχήμα 6.3: Το μοντέλο προκαθορισμένων ερωτήσεων 1ης τάξεως και παραδείγματα χρήσης τους στο ΣΥΔΔ

Kind), τις κλάσεις *(Kinds of Object)*, όλες τις κλάσεις *(All Kinds of Object)*, τις υποκλάσεις *(All Special Kinds of)*, όλες τις υποκλάσεις *(Immediate Special Kinds of)*, τις υπερκλάσεις *(All Immediate General Kinds of)* και τέλος όλες τις υπερκλάσεις μίας οντότητας.[2] Ο λόγος που υπάρχουν οι ερωτήσεις αυτές ξεχωριστά είναι ότι α)ο χρήστης μπορεί να τις χρησιμοποιεί συχνά και για αυτό είναι καλύτερα να του δίνονται ως βασική επιλογή, και β)αντλούν πληροφορία με τις βασικότερες σχέσεις που δίνει η SIS-Telos, δηλαδή τη σχέση γενίκευσης και ταξινόμησης. Πολλές από τις ερωτήσεις οι οποίες έχουν υλοποιηθεί και παρουσιάζονται παρακάτω, δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα, χωρίς όμως αυτό να μειώνει την σημαντικότητα των ερωτήσεων αυτών.

- Επιλογή *ProductQueries*. Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας σχετικής με προϊόντα. Οι επιλογές της είναι οι:
  - -- *All Mechanical Products*: Επιστρέφει όλα τα είδη μηχανημάτων που υπάρχουν.
  - -- *SelfProduced Parts of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις κατεργάσιμες μονάδες από τις οποίες αυτή αποτελείται (δηλαδή κατασκευάζονται μέσα στον οργανισμό παραγωγής του).
  - -- *Supplied Parts of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις προμηθεύσιμες μονάδες από τις οποίες αυτή αποτελείται (δηλαδή δεν κατασκευάζονται μέσα στον οργανισμό παραγωγής της).
  - -- *Unknown Parts of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο ένα τύπο μηχανικής μονάδας και επιστρέφει όλες τις αγνώστου προέλευσης μονάδες από τις οποίες αυτή αποτελείται.
- Επιλογή *StructuralQueries*. Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας για τις δομικές σχέσεις ενός αντικειμένου. Οι επιλογές της είναι οι:
  - -- *Structural Components of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλα τα δομικά της μέρη.
  - -- *Structural Parent Components of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις μηχανικές μονάδες των οποίων αυτή αποτελεί δομικό μέρος.

[2] Δεδομένης μίας οντότητας στην βάση γνώσης, οι περιπτώσεις της είναι οι άμεσα δηλωμένες ως τέτοιες οντότητες. Όλες οι περιπτώσεις μίας οντότητας είναι οι περιπτώσεις του συνόλου των οντοτήτων που υπολογίζονται με το μεταβατικό περίβλημα της σχέσης **isA** θεωρώντας ως αρχική οντότητα την συγκεκριμένη και υπολογίζοντας τις υποκλάσεις της. Η ίδια φιλοσοφία ακολουθείται και για τον υπολογισμό των κλάσεων, υπερκλάσεων και υποκλάσεων μίας οντότητας.

-- *Immediate Structural Components of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τα άμεσα δομικά της μέρη.

-- *Immediate Parent Structural Components of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τις μηχανικές μονάδες των οποίων αυτή αποτελεί άμεσο δομικό μέρος.

-- *Groups of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο ένα μηχάνημα και επιστρέφει όλες τις ομάδες από τις οποίες αυτό αποτελείται.

-- *SubGroups of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλα τα συγκροτήματα από τα οποία αυτή αποτελείται.

-- *SubsubGroups of Device*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλα τα υποσυγκροτήματα από τα οποία αυτή αποτελείται.

-- *Parts of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλα τα εξαρτήματα από τα οποία αυτή αποτελείται.

-- *Presentations of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μονάδα μηχανήματος και επιστρέφει όλες τις παρουσίες της στα περιεχόμενα της βάσης γνώσης. Αν η παράμετρος της ερώτησης είναι μία συγκεκριμένη κλάση μονάδας μηχανήματος, για παράδειγμα η κλάση «`Βίδα M 8 x 25`», η ερώτηση απιστρέφει όλες τις παρουσίες της συγκεκριμένης και των υποκλάσεων της. Αν η παράμετρος είναι μία συγκεκριμένη παρουσία μίς μονάδας μηχανήματος, για παράδειγμα η «`CANDIA_Mini`M150`Βάση_Κινητήρα`Βίδα M 8 x 25`», η ερώτηση επιστρέφει όλες τις παρουσιάσεις της «`Βίδα M 8 x 25`» (δηλαδή της κλάσης της οποίας η παράμετρος της ερώτησης είναι παρουσία) μέσα στο συγκεκριμένο μηχάνημα. Η ερώτηση αυτή ανεξάρτητα τύπου παραμέτρου δίνει το ίδιο αποτέλεσμα δηλαδή τις παρουσίες μίας μονάδας μηχανήματος. Η ερώτηση αυτή χρησιμοποιείται για να δώσει όλες τις εμφανίσεις μίας μονάδας μηχανήματος σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα.

- Επιλογή *Functional Queries*. Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας για τις λειτουργικές συνδέσεις μίας μηχανικής μονάδας. Στην κατηγορία αυτή ερωτήσεων έχουν δημιουργηθεί υποκατάλογοι ερωτήσεων οι οποίοι συγκεντρώνουν ερωτήσεις που σχετίζονται σημασιολογικά. Οι επιλογές είναι:

  -- *Functional Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται λειτουργικά (μέσω ηλεκτρικών συνδέσεων, συνδέσεων ροπής και πίεσης).

-- *Immediate Functional Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται άμεσα λειτουργικά (μέσω ηλεκτρικών συνδέσεων, συνδέσεων ροπής και πίεσης).

-- *Immediate Parent Functional Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις μονάδες οι οποίες συνδέονται άμεσα με λειτουργικές συνδέσεις με αυτήν.

-- *Functional/Pressure Connections of*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας για τις λειτουργικές συνδέσεις πίεσης μίας μηχανικής μονάδας. Οι επιλογές της είναι οι:

  * *Functional/Pressure Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μονάδα μηχανήματος και επιστρέφει όλες τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται λειτουργικά μέσω συνδέσεων πίεσης.
  * *Immediate Functional/Pressure Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μονάδα μηχανήματος και επιστρέφει τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται άμεσα με λειτουργικές συνδέσεις πίεσης.
  * *Immediate Parent Functional/Pressure Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μονάδα μηχανήματος και επιστρέφει τις μονάδες οι οποίες συνδέονται άμεσα με λειτουργικές συνδέσεις πίεσης με αυτήν.

-- *Functional/Electrical Connections of*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας για τις ηλεκτρικές συνδέσεις μίας μηχανικής μονάδας. Οι επιλογές της είναι οι:

  * *Functional/Electrical Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται με ηλεκτρικές συνδέσεις.
  * *Immediate Functional/Electrical Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται άμεσα με ηλεκτρικές συνδέσεις.
  * *Immediate Parent Functional/Electrical Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τις μονάδες οι οποίες συνδέονται άμεσα μέσω ηλεκτρικών συνδέσεων με αυτή.

-- *Functional/Torque Connections of*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης για τις λειτουργικές συνδέσεις ροπής μίας μηχανικής μονάδας. Οι επιλογές της είναι οι:

  * *Functional/Torque Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο

μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει τις μονάδες με τις οποίες αυτή συνδέεται λειτουργικά μέσω συνδέσεων ροπής.

* *Immediate Functional/Torque Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο ένα φυσικό αντικείμενο και επιστρέφει τις μονάδες με τις οποίες αυτό συνδέεται άμεσα με λειτουργικές συνδέσεις ροπής.
* *Immediate Parent Functional/Torque Connections of*: Η ερώτηση αυτή παίρνει ως παράμετρο ένα φυσικό αντικείμενο και επιστρέφει τις μονάδες οι οποίες συνδέονται άμεσα με λειτουργικές συνδέσεις ροπής με αυτήν.

- Επιλογή *Defect Queries*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας για σφάλματα από την βάση γνώσης. Οι επιλογές της είναι οι *Defect Terms* και *Defect Data*.

  -- Επιλογή *Defect Terms*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης μέσα από την βάση γνώσης των όρων του λεξιλογίου αιτιών, φαινομένων και συνθηκών που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση περιγραφών σφαλμάτων και συμπτωμάτων. Οι επιλογές της είναι οι:

  * *All Phenomena Terms*: Επιστρέφει όλους τους όρους του λεξιλογίου που αναφέρονται σε φαινόμενα.
  * *All Cause Terms*: Επιστρέφει όλους τους όρους του λεξιλογίου που αναφέρονται σε αιτίες.
  * *All Condition Terms*: Επιστρέφει όλους τους όρους του λεξιλογίου που αναφέρονται σε συνθήκες.
  * *All Relative Distance Terms*: Επιστρέφει όλους τους όρους που χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν την σχετική απόσταση της θέσης του παρατηρητή από το απόλυτο σημείο αναφοράς.
  * *All Absolute Position Terms*: Επιστρέφει όλους τους όρους που χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν τα απόλυτα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν το απόλυτο σημείο με το οποίο αναφέρεται η θέση του παρατηρητή.
  * *All Coordinates*: Επιστρέφει όλους τους όρους συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της σχετικής θέσης του παρατηρητή και της σχετικής κατεύθυνσης από την οποία παρατηρείται το φαινόμενο.

  -- Επιλογή *Defect Data*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας για σφάλματα του πραγματικού κόσμου που έχουν παρατηρηθεί και καταγραφεί στην βάση γνώσης. Οι επιλογές της είναι οι:

* *Symptoms in*: Επιστρέφει όλα τα συμπτώματα που υπάρχουν στην βάση γνώσης και αποτελούν καταγραφές της παρατηρούμενης συμπεριφοράς της μηχανικής μονάδας που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση.[3]
* *Phenomena in*: Επιστρέφει όλα τα φαινόμενα που χαρακτηρίζουν την παρατηρούμενη συμπεριφορά της μηχανικής μονάδας που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε παρατηρούμενο φαινόμενο τον τύπο του[4].
* *Conditions in*: Επιστρέφει όλες τις συνθήκες υπό τις οποίες εκδηλώνονται τα συμπτώματα της μηχανικής μονάδας που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε συνθήκη τον τύπο της[4].
* *Causes in*: Επιστρέφει όλες τις αιτίες που έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης και είναι υπεύθυνες για την παρουσία σφαλμάτων στη μηχανική μονάδα που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε αιτία και τον τύπο της[4].
* *Operational Faults of*: Επιστρέφει όλα τα λειτουργικά σφάλματα που εμπλέκει η μηχανική μονάδα που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση. [5].
* *Systematic Faults of*: Επιστρέφει όλα τα συστηματικά σφάλματα που εμπλέκει η μηχανική μονάδα που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση.[5].
* *Symptomatic Faults of*: Επιστρέφει όλα τα συμπτωματικά σφάλματα που εμπλέκει η μηχανική μονάδα που δίνεται ως παράμετρος στην ερώτηση[5].

- Επιλογή *Actor Queries*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης για τους δράστες που δρούν στα πλαίσια του οργανισμού στον οποίο γίνεται αναφορά. Οι επιλογές είναι οι:

  -- *All Kinds of Actors*: Επιστρέφει όλους τους τύπους δραστών που υπάρχουν στην βάση γνώσης.

  -- *All Actors*: Επιστρέφει όλους τους δράστες του πραγματικού κόσμου που βρίσκονται στην βάση γνώσης. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε δράστη τον τύπο του στα πλαίσια του συγκεκριμένου οργανισμού.

[3]Επιστρέφει σε στήλες για κάθε σύμπτωμα, την συνθήκη υπό την οποία εκδηλώνεται, το φαινόμενο το οποίο το χαρακτηρίζει και την μονάδα μηχανήματος η οποία εμπλέκεται στην συγκεκριμένη εκδήλωση συμπεριφοράς.

[4]Όπως έχει ήδη ειπωθεί, στο ΜΔΣ υπάρχει ένα λεξιλόγιο όρων φαινομένων, συνθηκών και αιτιών, με τους οποίους ταξινομούνται οι περιπτώσεις του που παρατηρούνται στον πραγματικό κόσμο και καταγράφονται στην βάση γνώσης.

[5]Η ερώτηση αυτή επιστρέφει σε στήλες για κάθε σφάλμα από το σύνολο αποτελεσμάτων την μονάδα μηχανήματος την οποία εμπλέκει, το(τα) συμπτώματα με τα οποία αυτό εκδηλώνεται και τέλος την(τις) αιτίες που είναι άμεσα υπεύθυνες για αυτό

-- *All Persons*: Επιστρέφει όλα τα άτομα που υπάρχουν στην βάση γνώσης. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε άτομο, τις ομάδες στις οποίες αυτό ανήκει, τον ρόλο που παίζει και τέλος την θέση που κατέχει.

-- *All Groups*: Επιστρέφει όλες τις ομάδες που υπάρχουν στην βάση γνώσης. Επιστρέφει σε στήλες για κάθε ομάδα τα μέλη της είτε αυτά είναι άλλες ομάδες, είτε πρόσωπα.

-- *All Positions*: Επιστρέφει όλες τις διαφορετικές θέσεις που υπάρχουν στην βάση γνώσης. Επιστρέφει για κάθε θέση τον τύπο της, τους ρόλους που αυτή καλύπτει και τέλος τους πράκτορες που καταλαμβάνουν την συγκεκριμένη θέση.

-- *All Roles*: Επιστρέφει όλους τους διαφορετικούς ρόλους που υπάρχουν στην βάση γνώσης. Επιστρέφει για κάθε ρόλο τον τύπο του, τον πράκτορα που παίζει αυτόν τον ρόλο και τέλος τις θέσεις που τον καλύπτουν.

- *Action Queries*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα ανάκλησης πληροφορίας σχετικής με ενέργειες από την βάση γνώσης. Οι επιλογές της είναι οι:

  -- *Design Actions in*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις σχεδιαστικές ενέργειες που σχετίζονται με αυτή και με τις δομικές της συνιστώσες.

  -- *Production Actions in*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις ενέργειες παραγωγής που σχετίζονται με αυτή και με τις δομικές της συνιστώσες.

  -- *Purchasing Actions in*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει όλες τις ενέργειες προμήθειας που σχετίζονται με αυτή και με τις δομικές της συνιστώσες.

Ερωτήσεις πρώτης τάξεως και αναδρομικές μπορούν επίσης να γίνουν και μέσω της επιλογής *Retrieval*. Η επιλογή αυτή δίνει την δυνατότητα δήλωσης ερωτήσεων με πολλαπλές παραμέτρους. Με την επιλογή *Retrieval* εμφανίζεται ένας κατάλογος επιλογών κάθε μία από τις οποίες είναι εκτελέσιμη. Με τη επιλογή μίας από τις εμφανιζόμενες, παρουσιάζεται μία κάρτα στην οποία υπάρχουν τα πεδία προς συμπλήρωση της αντίστοιχης ερώτησης και η απάντηση δίνεται σε μορφή κειμένου η οποία προκύπτει από την λογική σύζευξη των τιμών των παραμέτρων. Οι επιλογές της *Retrieval* είναι τιμές του γνωρίσματος *subMenu* της **RetrievalMenu** και κάθε ερώτηση που περιλαμβάνεται σε κάθε τέτοια επιλογή είναι τιμή του γνωρίσματος *commands* της **RetrievalMenu**. Οι κατηγορίες ερωτήσεων κάτω από την συγκεκριμένη επιλογή είναι:

- Επιλογή *Fault - Symptom Retrieval*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης όλων των σφαλμάτων τα οποία εκδηλώνονται με συμπτώματα των οποίων η περιγραφή ταιριάζει με τις τιμές των παραμάτρων που δίνονται στην κάρτα αναζήτησης. Για την συγκεκριμένη ερώτηση, οι παράμετροι αυτοί είναι η μονάδα μηχανήματος που εμπλέκεται στο συγκεκριμένο σύμπτωμα, το φαινόμενο που χαρακτηρίζει το σύμπτωμα και τέλος η συνθήκη υπό την οποία εμφανίζεται το σύμπτωμα. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης ερώτησης αναζήτησης επιτρέπει την χρήση τύπου φαινομένου, τύπου συνθήκης αντί των συγκεκριμένων περιγραφών συμπτώματος. [6]

- Επιλογή *Fault Retrieval*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης όλων των σφαλμάτων των οποίων η περιγραφή ταιριάζει με τις τιμές των παραμέτρων που δίνονται στην κάρτα ανάκλησης. Οι τρείς παράμετροι αναφέρονται στα στοιχεία περιγραφής του συμπτώματος με το οποίο εκδηλώνεται το συγκεκριμένο σφάλμα. Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται για την άντληση πληροφορίας σε καθένα από αυτά τα τρία πεδία ακολουθούν την ίδια φιλοσοφία με τις αντίστοιχες ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την διατύπωση της *Fault - Symptom Retrieval* ερώτησης. Η τέταρτη παράμετρος αναφέρεται στην μονάδα μηχανήματος που εμπλέκεται στο σφάλμα. Η πέμπτη αναφέρεται στην λύση η οποία εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο και τέλος η έκτη στην αιτία υπεύθυνη για το σφάλμα. Η φιλοσοφία της γενικότερης προσέγγισης στην διατύπωση των ερωτήσεων που ακολουθήθηκε παραπάνω, ακολουθείται και στην ανάπτυξη της ερώτησης αυτής.

- Επιλογή *Symptom Retrieval*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης όλων των συμπτωμάτων τα οποία έχουν περιγραφή όμοια με εκείνη που δίνεται στα πεδία της *Search Card*. Η κάρτα που εμφανίζεται είναι η ίδια με εκείνη που εμφανίζεται στην επιλογή της ερώτησης *Fault - Symptom Retrieval* και ακολουθείται η ίδια φιλοσοφία που ακολουθείται σε αυτήν.

- Επιλογή *Symptom Retrieval by Observation*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης όλων των συμπτωμάτων που έχουν περιγραφή όμοια με εκείνη που δίνεται στα πεδία της *Search Card*. Οι παράμετροι που πρέπει να συμπληρωθούν είναι οκτώ και είναι οι εξής:

  1. η σχετική απόσταση του παρατηρητή από το απόλυτο σημείο αναφοράς.
  2. το απόλυτο σημείο αναφοράς σχετικά με το οποίο δηλώνεται η θέση του παρατηρητή.

[6] Δεδομένου του λεξιλογίου όρων με τους οποίους ταξινομούνται οι περιγραφές στο μοντέλο, η χρήση τους επιτρέπει την ανάκληση της χωρίς απώλειες πληροφορίας.

3. οι χ,ψ και ζ συντεταγμένες της θέσης του παρατηρητή.

4. οι χ,ψ και ζ συντεταγμένες της σχετικής κατεύθυνσης από την οποία γίνεται αντιληπτό το φαινόμενο κατά την παρατήρηση του συμπτώματος.

- Επιλογή *Actor Retrieval*. Μέσω της επιλογής αυτής δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας σχετικής με πράκτορες. Οι παράμετροι που πρέπει να συμπληρωθούν στην συγκεκριμένη κάρτα ανάκλησης είναι τρείς και είναι ο ρόλος που ο δράστης παίζει, η θέση που αυτός βρίσκεται και τέλος η ομάδα στην οποία αυτός πιθανώς να ανήκει. Με την κάρτα αυτή δίνεται η δυνατότητα ανάκλησης είτε προσώπων είτε ομάδων για τις οποίες ισχύει η λογική σύζευξη των συνθηκών που διατυπώνονται με τις τιμές των παραμέτρων στην κάρτα ανάκλησης. Ακολουθώντας την φιλοσοφία που διατυπώθηκε παραπάνω, δυνατότητα χρήσης τύπων ρόλων, θέσεων ή ομάδων στα αντίστοιχα πεδία.

6.3 Αναδρομικές προκαθορισμένες ερωτήσεις

Οι αναδρομικές ερωτήσεις χρησιμοποιούν τις συναρτήσεις της ΒΣΕΣ οι οποίες δίνουν το μεταβατικό περίβλημα μίας σχέσης. Ετσι δίνοντας έναν κόμβο του σημασιολογικού δικτύου ως αρχικό, καθώς και μία ή περισσότερες κατηγορίες ή μετακατηγορίες γνωρισμάτων. Αρχικά λαμβάνεται το σύνολο των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι μέσω της κατηγορίας (ή μετακατηγορίας) γνωρισμάτων και μετά για κάθε στοιχείο του συνόλου αυτού επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, ώσπου το σύνολο των κόμβων κάποιας επανάληψης να είναι κενό.

Οι αναδρομικές ερωτήσεις ομαδοποιούνται κάτω από την επιλογή *TreeViews* και το αποτέλεσμα τους παρουσιάζεται σε γραφική μορφή. Στο μοντέλο οι αναδρομικές ερωτήσεις είναι τιμές στο γνώρισμα *viewMenu* της κλάσης **MenuDescription**. Κάθε μία από τις επιλογές από τον αρχικό κατάλογο επιλογών μπορεί να αποτελείται από άλλες. Οι κατηγορίες αναδρομικών ερωτήσεων που έχουν υλοποιηθεί στο μοντέλο είναι οι παρακάτω:

- *Structural Tree Queries*. Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης για τις δομικές συνδέσεις ενός συγκεκριμένου φυσικού αντικειμένου. Οι επιλογές της είναι οι:

  -- *Forward Decomposition Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο ένα τύπο μηχανικής μονάδας και παρουσιάζει γραφικά όλα τα δομικά του μέρη.

-- *Backward Decomposition Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο έναν τύπο μηχανικής μονάδας και παρουσιάζει γραφικά όλες τις μηχανικές μονάδες των οποίων αυτό αποτελεί δομικό μέρος.

-- *Presentation and Usage Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο μία μονάδα μηχανήματος και παρουσιάζει γραφικά την ακόλουθη πληροφορία:

* αν η παράμετρος είναι κλάση μονάδας μηχανήματος για παράδειγμα η κλάση «Βίδα M 8 x 25» τότε επιστρέφονται οι παρουσίες αυτής αλλά και όλων των υποκλάσεων της και οι δομικές σχέσεις των παρουσιών της μέσα στο συγκεκριμένο φυσικό σύστημα.
* αν η παράμετρος είναι παρουσία μίας συγκεκριμένης κλάσης μονάδας μηχανήματος για παράδειγμα η κλάση «CANDIA_Mini`M150`Βάση_Κινητήρα`Βίδα M 8 x 25» τότε επιστρέφονται οι παρουσίες της μονάδας μηχανήματος (και των υποκλάσεων της) της οποίας αυτή αποτελεί παρουσία αλλά και οι δομικές σχέσεις τους μέσα στο συγκεκριμένο φυσικό σύστημα.

- *Functional Tree Queries*. Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης από την βάση γνώσης πληροφορίας για τις λειτουργικές συνδέσεις ενός συγκεκριμένου φυσικού αντικειμένου. Οι επιλογές της είναι οι:

  -- *Functional Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει έναν γράφο με όλες τις λειτουργικές συνδέσεις που αρχίζουν από και καταλήγουν σε αυτή.

  -- *Functional/Electrical Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει έναν γράφο με όλες τις ηλεκτρικές συνδέσεις που αρχίζουν από και καταλήγουν σε αυτή.

  -- *Functional/Torque Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει έναν γράφο με όλες τις λειτουργικές συνδέσεις ροπής που αρχίζουν από και καταλήγουν σε αυτή.

  -- *Functional/Pressure Graph of*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει έναν γράφο με όλες τις λειτουργικές συνδέσεις πίεσης που αρχίζουν από και καταλήγουν σε αυτή.

- *Defect Tree Queries*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης για σφάλματα, συμπτώματα και αιτίες. Οι επιλογές της είναι οι *Fault Tree Queries*, *Syptom Tree Queries* και *Cause Tree Queries* όπου οι δύο πρώτες περιέχουν και υποεπιλογές.

  -- *Fault Tree Queries*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης για σφάλματα. Οι επιλογές της είναι οι:

* *Fault Tree View of*: Παίρνει ως παράμετρο ένα λειτουργικό σφάλμα και επιστρέφει έναν γράφο με το σύμπτωμα ή τα συμπτώματα με τα οποία αυτό εκδηλώνεται, με τα σφάλματα που αυτό προκαλεί και εκείνα από τα οποία προκαλείται, με τις λύσεις που εφαρμόζονται σε αυτό, με την αιτία που προκαλεί το συγκεκριμένο σφάλμα.
* *Fault Causality Tree View of*: Παίρνει ως παράμετρο ένα λειτουργικό σφάλμα και επιστρέφει έναν γράφο με όλα τα σφάλματα που προκαλούν το συγκεκριμένο αλλά και όλες τις αιτίες που είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση του. Οι αιτίες δεν είναι μόνο εκείνες που είναι άμεσα υπεύθυνες για το σφάλμα αλλά και εκείνες υπεύθυνες για τα σφάλματα που προκαλούν το συγκεκριμένο.
* *Fault Tree View of Device*: Παίρνει ως παράμετρο μία μηχανική μονάδα και επιστρέφει έναν γράφο με τα σφάλματα που εμπλέκει η συγκεκριμένη αλλά και με όλα τα σφάλματα που εμπλέκουν τα δομικά της μέρη.

-- *Symptom Tree Queries*: Μέσω των επιλογών της δίνεται η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας από την βάση γνώσης σχετικής με συμπτώματα. Οι επιλογές της είναι οι:

* *Symptom Tree View of*: Παίρνει ως παράμετρο ένα σύμπτωμα και επιστρέφει έναν γράφο στον οποίο εμφανίζεται η συνθήκη (ή οι συνθήκες) υπό την οποία αυτό εκδηλώνεται, η δυσλειτουργία που το χαρακτηρίζει, η μονάδα μηχανήματος που το εμπλέκει και τελικά τα στοιχεία της παρατήρησης του χρήστη κατά την καταγραφή του συμπτώματος.
* *Symptom - Machine Part Tree View of*: Παίρνει ως παράμετρο ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα και επιστρέφει την μονάδα μηχανήματος που το εμπλέκει και τις μονάδες μηχανημάτων των οποίων αυτή αποτελεί μέρος.
* *Symptom - Fault Tree View*: Παίρνει ως παράμετρο ένα σύμπτωμα και επιστρέφει έναν γράφο στον οποίο βρίσκονται το ή τα σφάλματα με το οποίο αυτό εκδηλώνονται καθώς και οι δομικές συσχετίσεις μεταξύ της μονάδας μηχανήματος που παρουσιάζει το σύμπτωμα και εκείνης που εμπλέκεται στο σφάλμα.
* *Symptom - Observation Graph*: Παίρνει ως παράμετρο ένα σύμπτωμα και επιστρέφει έναν γράφο ο οποίος παρουσιάζει όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με την παρατήρηση του συγκεκριμένου συμπτώματος.

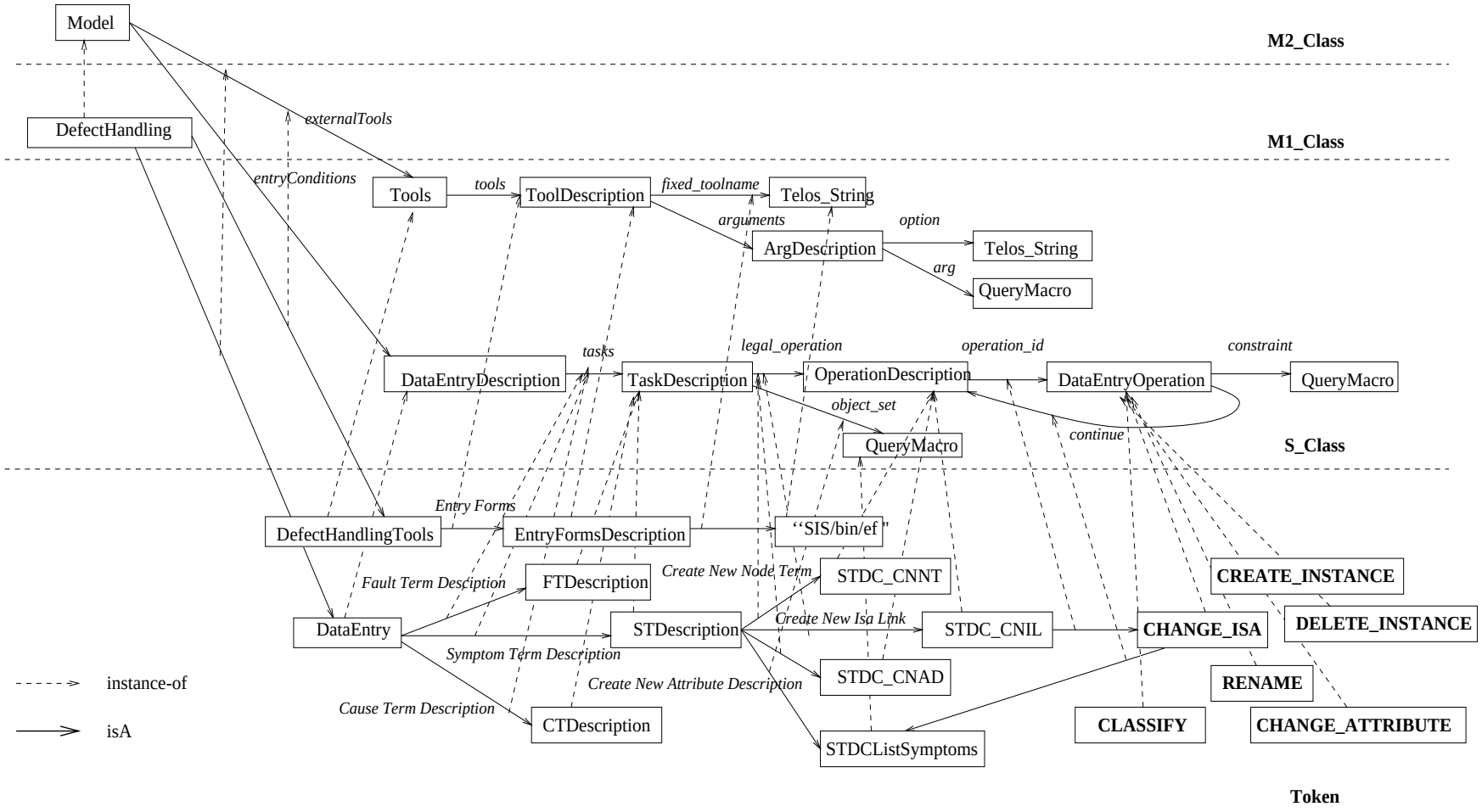
-- *Cause Tree Queries*: Παίρνει ως παράμετρο μία συγκεκριμένη αιτία και παρουσιάζει έναν γράφο με όλα τα σφάλματα που αυτή προκαλεί, καθώς και η σχέση αιτίου-αιτιατού μεταξύ τους.

- *Responsibility Graph*: Παίρνει ως παράμετρο ένα συγκεκριμένο σφάλμα και επιστρέφει έναν γράφο με όλα τα σφάλματα που η συγκεκριμένη προκαλεί, τις μονάδες μηχανημάτων που αυτά εμπλέκουν, τις πράξεις (σχεδίασης, κατασκευής ή προμήθειας) με τις οποίες αυτά σχετίζονται και τέλος τους δράστες των πράξεων αυτών. Η ερώτηση αυτή δίνει την δυνατότητα παρουσίασης υπευθυνοτήτων για σφάλματα.

6.4 Διαλογικά δελτία ενημέρωσης

Το ΔΕΔ αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει την διαλογική ενημέρωση της βάσης γνώσης από τον χρήστη ο οποίος δεν απαιτείται να έχει γνώση τής γλώσσας παράστασης δεδομένων που χρησιμοποιείται. Η ενημέρωση της βάσης γνώσης γίνεται με την χρήση καρτών που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να ενημερώνει διαλογικά τις επιλέξιμες οντότητες. Οι προδιαγραφές που καθορίζουν την λειτουργικότητα του εργαλείου προέρχονται από το μοντέλο των διεργασιών το οποίο αναπτύχθηκε στην ομάδα Πληροφοριακών Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού του ΙΠ-ΙΤΕ με σκοπό την περιγραφή της διεργασίας διαλογικής ενημέρωσης βάσεων γνώσεων. Στο μοντέλο των διεργασιών ακολυθείται η διεργασιοκεντρική (task-oriented) προσέγγιση που έχει σαν κέντρο ενημέρωσης της την διεργασία. Η διεργασία καθορίζει τις οντότητες που λαμβάνουν μέρος σε αυτήν και τις λειτουργίες από τις οποίες αυτή συνίσταται. Στο σχήμα 6.4 βρίσκεται το μοντέλο των διεργασιών και παραδείγματα χρήσης του που έχουν υλοποιηθεί στο ΜΔΣ. Το μοντέλο των διεργασιών έχει υλοποιηθεί στην γλώσσα παράστασης γνώσης SIS-Telos [3].

Οι στοιχειώδεις λειτουργίες ενημέρωσης που προσφέρει το ΣΣΕ είναι εκείνες της εισαγωγής, διαγραφής, ταξινόμησης και μετονομασίας οντότητας στην βάση γνώσης, της αλλαγής στην ιεραρχία γενίκευσης/ειδίκευσης και της αλλαγής γνωρισμάτων οντότητας. Η λειτουργίες ενημέρωσης της βάσης γνώσης βρίσκονται κάτω από την επιλογή *Entry Forms* της επιλογής *Admin*. Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται η αρχική κάρτα με τίτλο *Entry Form* στην οποία υπάρχει η επιλογή *TaskList*. Επιλέγοντας *TaskList* εμφανίζεται ένας κατάλογος με όλες τις λειτουργίες ενημέρωσης που επιτρέπονται στο ΜΔΣ. Οι λειτουργίες αυτές διαχειρίζονται πληροφορία για σφάλματα και είναι οι *Fault Term Description* που επιτρέπει την διαχείριση πληροφορίας συστηματικών σφαλμάτων, *SymptomTermDescription* που επιτρέπει την διαχείριση πληροφορίας συμπτωμάτων, *CauseTermDescription* που επιτρέπει την διαχείριση πληροφορίας αιτιών, *Phenomenon Term Description* που επιτρέπει την διαχείριση πληροφορίας φαινομένων και τέλος η *Condition Term Description* που επιτρέπει την διαχείριση πληροφορίας συνθηκών. Οι λειτουργίες από τις οποίες συνίστανται οι δύο πρώτες διεργασίες είναι οι:



Σχήμα 6.4: Το μοντέλο των διεργασιών και παραδείγματα χρήσης τους στο ΣΥΔΔ

- *Create New Node Term*: Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την εισαγωγή μίας νέας περιγραφής οντότητας στην βάση γνώσης.
- *Create New Isa Link*: Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την δημιουργία, την διαγραφή ή την αλλαγή ενός συνδέσμου γενίκευσης/ειδίκευσης που ξεκινά από μία οντότητα στην βάση γνώσης.
- *Create New Attribute Description*: Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την δημιουργία, διαγραφή και αλλαγή γνωρισμάτων μίας οντότητας.

Στις υπόλοιπες διεργασίες ενημέρωσης της βάσης γνώσης ορίζονται οι δύο πρώτες μόνο λειτουργίες δηλαδή εκείνη της δημιουργίας νέας οντότητας στην βάση γνώσης και εκείνη της αλλαγής των γνωρισμάτων μίας οντότητας.

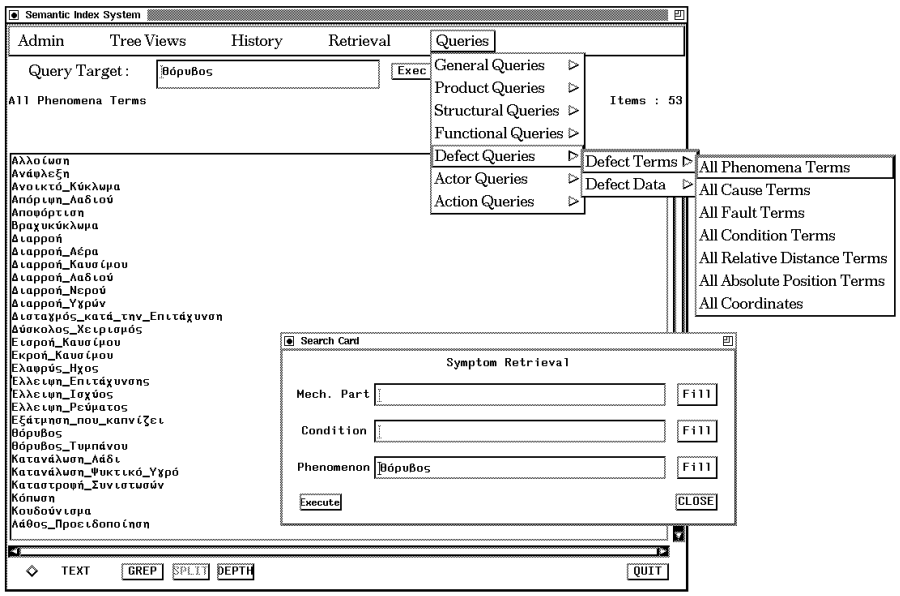
Οι διεργασίες που έχουν υλοποιηθεί στο ΜΔΣ επιτρέπουν την διαχείριση βασικής πληροφορίας που περιγράφεται στην βάση γνώσης. Με την χρήση του ΔΕΔ προσφέρεται και καθοδήγηση στον χρήστη για τις λειτουργίες που πρέπει να εκτελέσει για την ενημέρωση της βάσης γνώσης.

6.5 Παράδειγμα χρήσης του συστήματος

Στην συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται σύντομα ένα σενάριο χρήσης του ΣΥΔΔ. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, τόσο στην εισαγωγή όσο και στο υποκεφάλαιο 3.1, οι αναφορές που χρησιμοποιούνται από τον μηχανικό-χρήστη του ΣΥΔΔ είναι ποιοτικές αναφορές της συμπεριφοράς του συγκεκριμένου συστήματος. Για να υποστηριχθεί μία διαγνωστική διαδικασία, έχει μοντελοποιηθεί ένας συγκεκριμένος τύπος σκαπτικού, ο ‘‘CANDIA_Mini‘M150”.
Ακολουθεί ένα σύντομο σενάριο χρήσης του ΣΥΔΔ όπως αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα κέντρο ελέγχου στο οποίο οδηγούνται μηχανήματα του παραπάνω τύπου για τακτικό και μη έλεγχο της λειτουργίας τους.

Μία αναφορά η οποία παρουσιάζεται σε ένα κέντρο ελέγχου από τον χρήστη ενός συγκεκριμένου σκαπτικού είναι η εξής:
‘‘*κατά την επιτάγχυνση, ακούγεται ένας περίεργος θόρυβος*”.
Ο μηχανικός από την επιλογή *Retrieval* επιλέγει την ερώτηση *Symptom Retrieval* για να ανακαλέσει από την βάση γνώσης τα συμπτώματα που έχουν περιγραφή όμοια με την παραπάνω. Με την εκτέλεση της ερώτησης αυτής εμφανίζεται μία *Search Card* τα πεδία της οποίας είναι τα:

- *Phenomenon* στο οποίο συμπληρώνεται το φαινόμενο που παρατηρείται,



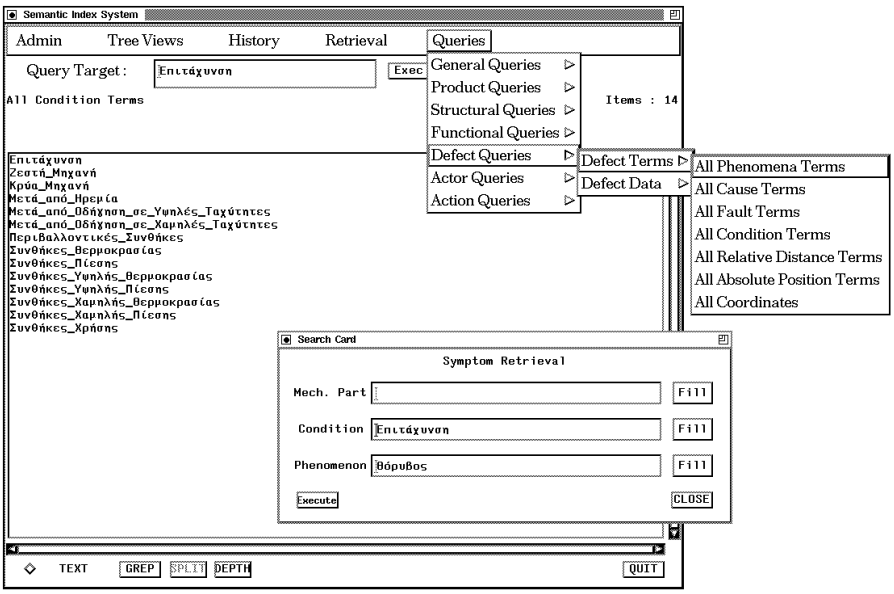
Σχήμα 6.5: Λεξιλόγιο Φαινομένων και χρήση του στην *Search Card*

- *Condition* στο οποίο συμπληρώνεται η συνθήκη υπό την οποία το φαινόμενο παρατηρείται

- και τέλος *Mech. Part* στο οποίο συμπληρώνεται η μονάδα μηχανήματος στην οποία παρατηρείται η συγκεκριμένη συμπεριφορά.

Ο μηχανικός του συστήματος έχει την δυνατότητα πρόσβασης στο λεξιλόγιο όρων που υπάρχει στην βάση γνώσης μέσω προκαθορισμένων ερωτήσεων οι οποίες έχουν περιγραφεί στην ενότητα 6.2.
Από την επιλογή *Queries* και την κατηγορία ερωτήσεων *Defect Queries* και την υποκατηγορία *Defect Terms* επιλέγει την ερώτηση *All Phenomena Terms.*
Το αποτέλεσμα της ερώτησης αυτής είναι μία λίστα από όρους φαινομένων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση νέων περιγραφών στο σύστημα. Από το σύνολο των όρων, ο χρήστης επιλέγει τον όρο ‘‘Θόρυβος” για να περιγράψει το φαινόμενο που παρατηρείται και τον τοποθετεί στο αντίστοιχο πεδίο της κάρτας ανάκλησης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.5.

Από την επιλογή *Queries* και την κατηγορία ερωτήσεων *Defect Queries* και την υποκατηγορία *Defect Terms* επιλέγει την ερώτηση *All Condition Terms.*
Το αποτέλεσμα της ερώτησης αυτής είναι μία λίστα από όρους συνθηκών οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση νέων περιγραφών στο σύστημα. Από το σύνολο

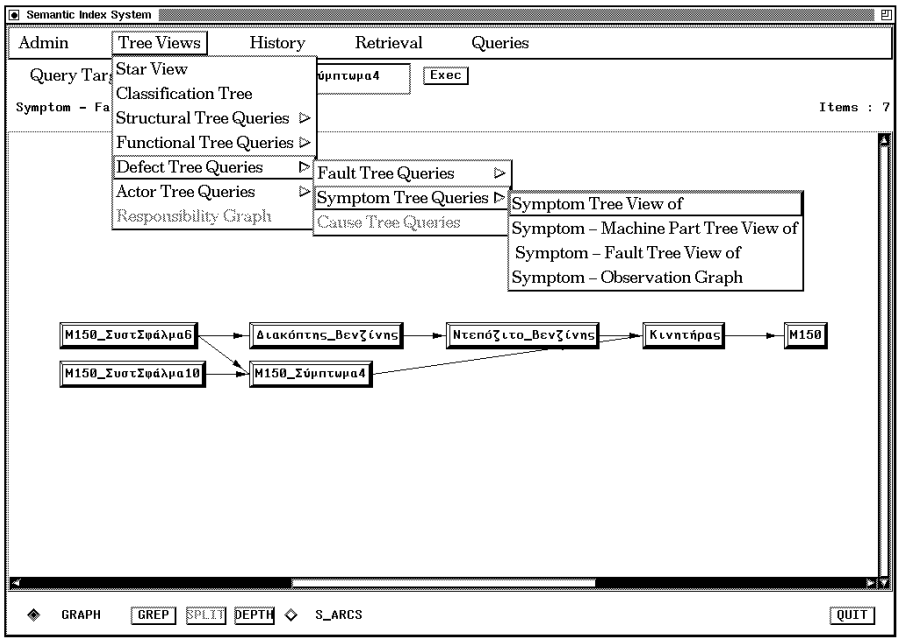


Σχήμα 6.6: Λεξιλόγιο Συνθηκών και χρήση του στην *Search Card*

όρων ο μηχανικός-χρήστης επιλέγει τον όρο ‘‘Επιτάχυνση” για να περιγράψει την συνθήκη υπό την οποία παρατηρείται το συγκεκριμένο σύμπτωμα και την τοποθετεί στο αντίστοιχο πεδίο της κάρτας ανάκλησης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.6.

Το σύμπτωμα το οποίο έχει καταγραφεί στο σύστημα και το οποίο επιστρέφεται ως απάντηση στην ερώτηση είναι το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα4».
Από την επιλογή *Tree views* και από την κατηγορία ερωτήσεων *Defect Tree Queries* και από την υποκατηγορία *Symptom Tree Queries*, ο χρήστης επιλέγει την ερώτηση *Symptom Fault - Tree View of.* Η ερώτηση αυτή επιστρέφει έναν γράφο στον οποίο παρουσιάζονται το ή τα σφάλματα τα οποία εκδηλώνονται με το συγκεκριμένο σύμπτωμα, οι δομικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των συνιστωσών μηχανημάτων που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο σύμπτωμα και στα σφάλματα τα οποία εκδηλώνονται με αυτό.
Στο σχήμα 6.7 παρουσιάζεται ο γράφος για το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα4».

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.7, το σύμπτωμα «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα4» εμπλέκει την μονάδα μηχανήματος «CANDIA_Mini`M150`Κινητήρας».
Τα συστηματικά σφάλματα «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα6» και «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα10» εκδηλώνονται με το συγκεκριμένο σύμπτωμα.
Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα, το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα6» εμπλέκει την συνιστώσα μηχανήματος «CANDIA_Mini`M150`Διακόπτης_Βενζίνης».

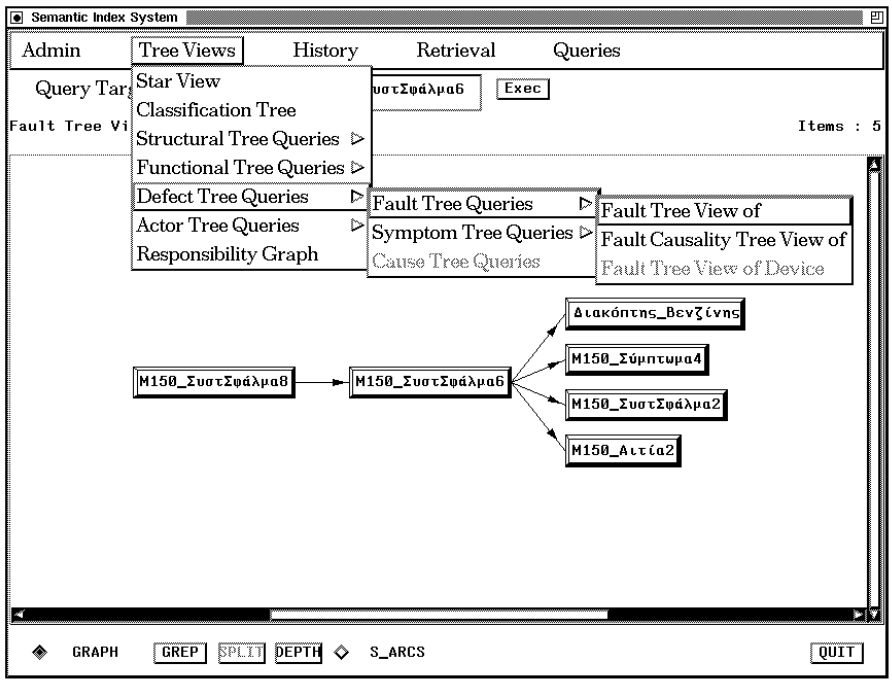


Σχήμα 6.7: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Symptom - Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα4»

Στον γράφο του σχήματος 6.7 παρουσιάζονται οι δομικές συσχετίσεις μεταξύ των συνιστωσών που εμπλέκονται στο σφάλμα και στο σύμπτωμα.
Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα, ο «CANDIA_Mini`M150`Διακόπτης_Βενζίνης» είναι τμήμα του «CANDIA_Mini`M150`Ντεπόζιτο_Βενζίνης» το οποίο βρίσκεται στον «CANDIA_Mini`M150`Κινητήρας».

Ο μηχανικός-χρήστης του ΣΥΔΔ, επιλέγει το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα6» και το τοποθετεί στο πεδίο ερώτησης του Γραφικού περιβάλλοντος του ΣΣΕ.
Από την επιλογή *Tree Views* και από την κατηγορία ερωτήσεων *Defect Tree Queries* και από την υποκατηγορία *Fault Tree Queries*, επιλέγει την ερώτηση *Fault Tree View of*.
Η ερώτηση αυτή επιστρέφει έναν γράφο με όλα τα σφάλματα τα οποία το συγκεκριμένο σφάλμα προκαλεί, τα σφάλματα από τα οποία προκαλείται, την μονάδα μηχανήματος που εμπλέκει, την αιτία που είναι υπεύθυνο για αυτό και τέλος το σύμπτωμα με το οποίο αυτό εκδηλώνεται.
Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.8 το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα6» προκαλεί το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα8» και προκαλείται από το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2» και η αιτία η οποία το προκαλεί είναι η «CANDIA_Mini`M150_Αιτία2».

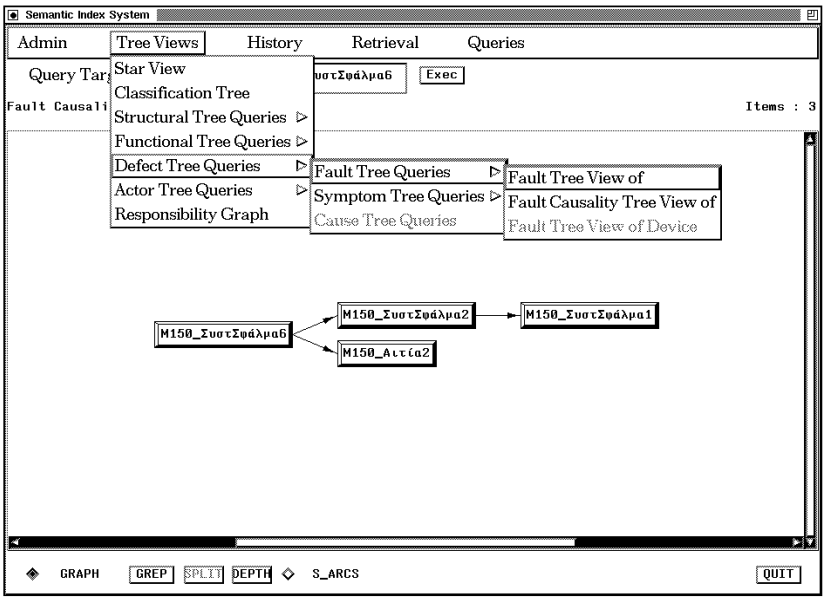
Ο μηχανικός-χρήστης του ΣΥΔΔ, επιλέγει από την επιλογή *Tree Views* και από την κατηγορία *Defect Tree Queries* και την υποκατηγορία της *Fault Tree Queries* την ερώτηση



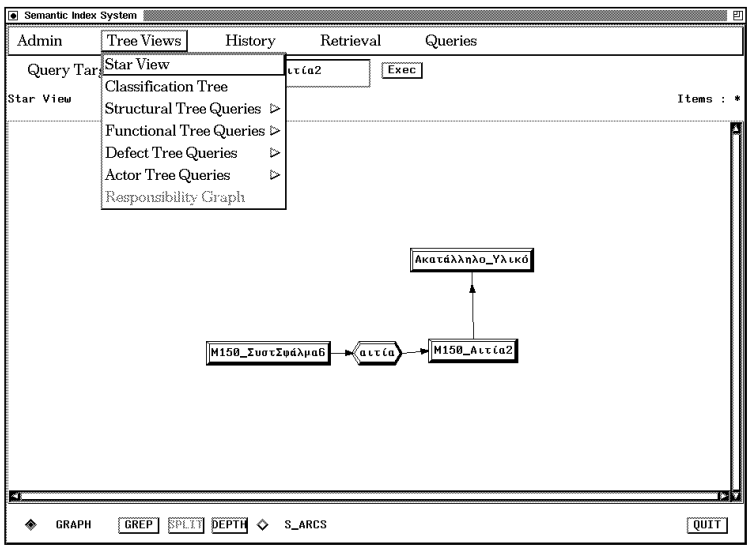
Σχήμα 6.8: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα6»

Fault Causality View of η οποία δίνει ως αποτέλεσμα έναν γράφο στον οποίο εμφανίζονται όλα τα σφάλματα από τα οποία προκαλείται το συγκεκριμένο καθώς και οι αιτίες οι οποίες τα προκαλούν.

Όπως φαίνεται από το σχήμα 6.9 το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα6» προκαλείται από τα «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα2» και «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» και η αιτία υπεύθυνη για αυτά είναι η «CANDIA_Mini`M150_Αιτία2». Τοποθετώντας την «CANDIA_Mini`M150_Αιτία2» στο *QueryTarget* και επιλέγοντας από την επιλογή *Tree Views* την ερώτηση *Star View* παρουσιάζονται πληροφορίες για την αιτία. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.10 η αιτία είναι τύπου ακατάλληλο υλικό.



Σχήμα 6.9: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Causality View of* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα6»



Σχήμα 6.10: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Star View* για το «CANDIA_Mini`M150_Αιτία2»

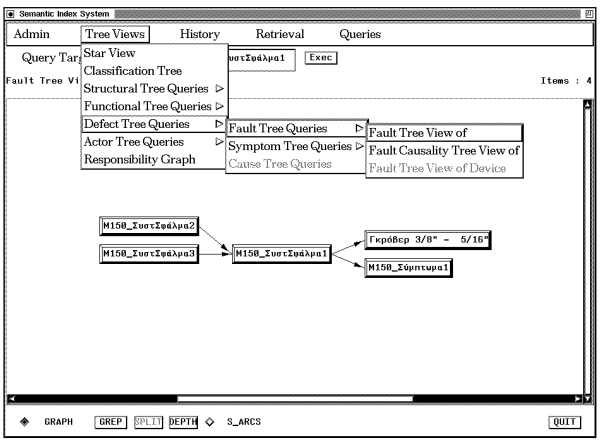
Ο μηχανικός εξετάζοντας τον «CANDIA_Mini`M150`Διακόπτη_Βενζίνης», παρατηρεί ότι το υλικό από το οποίο αυτός έχει κατασκευαστεί είναι το κατάλληλο. Επιλέγοντας και τοποθετώντας το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» στο *QueryTarget* και επιλέγοντας ξανά από την κατηγορία ερωτήσεων *Tree Views* και την κατηγορία *Defect Tree Queries* την ερώτηση *Fault Tree View Of* στον γράφο που προκύπτει, παρουσιάζεται το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται το συγκεκριμένο σφάλμα και η μονάδα μηχανήματος που εμπλέκει.
Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.11, το σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται το σφάλμα είναι το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1» και η μονάδα μηχανήματος την οποία εμπλέκει είναι η «CANDIA_Mini`M150`Βάση_Δοχείου_Βενζίνης».

Ο μηχανικός-χρήστης του ΣΥΔΔ ανοίγοντας τις κάρτες αντικειμένου, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.12, για το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Φαινόμενο1» και για το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Συνθήκη1» παρατηρεί ότι σε περίπτωση εμφάνισης του «CANDIA_Mini`M150_ΣύστΣφάλμα1» παρατηρείται η εξής συμπεριφορά *''θόρυβος από την μηχανή μετά από οδήγηση σε χαμηλές ταχύτητες''*. Μετά από επιπλέον ερωτήσεις στον παρατηρητή ο οποίος και ανέφερε την μη φυσιολογική συμπεριφορά του συστήματος, προκύπτει ότι το μηχάνημα εκδηλώνει και την συμπεριφορά που περιγράφεται από το «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1».

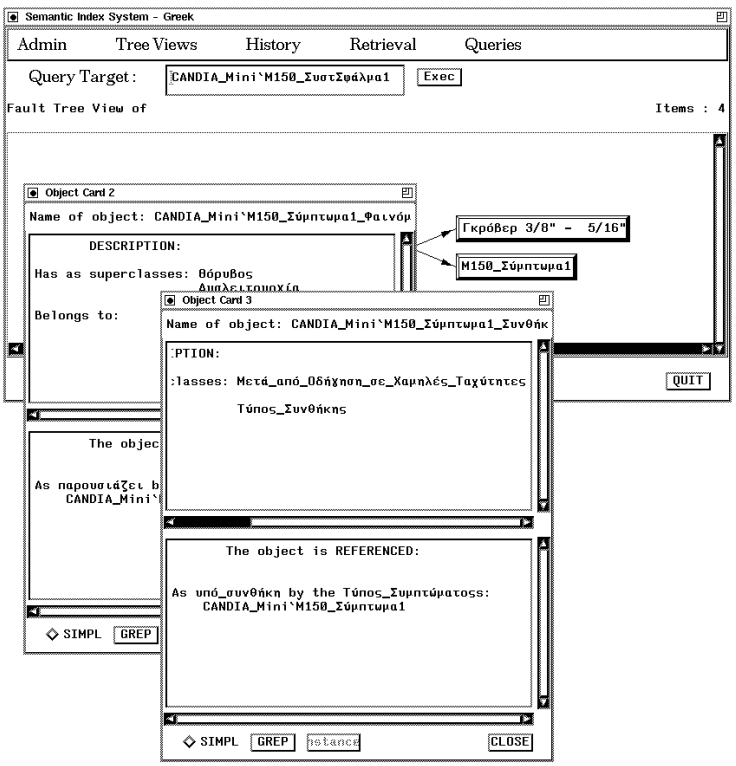
Ο μηχανικός-χρήστης ελέγχει την μονάδα μηχανήματος η οποία εμπλέκεται στο «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» και παρατηρεί ότι έχει χαλαρώσει.
Από την επιλογή *Queries* και από την επιλογή *Structural Queries* την ερώτηση *Presentations Of* παρουσιάζεται μία λίστα από όμοιου τύπου μονάδες μηχανήματος δηλαδή τύπου ''Γκρόβερ 3/8" - 5/16"" οι οποίες χρησιμοποιούνται μέσα στο μηχάνημα (σχήμα 6.13). Ο μηχανικός-χρήστης του ΣΥΔΔ, χρησιμοποιώντας την λίστα αυτή παράλληλα με τις γραφικές ερωτήσεις από την επιλογή *Tree Views* και την κατηγορία ερωτήσεων *Structural Tree Queries* μπορεί να εντοπίσει την συγκεκριμένη θέση των μονάδων αυτών μέσα στο μηχανήμα. Η πληροφορία αυτή δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να ελέγχει την κατάσταση και των υπόλοιπων όμοιων μονάδων μέσα στο μηχάνημα.

Ο μηχανικός-χρήστης επιλέγοντας ξανά την οντότητα «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1» και από την επιλογή *Tree Views* την ερώτηση *Responsibility Graph* παίρνει έναν γράφο (σχήμα 6.14 στον οποίο παρουσιάζονται οι σχέσεις υπαιτιότητας οι οποίες έχουν καταγραφεί για τους εμπλεκόμενους δράστες στο σύστημα.

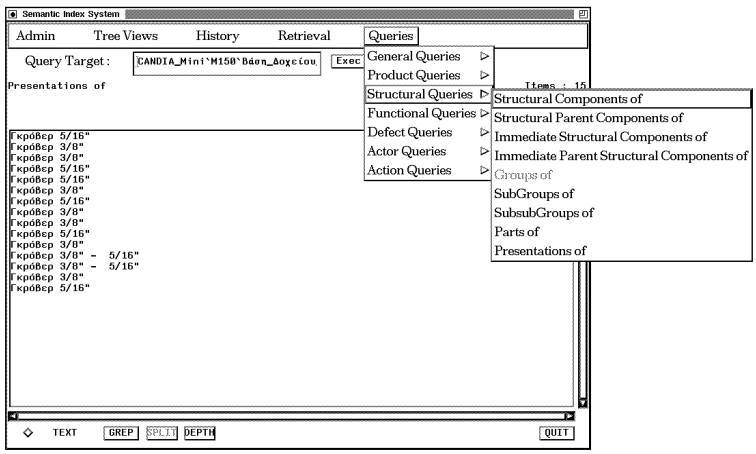
Στο παραπάνω σενάριο που παρουσιάστηκε χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες από τις ερωτήσεις οι οποίες έχουν υλοποιηθεί στο ΣΥΔΔ. Βασικός σκοπός ήταν η παρουσίαση των βασικών βημάτων μετάβασης από τα διαφορετικά είδη πληροφορίας που έχουν καταγραφεί στο ΣΥΔΔ όπως αυτά σύντομα παρουσιάστηκαν στην εισαγωγή.



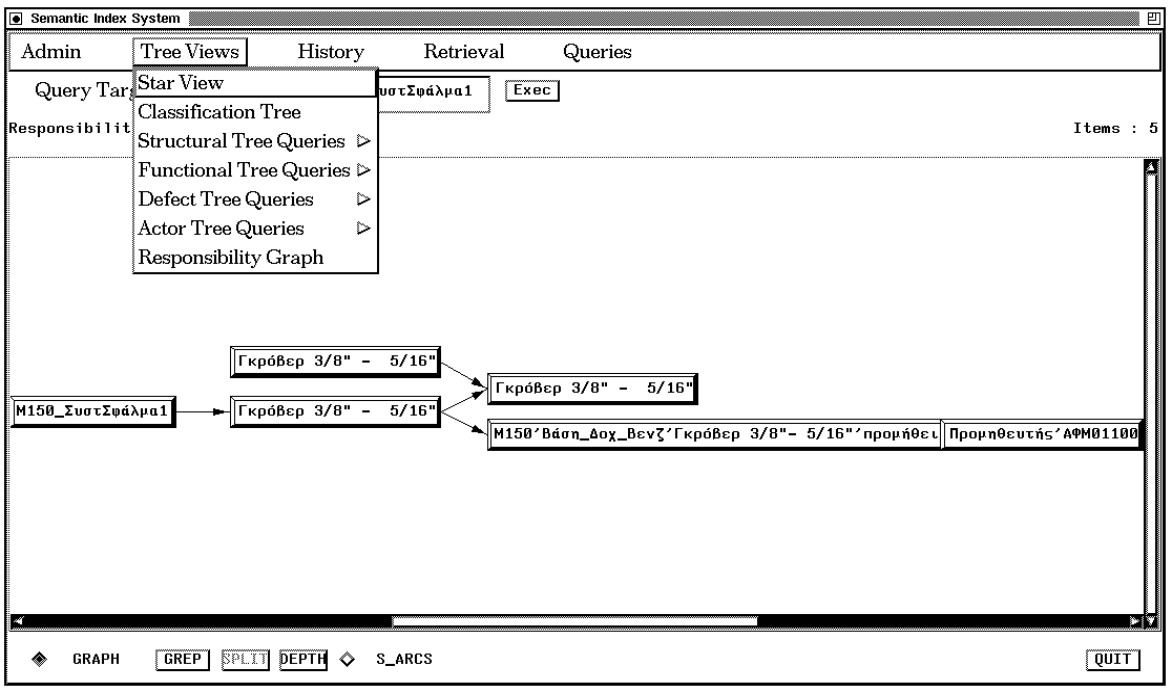
Σχήμα 6.11: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Fault Tree View Of* για το «CANDIA_Mini`M150_ΣυστΣφάλμα1»



Σχήμα
6.12: Κάρτες αντικειμένου για τα «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Φαινόμενο1» και «CANDIA_Mini`M150_Σύμπτωμα1_Συνθήκη1»



Σχήμα 6.13: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Presentations Of* για το «CANDIA_Mini`M150`-Βάση_Δοχείου_Βενζίνης`Γκρόβερ 3/8" - 5/16"»



Σχήμα 6.14: Αποτέλεσμα της ερώτησης *Responsibility Graph* για το «CANDIA_Mini`-M150_ΣυστΣφάλμα1»

Κεφάλαιο 7

Επίλογος

7.1 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε το Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διεργασιών (ΣΥΔΔ), σε τεχνικές εφαρμογές. Το ΣΥΔΔ είναι οργανωμένο ως βάση γνώσεων σύμφωνα με το οντοκεντρικό μοντέλο, έτσι ώστε να είναι δυνατή η σημασιολογική συσχέτιση της πληροφορίας για να διευκολύνεται η επεξεργασία της από τον χρήστη του συστήματος.

Η παράσταση της γνώσης γίνεται με τη γλώσσα παράστασης γνώσης SIS-Telos [29]. Στο ΣΥΔΔ, παριστάνονται έννοιες του σφάλματος, της αιτίας, του συμπτώματος, της συνθήκης, του φαινομένου και της λύσης και οι μεταξύ τους σχέσεις. Έχουν επίσης παρασταθείκαι έννοιες του προϊόντος, του μηχανήματος, της λειτουργικής και δομικής συνιστώσας μηχανήματος όπως και έννοιες για την παράσταση της ανάλυσης ενός μηχανήματος. Τέλος έχουν παρασταθεί έννοιες για την παράσταση των δραστών και δράσεων που λαμβάνουν χώρα σε ένα συγκεκριμένο οργανισμό καθώς και οι μεταξύ τους σχέσεις. Η παράσταση της παραπάνω πληροφορίας γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η αναχρησιμοποίηση τμημάτων αυτής σε διαφορετικές εφαρμογές. Οι έννοιες του σφάλματος και των άλλων σχετικών με αυτήν, χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των σφαλμάτων και πιο συγκεκριμένα των συστηματικών σφαλμάτων τα οποία παρουσιάζονται κατά την λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος. Τα συστηματικά σφάλματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διαγνωστική διαδικασία. Κατά την προσπάθεια παράστασης γνώσης των συστηματικών σφαλμάτων, προέκυψαν κάποια προβλήματα παράστασης των εννοιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, και των μεταξύ τους σχέσεων. Τα προβλήματα αυτά επιλύθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν τους σκοπούς της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Η ύπαρξη ενός λεξιλογίου όρων, το οποίο συντηρείται από ειδικούς στο συγκεκριμένο

πεδίο εφαρμογής, κάνει δυνατή την ταξινόμηση νέων περιγραφών σφαλμάτων στο σύστημα με συνεπή τρόπο και διευκολύνει την ανάκληση της υπάρχουσας πληροφορίας. Η καταγραφή των περιπτώσεων σφαλμάτων με ένα λεξικό όρων το οποίο επιτρέπει την συνεπή παράσταση γνώσης, ελαχιστοποιεί τα προβλήματα εύρεσης του κατάλληλου όρου, την ασυνέπεια στην ταξινόμηση όμοιων περιγραφών και την ασάφεια στην κατάλληλη περιγραφή.

Στο ΣΥΔΔ αναπτύχθηκε ένα σύνολο ερωτήσεων για την υποστήριξη της διαγνωστικής διαδικασίας. Οι ερωτήσεις αυτές επιτρέπουν στον χρήστη του συστήματος να έχει μερική ή ολική άποψη της πληροφορίας με παρουσίαση είτε σε μορφή γράφου, είτε σε μορφή κειμένου. Κατά την διαδικασία της διάγνωσης ο χρήστης έχει την δυνατότητα, χρησιμοποιώντας την εμπειρία και προσωπική του γνώση παράλληλα με την ήδη καταγεγραμμένη γνώση σε αυτό, να καταλήγει σε διάγνωση. Η διαδικασία λοιπόν της διάγνωσης είναι διαφανής, αντίθετα με τα έμπειρα συστήματα διάγνωσης στα οποία είναι αδιαφανής για τον χρήστη του συστήματος. Οι γραφικές ερωτήσεις επιτρέπουν την πλοήγηση στο σημασιολογικό δίκτυο και την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών που περιγράφονται στην βάση γνώσης. Η ανάπτυξη της βάσης γνώσης με πρότυπο το οντοκεντρικό μοντέλο, επιτρέπει την ανάκληση των περιπτώσεων σφαλμάτων, συμπτωμάτων και αιτιών όπως αυτά έχουν καταγραφεί στην βάση γνώσης.

Τα συστήματα διάγνωσης, όπως παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2 ακολουθούν μία διαφορετική προσέγγιση για τον υπολογισμό μίας διάγνωσης. Χρησιμοποιώντας την γνώση που έχει παρασταθεί στο σύστημα, και με βάση τις αρχικές παρατηρήσεις οι οποίες είναι είτε ποιοτικές είτε ποσοτικές της συμπεριφοράς του υπό μελέτη συστήματος. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, το σύστημα υπολογίζει τις αιτίες υπεύθυνες για την εμφάνιση των συγκεκριμένων σφαλμάτων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο υπολογισμού που υποστηρίζεται από αυτό. Η διάγνωση σε αυτά τα συστήματα είναι αδιαφανής για τους χρήστες τους και η ενημέρωση της βάσης γνώσης η οποία είναι συνήθως με μορφή κανόνων, είναι μία πολύ δύσκολη διαδικασία. Αντίθετα, η προσθήκη νέων περιπτώσεων σφαλμάτων και συμπτωμάτων στο ΣΥΔΔ είναι μία εύκολη διαδικασία η οποία δεν συνεπάγεται τον έλεγχο της συνέπειας και ορθότητας των περιεχομένων της βάσης γνώσης (όπως γίνεται στα έμπειρα συστήματα διάγνωσης).

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διαδικασιών σε τεχνικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διάγνωση σφαλμάτων σε κέντρα ελέγχου στα οποία οδηγούνται τα μηχανήματα για τακτικούς και μη ελέγχους της λειτουργίας τους.

Για να υποστηριχθεί η διαδικασία της διάγνωσης στο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, στην βάση γνώσης του ΣΥΔΔ, εκτός από τις βασικές έννοιες παράστασης σφαλμάτων, καταγράφονται και έννοιες για την παράσταση των δομικών και λειτουργικών συνιστωσών μηχανημάτων γενικότερα και πιο συγκεκριμένα για την ανάλυση ενός ειδικού τύπου μηχανήματος.
Μία ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι εκείνη στην οποία το ΣΥΔΔ χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργίας μίας πρωτότυπης υλοποίησης από το αρχικό σχέδιο. Η διάγνωση σφαλμάτων στην συγκεκριμένη περίπτωση και η λήψη κάποιων διορθωτικών πράξεων για τα σφάλματα αυτά, συνεπάγεται στην δημιουργία μίας **έκδοσης**, *(version)* ή **αναθεώρησης**, *(revision)* του αρχικού σχεδίου. Η δημιουργία ενός μηχανισμού ο οποίος υποστηρίζει εκδόσεις ή αναθεωρήσεις ενός σχεδίου, επιτρέπει την παράσταση πληροφορίας για το συγκεκριμένο μηχάνημα η οποία αφορά την εξέλιξή του. Η παράσταση των *''γιατί''* στις αποφάσεις οι οποίες συνοδεύουν την δημιουργία εκδόσεων από ένα συγκεκριμένο μηχάνημα μπορούν να καταγραφούν στην βάση γνώσης ώστε να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις στις οποίες γίνεται απόδοση υπευθυνοτήτων στον συγκεκριμένο οργανισμό, ή σε περιπτώσεις εντοπισμού σφαλμάτων σε εκδόσεις ή αναθεωρήσεις του αρχικού σχεδίου.

Μία επιπλέον επέκταση η οποία θα μπορούσε να γίνει είναι η σύνδεση του ΣΥΔΔ με ένα σύστημα CAD, επιτρέποντας στον χρήστη να έχει μία 3-διάστατη άποψη του σχεδίου του συστήματος. Στην βάση γνώσης του ΣΥΔΔ, καταγράφονται πληροφορίες για το μηχάνημα, όπως οι δομικές και λειτουργικές συνιστώσες του, το υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί. Η σύνδεση με ένα σύστημα CAD, θα επέτρεπε την 3-διάσταση άποψη στην συγκεκριμένη δομή από την οποία θα μπορούσε να επιλεγεί μία συγκεκριμένη συνιστώσα, και να ανακληθεί πληροφορία για αυτήν από την βάση γνώσης του ΣΥΔΔ.

Εκτός από την πληροφορία για μηχανήματα και την δομή τους η οποία παριστάνεται στην βάση γνώσης, πρέπει επίσης να παρασταθεί και επιπλέον πληροφορία για τις συνιστώσες μηχανήματος όπως η ακριβής θέση τους στο μηχάνημα (χ,ψ, και ζ καρτεσιανές συντεταγμένες), ώστε η παράσταση της γνώσης για την δομή του μηχανήματος να είναι όσο το δυνατόν πληρέστερη. Η παράσταση της πληροφορίας αυτής αλλά και της πληροφορίας για προϊόντα μπορεί να γίνει με τις έννοιες που εισάγονται στο **STEP ISO 10303**.
Το **STEP ISO 10303** είναι ένα έγγραφο που προτείνει την τυποποίηση της πληροφορίας η οποία σχετίζεται με την έννοια του προϊόντος αλλά και με τις μεθόδους για την ανταλλαγή της πληροφορίας αυτής. Η ανταλλαγή πληροφοριών σχετιζόμενων με την έννοια του προϊόντος μπορεί να γίνει μεταξύ διαφορετικών περιβαλλόντων (είτε αυτά είναι περιβάλλοντα υπολογιστικά, είτε περιβάλλοντα εργασίας). Η πληροφορία που

παριστάνεται με την βοήθεια του **STEP ISO 10303**, αφορά τον **κύκλο ζωής**, *(life cycle)* ενός προϊόντος και περιλαμβάνει όλες τις φάσεις ανάπτυξης του, από την γέννεσή του μέχρι τον θάνατό του. Το **STEP ISO 10303** υποστηρίζει την παράσταση του παρακάτω είδους πληροφορίας:

- σύνθετα αντικείμενα και επιμέρους τμήματά τους,
- παρουσίαση μεθόδων, για ανταλλαγή πληροφορίας σχετική με προϊόντα. Η ανταλλαγή πληροφορίας για προϊόντα αναφέρεται σε ζητήματα αποθήκευσής τους, μεταφοράς, πρόσβασης και συλλογής τους.

Οι ορισμοί που παρουσιάζονται από το **STEP ISO 10303**, επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός λεξιλογίου το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανταλλαγή πληροφοριών και στην διαχείριση γνώσης μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών που αναπτύσσονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Οι έννοιες που έχουν περιγραφεί και το λεξιλόγιο που αναπτύσσεται, μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες οποιασδήποτε εφαρμογής ανεξάρτητα τύπου προϊόντος.

Στο υποκεφάλαιο 4.7, έχουν περιγραφεί οι βασικές κλάσεις και μετακλάσεις που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή σφαλμάτων. Με την προσέγγιση που ακολουθείται, δεν επιτρέπεται η καταγραφή ποσοτικών αναφορών συμπτωμάτων, συνθηκών, και φαινομένων. Για παράδειγμα, με την καταγραφή του ύψους της ταχύτητας ή της ακριβής έντασης του θορύβου, δίνεται η δυνατότητα χρήσης του συστήματος και στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι αναφορές είναι καθαρά ποσοτικές και προέρχονται από συστήματα ελέγχου της λειτουργίας του υπό μελέτη συστήματος.
Οι κλάσεις και μετακλάσεις αυτές δεν περιορίζονται από το πεδίο εφαρμογής στο οποίο γίνεται η διάγνωση. Αντίθετα, μπορούν να εξειδικευτούν και να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή των σφαλμάτων τα οποία συναντιώνται σε συστήματα λογισμικού. Η ιδέα πίσω από τα σφάλματα τα οποία συναντιώνται σε τέτοια συστήματα είναι η εξής: μία μη φυσιολογική συμπεριφορά του συστήματος (λάθος αποτελέσματα, πρόβλημα μνήμης κτλ) είναι η ένδειξη ότι υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα στον κώδικα. Το πρόβλημα στον κώδικα εντοπίζεται, επιδιορθώνεται και το σύστημα αρχίζει από την αρχή την λειτουργία του. Οι βασικές έννοιες του συμπτώματος, του σφάλματος, της αιτίας και της λύσης εντοπίζονται και σε αυτή την περίπτωση. Η εξειδίκευση των εννοιών που έχουν διατυπωθεί στο ΣΥΔΔ επιτρέπει την καταγραφή και αυτού του είδους σφαλμάτων.

Το ΣΥΔΔ, υποστηρίζει διαδικασίες απόδοσης υπευθυνοτήτων στους δράστες του συστήματος οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για διαδικασίες σχεδιασμού και κατασκευής στις οποίες μπορούν να εντοπιστούν αιτίες υπεύθυνες για σφάλματα τα οποία συναντιούνται

στο σύστημα κατά την λειτουργία του. Δεδομένου ότι η πληροφορία αυτή είναι διοικητική, στο ΣΥΔΔ μπορεί να ενσωματωθεί ένας μηχανισμός εξουσιοδότησης ο οποίος να επιτρέπει σε συγκεκριμένα άτομα να έχουν συγκεκριμένες απόψεις της πληροφορίας που καταγράφεται στην βάση γνώσης.

Τέλος, το ΣΥΔΔ μπορεί να συνδεθεί με ένα **σύστημα παραγωγής εγγράφων**, *(report writer)*, επιτρέποντας έτσι την αυτόματη παραγωγή αναφορών από τα σφάλματα που υπάρχουν στην βάση γνώσης, δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη να έχει και άποψη των σφαλμάτων σε μορφή κειμένου.

Παράρτημα Α

Ο κορμός του ΜΔΣ

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται οι κλάσεις και μετακλάσεις που ορίζονται στο ΜΔΣ και τα γνωρίσματα που ορίζονται σε κάθε μία από αυτές.

Α.1 Βασικές κλάσεις και μετακλάσεις του ΜΔΣ

Occurence : Μετακλάση που συγκεκντρώνει τις έννοιες υπόστασης. *Γνώρισμα* της είναι :

- *history* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία υπόσταση έχει ιστορία. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Occurence**.

Matter : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλες τις έννοιες ύλης.

EventType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους γεγονότων. Είναι υποκλάση της **Occurence**.

Event : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα διαφορετικά γεγονότα.

Existence : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλες τις έννοιες ύπαρξης, υποκλάση της **Occurence**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *membership* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία ύπαρξη μπορεί να ανήκει σε μία άλλη ύπαρξη, υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Existence**.
- *creation* : Περιγράφει το γεγονός της δημιουργίας μίας ύπαρξης, υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **EventType**.
- *destruction* : Περιγράφει το γεγονός της καταστροφής μίας ύπαρξης, υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *history*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **EventType**.

PhysicalObjectType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορερικούς τύπους φυσικών αντικειμένων, υποκλάση των **Existence** και **Matter**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *parts* : Περιγράφει το γεγονός ότι ένα φυσικό αντικείμενο αποτελείται από ένα άλλο φυσικό αντικείμενο. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **PhysicalObjectType**.

PhysicalObject : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα φυσικά αντικείμενα.

ArtificialObject : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα τεχνητά αντικείμενα, υποκλάση της **PhysicalObject** και περίπτωση της **PhysicalObjectType**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *created* : Περιγράφει την πράξη δημιουργίας ενός τεχνητού αντικειμένου, περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Creation**.
- *destructed* : Περιγράφει την πράξη καταστροφής ενός τεχνητού αντικειμένου, περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *destructed*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Destruction**.

Οι μετακατηγορίες γνωρισμάτων που ορίζονται στο ΜΔΣ είναι οι παρακάτω[1]:

- *default* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η τιμή γνωρίσματος μίας συγκεκριμένης κλάσης πρέπει να κληρονομηθεί σε όλες τις περιπτώσεις της. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.
- *exclusive* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* είναι αποκλειστική. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.
- *shared* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* δεν είναι αποκλειστική. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.
- *dependent* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* είναι σχέση τύπου εξάρτησης. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.
- *independent* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* είναι δεν είναι σχέση τύπου εξάρτησης. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.

[1]Οι περιγραφές και ορισμοί των παρακάτω ματεκατηγοριών γνωρισμάτων βρίσκονται στο 4.2

- *optional* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* είναι προεραιτική. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.

- *essential* : Μετακατηγορία γνωρίσματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία σχέση *μέρος-πρός-όλο* είναι υποχρεωτική. Ορίζεται στην κλάση συστήματος **Individual** και παίρνει τιμές στην ίδια.

Α.2 Μοντέλο Ενεργειών

ActionType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους ενεργειών, υποκλάση της **EventType**.

Action : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις διαφορετικές ενέργειες. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *subject* : Περιγράφει τον δράστη μίας συγκεκριμένης ενέργειας. Παίρνει τιμές στην κλάση **Actor**.

- *time* : Περιγράφει τον χρόνο πραγματοποίησης μίας συγκεκριμένης ενέργειας. Παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Time**.

- *duration* : Περιγράφει τον χρόνο διάρκειας μίας συγκεκριμένης ενέργειας. Παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Real**.

Creation : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες δημιουργίας ενός τεχνητού αντικειμένου, υποκλάση της **Action** και περίπτωση της **ActionType**.

Destruction : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες καταστροφής ενός τεχνητού αντικειμένου, υποκλάση της **Action** και περίπτωση της **ActionType**.

Design : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες σχεδίασης ενός αντικειμένου, υποκλάση της **Creation** και περίπτωση της **ActionType**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *subjectofdesign* : Περιγράφει τον δράστη μίας πράξης σχεδίασης, υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *subject*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Τμήμα_Σχεδίασης**.

Production : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες παραγωγής. Υποκλάση της **Creation**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *subjectofproduction* : Περιγράφει τον δράστη μίας πράξης παραγωγής ενός αντικειμένου, υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *subject*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Τμήμα_Παραγωγής**.

Modification : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες αλλαγής σε ένα τεχνητό αντικείμενο. Υποκλάση της **Creation** και περίπτωση της **ActionType**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *from_state* : Περιγράφει το τεχνητό αντικείμενο πρίν από την πράξη αλλαγής. Παίρνει τιμές στην κλάση **Προϊόν**.
- *to_state* : Περιγράφει το τεχνητό αντικείμενο μετά την πράξη αλλαγής. Παίρνει τιμές στην κλάση **Προϊόν**.

ModificationofDesign : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες αλλαγής σχεδίασης. Υποκλάση των **Modification** και **Design**.

ModificationofProduction : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες αλλαγής παραγωγής. Υποκλάση των **Modification** και **Production**.

Withdraw : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες απόσυρσης ενός αντικειμένου. Υποκλάση της **Destruction** και περίπτωση της **ActionType**.

Προμήθεια : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ενέργειες προμήθειας ενός αντικειμένου. Υποκλάση της **Action** και περίπτωση της **ActionType**. *Γνώρισμά* της είναι το

- *subjectofsupply* : Περιγράφει τον δράστη της συγκεκριμένης πράξης. Παίρνει τιμές στην κλάση **Προμηθευτής**.

Α.3 Μοντέλο Δραστών

ActorType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους δραστών. Υποκλάση της **Existence**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *σχετίζεται_με* : Περιγράφει όλους τους διαφορετικούς τύπους συσχετίσεων μεταξύ διαφορετικών τύπων δραστών. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **ActorType**.
- *συνίσταται_από* : Περιγράφει το γεγονός ότι ένας δράστης μπορεί να συνίσταται από κάποιους άλλους. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **ActorType**.

Actor : Κλάση που συγκεντρώνει όλους τους δράστες.

AgentType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους πρακτόρων. Υποκλάση της **ActorType**.

Agent : Κλάση που συγκεντρώνει όλους τους πράκτορες. Υποκλάση της **Actor** και περίπτωση της **ActorType**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *memberIn* : Περιγράφει το γεγονός ότι ένας δράστης μπορεί να ανήκει σε μία μεγαλύτερη ομάδα πρακτόρων. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *membership*. Παίρνει τιμές στην κλάση **GroupMembership**.

- *καταλαμβάνει* : Περιγράφει το γεγονός ότι ένας πράκτορας καταλαμβάνει μία θέση. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Position**.

- *παίζει* : περιγράφει το γεγονός ότι ένας πράκτορας μπορεί να παίξει ένα συγκεκριμένο ρόλο. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Role**.

GroupMembership : Κλάση που δηλώνει το γεγονός της συμμετοχής ενός πράκτορα σε μία ομάδα πρακτόρων. Περίπτωση της **Existence**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *memberIn* : Περιγράφει το γεγονός της συμμετοχής πρακτόρων σε μία μεγαλύτερη ομάδα πρακτόρων. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *membership*.

GroupType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους ομάδων. Υποκλάση της **AgentType**.

Group : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις διαφορετικές ομάδες πρακτόρων. Υποκλάση της **Agent**.

PositionType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους θέσεων. Υποκλάση της **ActorType**.

Position : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις θέσεις σε ένα οργανισμό. Υποκλάση της **Actor** και περίπτωση της **ActorType**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *καλύπτει* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία θέση μπορεί να καλύπτει έναν ρόλο. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *σχετίζεται_με*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Role**.

- *θέση'συνίσταται_από* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία θέση συνίσταται από άλλες θέσεις. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *συνίσταται_από*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Position**.

RoleType : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους ρόλων. Υποκλάση της **ActorType**.

Role : Κλάση που συγκεντρώνει όλους τους ρόλους. Υποκλάση της **Actor** και περίπτωση της **ActorType**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *ρόλος'συνίσταται_από* : Περιγράφει το γεγονός ότι ένας ρόλος συνίσταται από άλλους ρόλους. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *συνίσταται_από*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Role**.

Πρόσωπο : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα πρόσωπα. Είναι υποκλάση της **Agent** και περίπτωση της **AgentType** και **PhysicalObjectType**.

Α.4 Μοντέλο Προϊόντων

Είδος_Προϊόντος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους προϊνόντων. Υποκλάση της **PhysicalObjectType**.

Προϊόν : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα διαφορετικά προϊόντα. Υποκλάση της **ArtificialObject**.

Κατεργάσιμο : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα κατεργάσιμα προϊόντα. Υποκλάση της **Προϊόν** και περίπτωση της **Είδος_Προϊόντος**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *designed* : Αναφέρεται στο γεγονός της σχεδίασης ενός κατεργάσιμου προϊόντος. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation* και υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *created*.

- *manufactured* : Αναφέρεται στο γεγονός της κατασκευής ενός κατεργάσιμου προϊόντος. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *creation* και υποκλάση της κατηγορίας γνωρισμάτων *created*.

Του_Εμπορίου : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα προϊόντα τα οποία προμηθεύονται στον συγκεκριμένο οργανισμό. Είναι υποκλάση της **Προϊόν** και περίπτωση της **Είδος_Προϊόντος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *purchased* : Αναφέρεται στο γεγονός της απόκτησης ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Προμήθεια**.

Αγνωστης_Προέλευσης : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα προϊόντα άγνωστης προέλευσης. Είναι υποκλάση της **Προϊόν** και περίπτωση της **Είδος_Προϊόντος**.

Α.5 Μοντέλο Μηχανημάτων

Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους τύπους μηχανικών μονάδων[2]. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *συνδέεται_δομικά_με* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μηχανική μονάδα συνδέεται δομικά με μία άλλη. Είναι περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *parts*. Παίρνει τιμές στην **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**.

- *συνδέεται_λειτουργικά_με* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μηχανική μονάδα συνδέεται μέσω μίας λειτουργικής σχέσης με μία άλλη. Παίρνει τιμές στην **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**.

- *χρησιμοποιεί* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μηχανική μονάδα χρησιμοποιεί μία λειτουργική μονάδα για την πραγματοποίηση μίας συγκεκριμένης λειτουργίας. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Λειτουργικής_Συνιστώσας_Μηχανήματος**.

Είδος_Μηχανήματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους μηχανημάτων. Υποκλάση της **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**.

Μηχάνημα : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα μηχανήματα. Υποκλάση της **Προϊόν** και περίπτωση της **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *ομάδα* : Αναφέρεται στο γεγονός ότι ένα μηχάνημα αποτελείται από ομάδες. Περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *exclusive*, *dependent* και *συνδέεται_δομικά_με*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Ομάδα**.

Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους συνιστωσών ενός μηχανήματος. Υποκλάση της **Είδος_Προϊόντος**.

Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους μονάδων μηχανήματος. Υποκλάση των **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_ροπής* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μονάδα μηχανήματος συνδέεται μέσω σύνδεση ροπής με μία άλλη. Υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

[2]Η περιγραφή του όρου μηχανική μονάδα δίνεται στο υποκεφάλαιο 4.6

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_πίεσης* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μονάδα μηχανήματος συνδέεται μέσω σύνδεσης πίεσης με μία άλλη. Υποκλάση της μετακατηγορίας γνωωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

- *τύπος_λειτουργικής_σύνδεσης_τάσης* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία μονάδα μηχανήματος συνδέεται μέσω σύνδεσης τάσης με μία άλλη. Υποκλάση της μετακατηγορίας γνωρίσματος *συνδέεται_λειτουργικά_με*. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

Μονάδα_Μηχανήματος : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις επιμέρους δομικές συνιστώσες μηχανημάτων. Υποκλάση της **Προϊόν** και περίπτωση των **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος** και **Τύπος_Μηχανικής_Μονάδας**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *αναγνωριστικό_στο_σχέδιο* : Αναφέρεται στο αναγνωριστικό που έχει η συγκεκριμένη μονάδα στο σχέδιο. Παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Integer**.

- *σύνδεση_ροπής* : Παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.

- *σύνδεση_πίεσης* : Παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.

- *σύνδεση_τάσης* : Παίρνει τιμές στην κλάση **Μονάδα_Μηχανήματος**.

Είδος_Λειτουργικής_Συνιστώσας_Μηχανήματος : Συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους λειτουργικών συνιστωσών ενός μηχανήματος. Υποκλάση της **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος**.

Λειτουργική_Μονάδα_Μηχανήματος : Συγκεντρώνει όλες τις μη δομικές συνιστώσες μηχανήματος. Περίπτωση της μετακλάσης **Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος**.

Δομική_Ταξινόμηση : Κλάση η οποία συγκεντρώνει όλες τις μονάδες μηχανήματος που έχουν μία συγκεκριμένη δομή. Περίπτωση των **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Μονάδα_Μηχανήματος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *έχει_εξαρτήματα* : Αναφέρεται στο γεγονός ότι μία μονάδα μηχανήματος μπορεί να αποτελείται από εξαρτήματα. Περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *exclusive*, *depdendent* και *συνδέεται_δομικά_με*. Παίρνει τιμές στην κλάση **Εξάρτημα**.

Ομάδα : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις ομάδες από τις οποίες αποτελείται ένα μηχάνημα. Περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *συγκρότημα* : Περιγράφει το γεγονός ότι μία ομάδα αποτελείται από συγκροτήματα. Παίρνει τιμές στην κλάση **Συγκρότημα**. Είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *συνδέεται_δομικά_με*, *exclusive* και *dependent*.

Συγκρότημα : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα συγκροτήματα από τα οποία αποτελείται μία συγκεκριμένη ομάδα. Περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση**. *Γνώρισμά* της είναι το :

- *υποσυγκρότημα* : περιγράφει το γεγονός ότι ένα συγκρότημα αποτελείται από υποσυγκροτήματα. Είναι περίπτωση των μετακατηγοριών γνωρισμάτων *exclusive*, *dependent* και *συνδέεται_δομικά_με*.

Υποσυγκρότημα : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα υποσυγκροτήματα από τα οποία αποτελείται ένα συγκεκριμένο συγκρότημα. Περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Δομική_Ταξινόμηση**.

Εξάρτημα : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μία συγκεκριμένη μονάδα μηχανήματος. Περίπτωση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος** και υποκλάση της **Μονάδα_Μηχανήματος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *υλικό* : Περιγράφει το γεγονός από το οποίο κατασκευάζεται ένα εξάρτημα. Παίρνει τιμές στην κλάση **Υλικό**.

Παρουσία_Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλες τις μονάδες μηχανήματος που είναι παρουσίες μίας συγκεκριμένης μονάδας μηχανήματος. Υποκλάση της **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *παρουσία_του* : Αναφέρεται στην μονάδα μηχανήματος της οποίας η συγκεκριμένη αποτελεί παρουσία. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

Συνοπτική_Παρουσία_Είδους_Μονάδας_Μηχανήματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλες τις παρουσίες μονάδας μηχανήματος για τις οποίες υπάρχει γνώση για το πλήθος παρουσιάσεων της μέσα στο μηχάνημα. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *αριθμός_εμφανίσεων* : Αναφέρεται στις εμφανίσεις της μονάδας μηχανήματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Telos_Integer**.

Υλικό : Κλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους υλικού που υπάρχουν στον κόσμο. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *προμηθεύεται_από* : Αναφέρεται στον προμηθευτή του συγκεκριμένου υλικού και παίρνει τιμές στην κλάση **Προμηθευτής**.

Α.6 Μοντέλο Σφαλμάτων

Τύπος_Σφάλματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους σφαλμάτων. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *έχει_λύση* : Αναφέρεται στο γεγονός ότι ένα σφάλμα έχει μία λύση. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Λύσης**.

Σφάλμα : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα σφάλματα που παρατηρούνται στον πραγματικό κόσμο.

Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους λειτουργικών σφαλμάτων, δηλαδή όλα τα σφάλματα τα οποία δεν αποτελούν αιτίες άλλων σφαλμάτων. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *εκδηλώνεται_με* : Αναφέρεται στο σύμπτωμα με το οποίο εκδηλώνεται το συγκεκριμένο σφάλμα. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Συμπτώματος**.
- *εμπλέκει* : Αναφέρεται στην συνιστώσα μηχανήματος (λειτουργική και δομική) η οποία είναι υπεύθυνη για την ύπαρξη του σφάλματος. Παίρνει τιμές στην μετακλάση *Είδος_Συνιστώσας_Μηχανήματος*.
- *προκαλείται* : Αναφέρεται στο σφάλμα το οποίο προκαλείται από το συγκεκριμένο. Παίρνει τιμές στην κλάση **Τύπος_Σφάλματος**.

Λειτουργικό_Σφάλμα : Συγκεντρώνει όλα τα λειτουργικά σφάλματα που εμφανίζονται σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα. Υποκλάση της **Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Σφάλματος**.

Συστηματικό_Σφάλμα : Συγκεντρώνει όλα τα συστηματικά σφάλματα που εμφανίζονται σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα. Υποκλάση της **Λειτουργικό_Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *αιτία* : Αναφέρεται στην αιτία ενός συστηματικού σφάλματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Αιτία**. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *προκαλείται*.

Συμπτωματικό_Σφάλμα : Συγκεντρώνει όλα τα συμπτωματικά σφάλματα που εμφανίζονται σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα. Υποκλάση της **Λειτουργικό_Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Λειτουργικού_Σφάλματος**. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *αιτία* : Αναφέρεται στην αιτία ενός συμπτωματικού σφάλματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Αιτία**. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *προκαλείται*.

Τύπος_Αιτίας : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους αιτιών υπεύθυνων για την παρουσία σφαλμάτων. Υποκλάση της **Τύπος_Σφάλματος**.

Αιτία : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις αιτίες σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα. Υποκλάση της **Σφάλμα** και περίπτωση της **Τύπος_Σφάλματος**. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *αιτία'περιγραφή* : Αναφέρεται σε μία περιγραφή σε μορφή κειμένου μίας συγκεκριμένης αιτίας. Παίρνει τιμές στην κλάση **Περιγραφή**.
- *αιτία'λύση* : Αναφέρεται στην λύση που αποδίδεται σε μία συγκεκριμένη αιτία. Παίρνει τιμές στην κλάση **Λύση**. Περίπτωση της μετακατηγορίας γνωρισμάτων *έχει_λύση*.

Τύπος_Λύσης : Μετακλάση συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους λύσης που αποδίδονται σε σφάλματα.

Λύση : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις λύσεις που αποδίδονται σε σφάλματα. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *λύση'περιγραφή* : Αναφέρεται στην περιγραφή σε μορφή κειμένου που αναφέρεται μία συγκεκριμένη λύση. Παίρνει τιμές στην κλάση **Περιγραφή**.

Τύπος_Συμπτώματος : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους συμπτωμάτων. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *υπό_συνθήκη* : Αναφέρεται στην συνθήκη υπό την οποία εκδηλώνεται το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Συνθήκης**.
- *παρουσιάζει* : Αναφέρεται στο φαινόμενο που παρουσιάζει το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Τύπος_Φαινομένου**.
- *εμπλέκει* : Αναφέρεται στην μονάδα μηχανήματος η οποία εμπλέκεται στην εκδήλωση του συγκεκριμένου συμπτώματος. Παίρνει τιμές στην μετακλάση **Είδος_Μονάδας_Μηχανήματος**.

Σύμπτωμα : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις περιπτώσεις συμπτωμάτων που εκδηλώνονται κατά την λειτουργία ενός συγκεκριμένου συστήματος. *Γνώρισμά* της είναι το:

- *παρατήρηση* : Αναφέρεται σε στοιχεία παρατήρησης ενός συγκεκριμένου συμπτώματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Παρατήρηση_Συμπτώματος**.

Τύπος_Συνθήκης : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους συνθήκης υπό τις οποίες εκδηλώνονται συμπτώματα.

Συνθήκη : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις συνθήκες υπό τις οποίες εκδηλώνονται συμπτώματα.

Τύπος_Φαινομένου : Μετακλάση που συγκεντρώνει όλους τους διαφορετικούς τύπους φαινομένων που παρουσιάζουν τα συμπτώματα.

Φαινόμενο : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα διαφορετικά φαινόμενα που παρουσιάζουν συμπτώματα που εμφανίζονται σε μηχανήματα.

Δυσλειτουργία : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις δυσλειτουργίες που εμφανίζονται σε μία συγκεκριμένη μονάδα μηχανήματος. Περίπτωση της **Τύπος_Φαινομένου**.

Α.7 Μοντέλο Παρατήρησης Συμπτώματος

Παρατήρηση_Συμπτώματος : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις παρατηρήσεις συμπτωμάτων. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *σημείο_αναφοράς* : Αναφέρεται στην σχετική θέση του παρατηρητή κατά την αναφορά του συγκεκριμένου συμπτώματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Θέση_Αναφοράς**.

- *σχετική_κατεύθυνση* : Αναφέρεται στην κατεύθυνση από την οποία γίνεται αντιληπτό το φαινόμενο που αναφέρεται από τον παρατηρητή. Παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Κατεύθυνση**.

Σχετική_Θέση_Αναφοράς : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις σχετικές θέσεις αναφοράς στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο παρατηρητής του συστήματος. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *απόλυτο_σημείο_αναφοράς* : Αναφέρεται στην απόλυτη θέση του παρατηρητή κατά την διάρκεια παρατήρησης του συμπτώματος. Παίρνει τιμές στην κλάση **Απόλυτο_Σημείο_Αναφοράς**.

- *προσδιορισμός_θέσης* : Χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την θέση του παρατηρητή σε σχέση με το απόλυτο σημείο αναφοράς. Παίρνει τιμή στην κλάση **Προσδιορισμός_Θέσης**.

Απόλυτο_Σημείο_Αναφοράς : Κλάση που συγκεντρώνει όλα τα σημεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναφορά της απόλυτης θέσης του παρατηρητή.

Προσδιορισμός_Θέσης : Κλάση που συγκεντρώνει όλους τους προσδιορισμούς θέσεων που μπορεί να βρεθεί ο παρατηρητής κατά την παρατήρηση φαινομένων. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *σχετική_απόσταση* : Αναφέρεται στην απόσταση του παρατηρητή από το απόλυτο σημείο αναφοράς. Παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Απόσταση**.
- *σχετική_κατεύθυνση* : Αναφέρεται στην κατεύθυνση που βρίσκεται ο παρατηρητής σε σχέση με το απόλυτο σημείο αναφοράς. Παίρνει τιμές στην κλάση **Σχετική_Κατεύθυνση**.

Σχετική_Απόσταση : Κλάση που συγκεντρώνει τις ποιοτικές τιμές αποστάσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δηλώσουν την απόσταση στην οποία βρίσκεται ο παρατηρητής από το απόλυτο σημείο αναφοράς.

Σχετική_Κατεύθυνση : Κλάση που συγκεντρώνει τις ποιοτικές τιμές κατευθύνσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δηλώσουν την κατεύθυνση του παρατηρητή από το απόλυτο σημείο αναφοράς. *Γνωρίσματά* της είναι τα:

- *χ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* : Αναφέρεται στην προσεγγιστική συντεταγμένη ως πρός τον χ άξονα. Παίρνει τιμές στην κλάση **Χ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη**.
- *ψ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* : Αναφέρεται στην προσεγγιστική συντεταγμένη ως πρός τον ψ άξονα. Παίρνει τιμές στην κλάση **Ψ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη**.
- *ζ_προσεγγιστική_συντεταγμένη* : Αναφέρεται στην προσεγγιστική συντεταγμένη ως πρός τον ζ άξονα. Παίρνει τιμές στην κλάση **Ζ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη**.

Προσεγγιστικές_Συντεταγμένες : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις διαφορετικές προσεγγιστικές τιμές με τις οποίες δίνεται η δυνατότητα περιγραφής της κατεύθυνσης της θέσης του παρατηρητή μέσα στον χώρο.

Χ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις προσεγγιστικές συντεταγμένες κατά τον χ άξονα.

Ψ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις προσεγγιστικές συντεταγμένες κατά τον ψ άξονα.

Ζ_Προσεγγιστική_Συντεταγμένη : Κλάση που συγκεντρώνει όλες τις προσεγγιστικές συντεταγμένες κατά τον ζ άξονα.

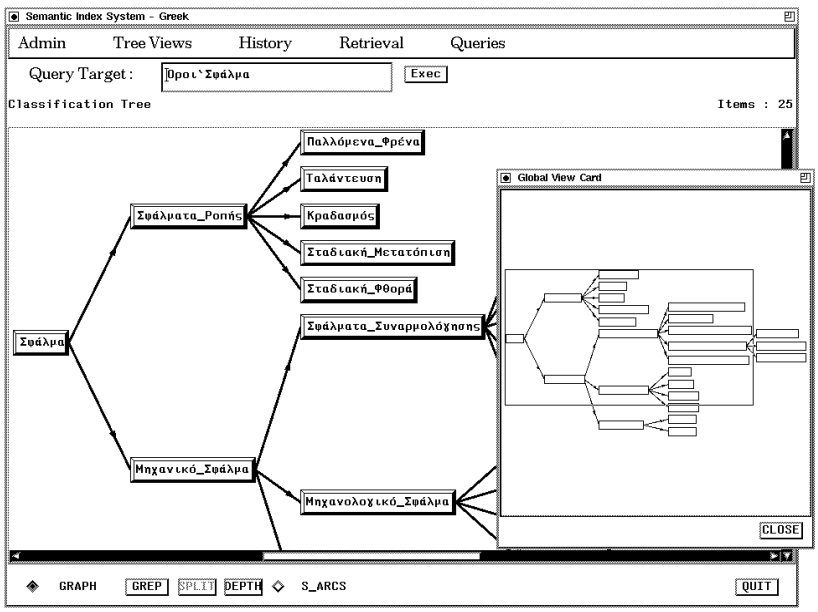
Παράρτημα Β

Λεξικό Ορων στο ΣΥΔΔ

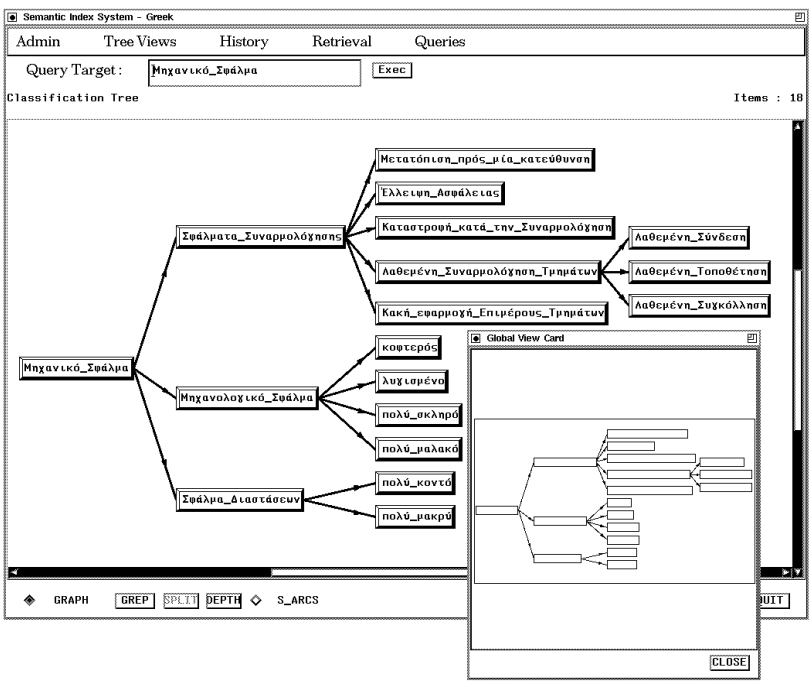
Στο συγκεκριμένο παράρτημα, παρουσιάζονται οι όροι του λεξιλογίου που έχουν καταγραφεί στοΣΥΔΔ για την πιο αποτελεσματική και πλήρης ταξινόμηση περιγραφών που παρουσιάζονται σε αυτό.

Β.1 Λεξικό Όρων Σφαλμάτων

- Μηχανικό_Σφάλμα
  - -- Σφάλμα_Διαστάσεων
    - πολύ_μακρύ
    - πολύ_κοντό
  - -- Μηχανολογικό_Σφάλμα
    - πολύ_μαλακό
    - πολύ_σκληρό
    - λυγισμένο
    - κοφτερός
  - -- Σφάλματα_Συναρμολόγησης
    - Κακή_εφαρμογή_Επιμέρους_Τμημάτων
    - Λαθεμένη_Συναρμολόγηση_Τμημάτων
      - Λαθεμένη_Συγκόλληση
      - Λαθεμένη_Τοποθέτηση
      - Λαθεμένη_Σύνδεση
    - Καταστροφή_κατά_την_Συναρμολόγηση



Σχήμα Β.1: Ιεραρχία Όρων Σφαλμάτων στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.2: Ιεραρχία Όρων Σφαλμάτων στο ΜΔΣ

        * Μετατόπιση_πρός_μία_κατεύθυνση
        * Έλλειψη_Ασφάλειας

- Σφάλματα_Ροπής

    -- Σταδιακή_Φθορά

    -- Σταδιακή_Μετατόπιση

    -- Κραδασμός

    -- Ταλάντευση

    -- Παλλόμενα_Φρένα

Στα σχήματα Β.1, Β.2 παρουσιάζονται οι ιεραρχίες όρων σφαλμάτων όπως έχουν καταγραφεί στο ΣΥΔΔ.

Β.2 Λεξικό Όρων Αιτιών

- Αιτία_στις_Προδιαγραφές: Ο όρος αυτός χρησιμοποιηθούν για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών οι οποίες συνατιώνται στις προδιαγραφές του συγκεκριμένου συστήματος.

    -- Αιτία_στη_Δομή: Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών οι οποίες συναντιώνται στην δομή του συστήματος.

        * Αιτία_στις_Δομικές_Συνιστώσες: Ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η αιτία του σφάλματος βρίσκεται στις δομικές συνιστώσες του συστήματος.

            ◇ Γεωμετρικώς

            ◇ Μη_κατασκευάσιμο

            ◇ Εξάντληση_Ανοχής

        * Αιτία_στις_Δομικές_Συνδέσεις: Ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η αιτία του σφάλματος βρίσκεται στις συνδέσεις μεταξύ των συνιστωσών του συστήματος

    -- Αιτία_στην_Συμπεριφορά: Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει όλους τους όρους περιγραφής αιτιών που βρίσκονται στην συμπεριφορά του συστήματος, στις αρχές που διέπουν την λειτουργία του.

        * Αιτία_στις_Παραμέτρους_Λειτουργίας: Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η αιτία του σφάλματος βρίσκεται στις λειτουργικές παραμέτρους του συστήματος.

◇ Επήρρεια_δυνάμεων

· Απρόβλεπτες_Δυνάμεις · Ρωγμή

· Σύνδεση

· Χαλαρή_Σύνδεση

◇ Μη_Λειτουργική_Συνιστώσα · Ηλεκτρικό_Σύστημα

· Δυναμικώς

∗ Αιτία_στις_Παραμέτρους_Περιβάλλοντος: Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η αιτία του σφάλματος βρίσκεται στις παραμέτρους περιβάλλοντος υπό τις οποίες το σύστημα έχει προδιαγραφεί να λειτουργεί.

- Αιτία_στο_Υλικό: Ο όρος χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών οι οποίες εντοπίζονται στο Υλικό.

  -- Ακατάλληλο_Υλικό

  -- Ανεπάρκεια_Υλικού

  -- Φινίρισμα

- Αιτία_στην_Υλοποίηση: Ο όρος χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφές αιτιών οι οποίες βρίσκονται στην διαδικασία υλοποίησης, παραγωγής του συστήματος.

  -- Αιτία_στην_Κατασκευή: Ο όρος χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών οι οποίες βρίσκονται στην κατασκευή.

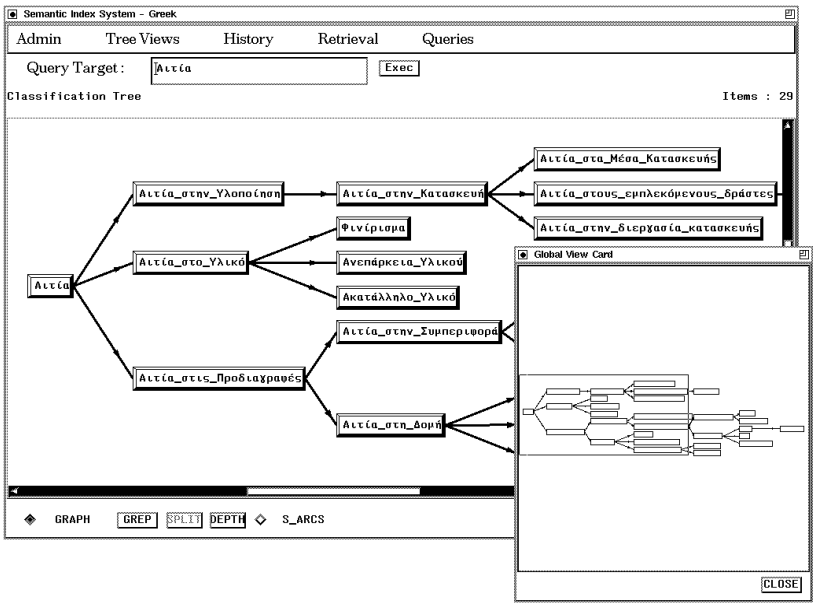
  ∗ Αιτία_στην_διεργασία_κατασκευής: Ο όρος χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών οι οποίες εντοπίζονται στην διεργασία κατασκευής.

  ∗ Αιτία_στους_εμπλεκόμενους_δράστες: Ο όρος χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν όλοι οι όροι περιγραφής αιτιών που εντοπίζονται στους εμπλεκόμενους δράστες στην διεργασία κατασκευής.

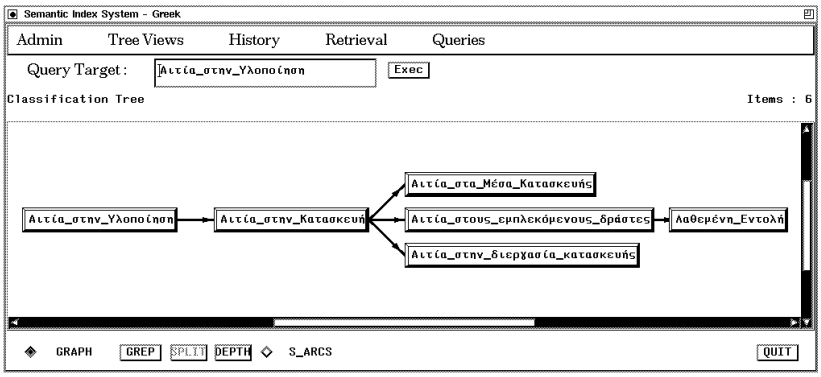
  ◇ Λαθεμένη_Εντολή

  ∗ Αιτία_στα_Μέσα_Κατασκευής: Ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλωθεί ότι η αιτία υπεύθυνη για το σφάλμα βρίσκεται στα μέσα κατασκευής.

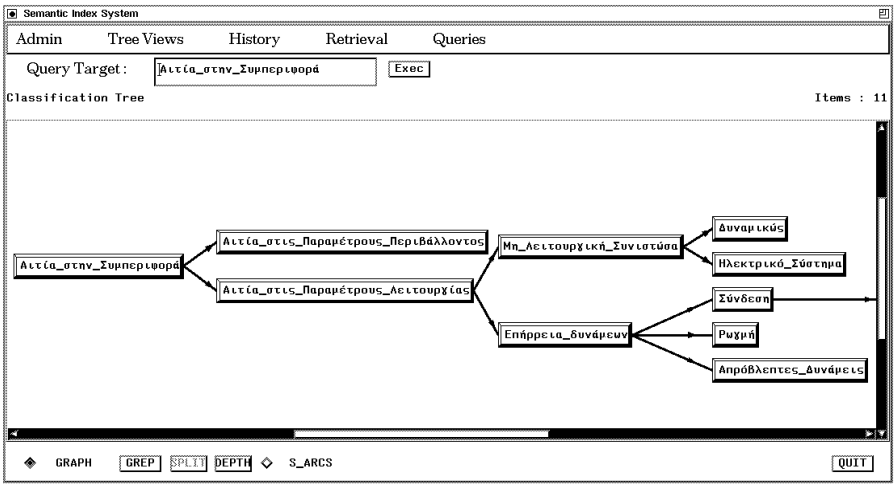
Στα σχήματα Β.3, Β.4, Β.5 και στο Β.6 παρουσιάζεται η ιεραρχία αιτιών όπως έχει καταγραφή στο ΣΥΔΔ.



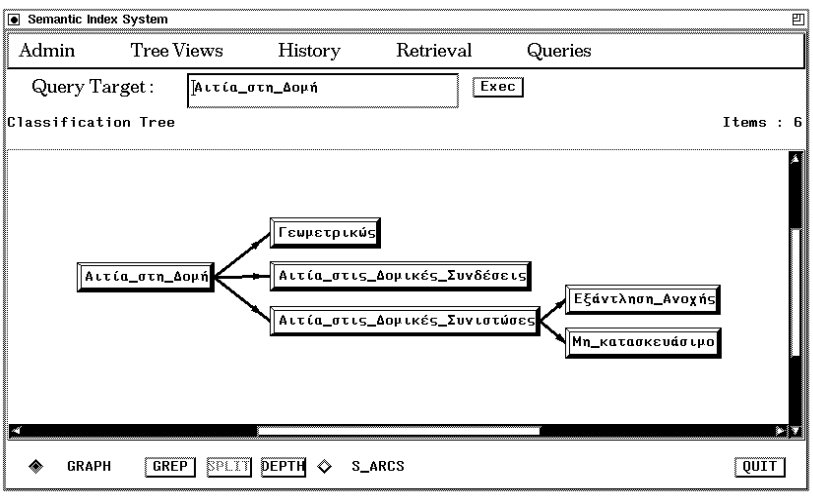
Σχήμα Β.3: Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.4: Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.5: Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.6: Ιεραρχία Ορων Αιτιών στο ΜΔΣ

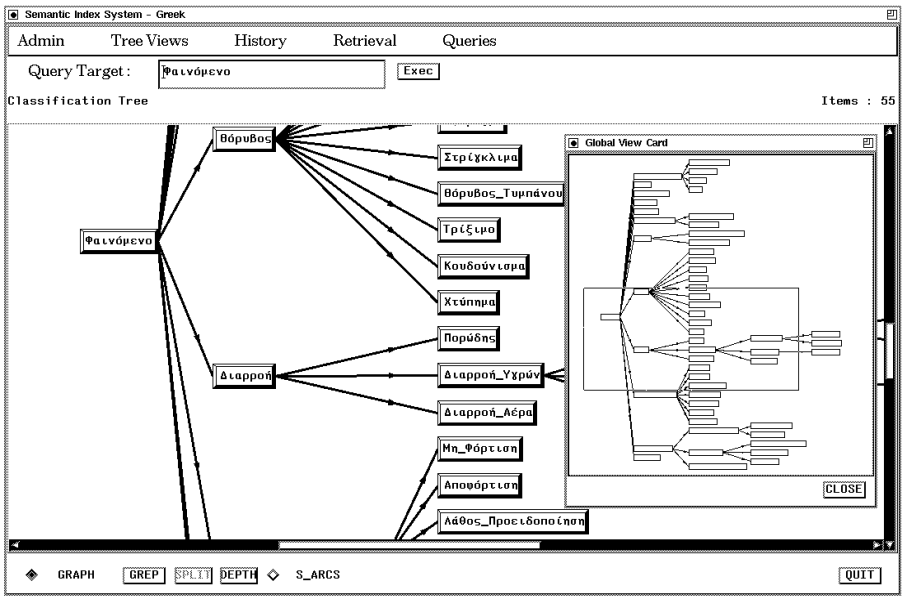
B.3 Λεξικό Όρων Φαινομένων

- Πρόβλημα_στην_Μηχανή
  - -- Μη_Κανονική_Λειτουργία_Μηχανής
  - -- Πρόβλημα_Απόδοσης
    - * Έλλειψη_Ισχύος
    - * Έλλειψη_Επιτάχυνσης
    - * Δισταγμός_κατά_την_Επιτάχυνση
  - -- Πρόβλημα_κατά_την_Εκκίνηση
    - * Μηχανή_δεν_Ξεκινά
    - * Μηχανή_Ξεκινά_Δύσκολα
- Θόρυβος.
  - -- Χτύπημα
  - -- Κουδούνισμα
  - -- Τρίξιμο
  - -- Θόρυβος_Τυμπάνου
  - -- Στρίγκλιμα
  - -- Σφίριγμα
  - -- Ουρλιαχτό
  - -- Τσίριγμα
  - -- Υπόκωφος_Ηχος
  - -- Ελαφρύς_Ηχος
- Πρόβλημα_στα_Ηλεκτρικά
  - -- Βραχυκύκλωμα
  - -- Ανοικτό_Κύκλωμα
  - -- Ελλειψη_Ρεύματος
  - -- Χαλαρή_Σύνδεση
  - -- Λάθος_Προειδοποίηση
  - -- Αποφόρτιση

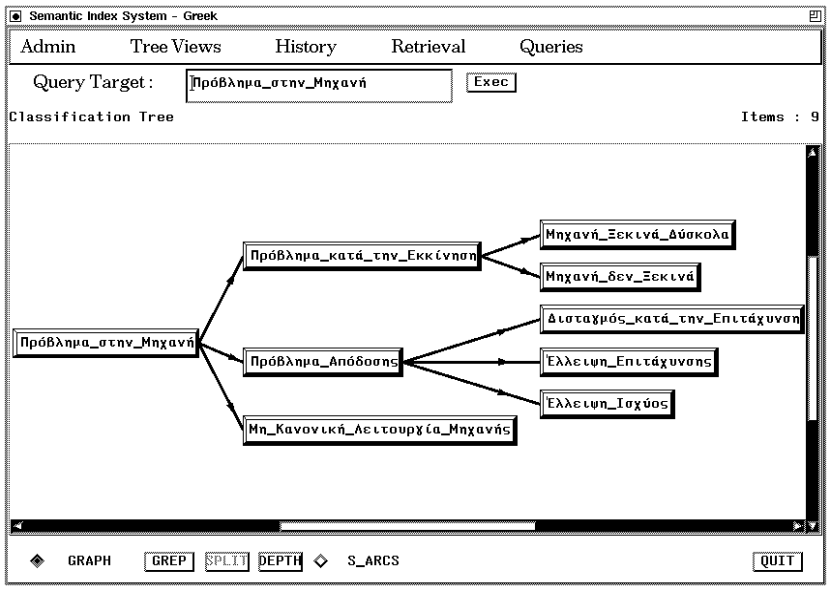
-- Μη_Φόρτιση

- Διαρροή
  - -- Διαρροή_Αέρα
  - -- Διαρροή_Υγρών
    - * Διαρροή_Νερού
    - * Διαρροή_Λαδιού
      - ◇ Απόριψη_Λαδιού
    - * Διαρροή_Καυσίμου
      - ◇ Εισροή_Καυσίμου
      - ◇ Εκροή_Καυσίμου
  - -- Πορώδης
- Ανάφλεξη
  - -- Εξάτμιση_που_καπνίζει
  - -- Υδρογονάνθρακες_στα_καυσαέρια
- Υπερβολική_Κατανάλωση
  - -- Κατανάλωση_Λάδι
  - -- Κατανάλωση_Ψυκτικό_Υγρό
- Υπερθέρμανση
- Υψηλή_Πίεση
- Δύσκολος_Χειρισμός
- Μεταβολή
- Σταδιακή_Φθορά_Συνιστωσών
  - -- Κόπωση
  - -- Αλλοίωση
  - -- Φθαρμένο_Τμήμα
  - -- Καταστροφή_Συνιστωσών

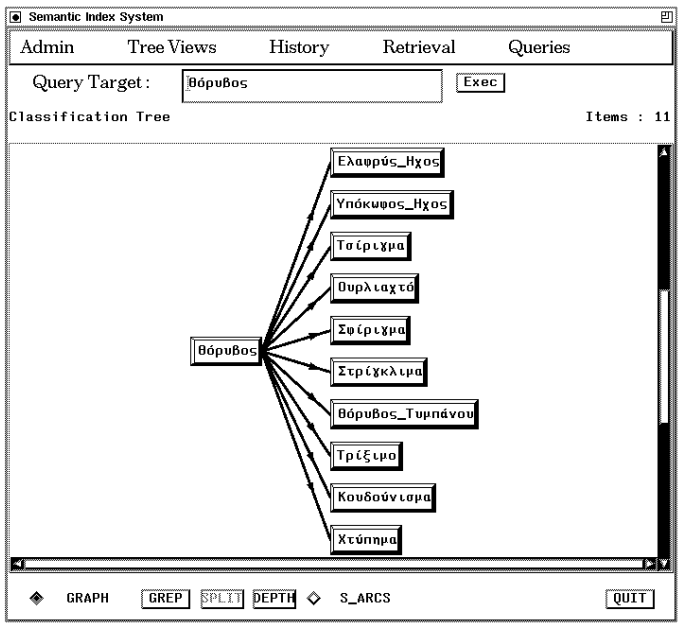
Στα σχήματα Β.7, Β.8, Β.9, Β.10 και Β.11 υπάρχει η συνολική ιεραρχία φαινομένων.



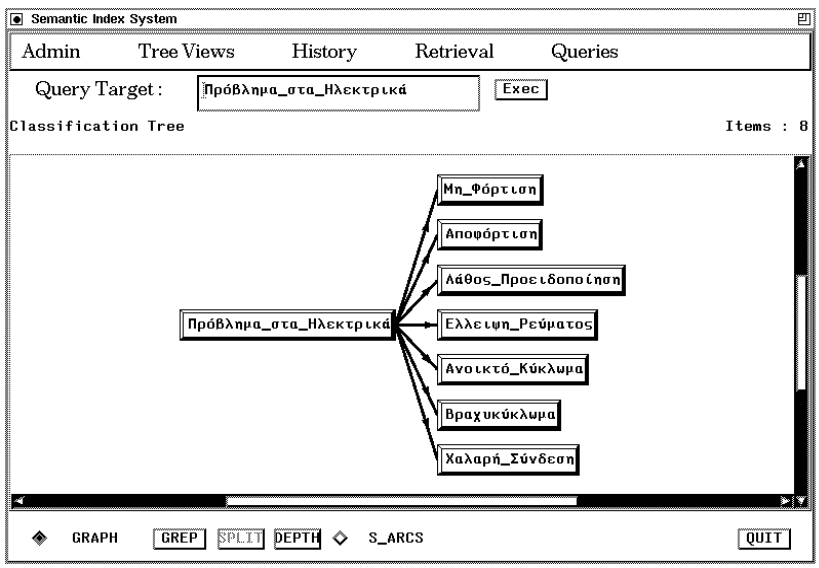
Σχήμα Β.7: Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ



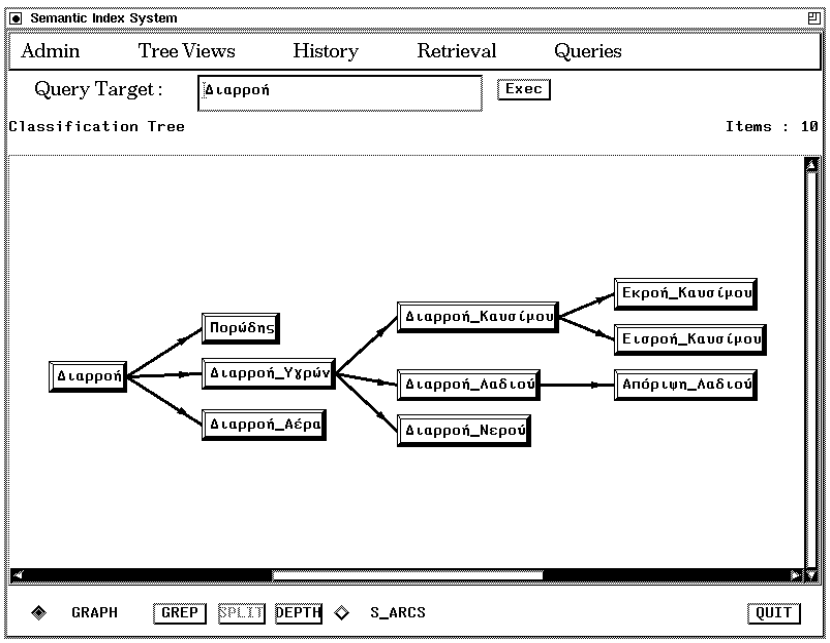
Σχήμα Β.8: Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.9: Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ



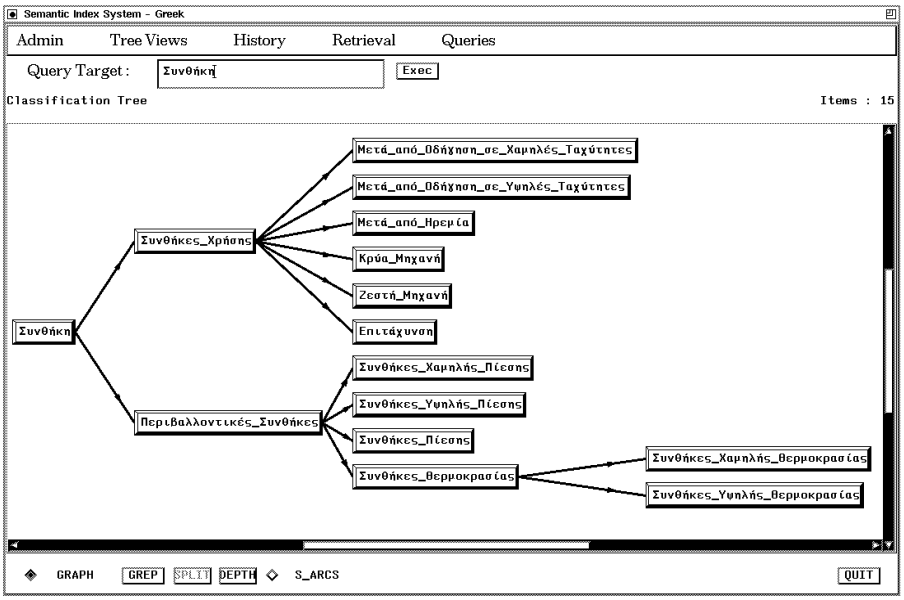
Σχήμα Β.10: Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ



Σχήμα Β.11: Ιεραρχία Φαινομένων στο ΜΔΣ

Β.4 Λεξικό Όρων Συνθηκών

- Περιβαλλοντικές_Συνθήκες: Ο όρος αυτός συγκεντρώνει όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες υπό τις οποίες παρατηρείται εμφανίζεται ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα.
  - -- Συνθήκες_Θερμοκρασίας
    - * Συνθήκες_Υψηλής_Θερμοκρασίας
    - * Συνθήκες_Χαμηλής_Θερμοκρασίας
  - -- Συνθήκες_Πίεσης
    - * Συνθήκες_Υψηλής_Πίεσης
    - * Συνθήκες_Χαμηλής_Πίεσης
  - -- Συνθήκες_Χρήσης: Ο όρος αυτός συγκεντρώνει όλες τις συνθήκες χρήσης υπό τις οποίες παρατηρείται ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα.
    - * Επιτάχυνση
    - * Ζεστή_Μηχανή
    - * Κρύα_Μηχανή
    - * Μετά_από_Ηρεμία



Σχήμα Β.12: Ιεραρχία Συνθηκών στο ΜΔΣ

* Μετά_από_Οδήγηση_σε_Υψηλές_Ταχύτητες
* Μετά_από_Οδήγηση_σε_Χαμηλές_Ταχύτητες

Στο σχήμα Β.12 υπάρχει η ιεραρχία όρων συνθηκών όπως έχει καταγραφεί στο ΜΔΣ.

Βιβλιογραφία

[1] Κώστας Νταντουρής. Βιβλιοθήκη Στοιχειωδών Ερωτηματικών Συναρτήσεων και Επεξεργασίας στη γλώσσα TELOS. Master's thesis, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Ηράκλειο Κρήτης, 1993.

[2] Μαρία Χριστοφοράκη. Τεκμηρίωση Πολιτιστικών Αγαθών με το Σύστημα ΚΛΕΙΩ. Master's thesis, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Φεβρουάριος 1994.

[3] Δημήτρης Δασκαλάκης. Διαλογική Ενημέρωση οντοκεντρικών βάσεων δεδομένων. Master's thesis, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Ηράκλειο Κρήτης, Φεβρουάριος 1996.

[4] K. Balakrishnan and V. Honavar. Intelligent Diagnosis Systems. Technical Report, Artificial Intelligence Research Group, Department of Computer Science, Iowa State University.

[5] M. Christoforaki and R. Foundoulaki. An approach to Materialization uding the TELOS constructs. Working Paper, Information Systems and Software Technology Group, Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology-Hellas, July 1995.

[6] L. Console, D. Theseider Dupré, and P. Torasso. A theory of diagnosis for incomplete causal models. In *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1311--1317, Detroit MI, 1989.

[7] Luca Console and Pietro Torasso. A spectrum of logical definitions of model-based diagnosis. *Computational Intelligence*, (7):133--141, 1991.

[8] P. Constantopoulos and M. Dörr. Component Classification in the Software Information Base. In O. Nierstrasz and D. Tsichritzis, editors, *Object-Oriented Software Composition*. Prentice-Hall, 1995.

[9] Panos Constantopoulos and Martin Dörr. The Semantic Index System: A brief presentation. Working Paper #6 Information Systems and Software Technology Group, Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology-Hellas, 1993.

[10] P.T. Cox and T. Pietrzykowski. Causes for events:their computation and application. In *proceeding of the Eighth Conference on Automated Abduction*, LNCS 230, pages 608--621, Oxford England, 1986. Springer-Verlag.

[11] C. Dadouris and M. Dörr. SIS-Programmatic Query Interface: Reference Manual. Working Paper #3, Information System and Software Technology Group, Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology-Hellas, June 1995.

[12] R. Davis. Diagnostic reasoning based on structure and behavior. *Artificial Intelligence*, (24):347--410, 1984.

[13] Johan de Kleer and John Seely Brown. *Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models*, chapter 8, pages 155--190. Cognitive Science. Lawrence Erlbaum Associates, London, 1983.

[14] M. Dörr, P. Klimathianakis, and M. Theodorakis. SIS Data Entry Language, User's Manual. Working paper #2, Information System and Software Technology Group, Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology-Hellas, March 1994.

[15] K.D. Forbus and J. De Kleer. *Building Problem Solvers*. The MIT Press, Cambridge MA, 1993.

[16] Robert C. Goldstein and Veda C. Storey. Materialization. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 6(5):835--841, October 1994.

[17] Popi Halkia. A Case Study on Instance Attributes. Working Paper, Information Systems and Software Technology Group, Institute of Computer Science, Foundation of Research and Technology, June 1994.

[18] Yumi Iwasaki, Marcos Vesconi, Richard Fikes, and B. Chandrasekaran. A Causal Functional Representation Language With Behavior Based Semantics. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Palo Alto CA. An earlier version of the paper was presented at the AAAI-93 Workshop held in Washington D.C on July 11, 1993.

[19] Won Kim. Object-Oriented Databases: Definition and Research Directions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2(3):327--341, September 1990.

[20] J. De Kleer and B.C Williams. Diagnosing multiple faults. *Artificial Intelligence*, (32):97--130, 1987.

[21] S. Kobayashi and K. Nakamura. Knowledge Compilation and Refinement for Fault Diagnosis. *IEEE Expert*, 6(10):39--46, October 1991.

[22] Yves Kodratoff. *Introduction to Machine Learning*. Pitman Publishing, 1988.

[23] J. Kolodner. *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1993.

[24] B. M. Kramer, J. Mylopoulos, M. E. Benjamin, Q. B. Chou, P. Ahn, and J. Opala. Developing an Expert System Technology for Industrial Process Control: An Experience Report. Personal communication with Prof. John Mylopoulos.

[25] Lemonia Malle and Maria Christoforaki. Design and Implementation of Class Attributes in TELOS. Working Paper, Information Systems and Software Technology Group, Foundation of Research and Technology-Hellas, July 1995.

[26] Renate Motschnig-Pitrik. The Semantics of Parts Versus Aggregates in Data/Knowledge Modelling. In C. Rolland, F. Bodart, and C. Cauvet, editors, *Advanced Information Systems Engineering 5th International Conference, CAiSE'93*, Lecture Notes in Computer Science, 1993.

[27] Renate Motschnig-Pitrik and John Mylopoulos. Classes and Instances. *International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems*, 1(1):61--92, February 1992.

[28] Igor Mozetič. Model-Based Diagnosis: An Overview. In V. Marik, O. Stepankova, and R. Trappl, editors, *Advanced Topics in Artificial Intelligence*, LNAI 617. Springer-Verlag, Austrian Research Institute for Artificial Intelligence,Schottengasse 3, A-1010 Vienna, Austria, 1992.

[29] J. Mylopoulos, A. Borgida, M. Jarke, and M. Koubarakis. Telos: Representing knowledge about Information Systems. *ACM Transactions on Information Systems*, 8(4), October 1990.

[30] M. J. Pazzani and A. F. Brindle. Integrating Heuristic Rules and Device Models in Fault Diagnosis. *IEEE Software*, 3(3), March 1986.

[31] A. Pirotte, E. Zimanyi, D. Massart, and T. Yakusheva. Materialization: a powerful and ubiquitous abstraction mechanism. *Proceedings of the 20th VLDB Conference Santiago, Chille*, 1994.

[32] D. Poole. Representing knowledge for logic-based diagnosis. In *Proceedings of the International Conference on Fifth Generation Computer Systems*, pages 1282--1290, Tokyo Japan, 1988.

[33] D. Poole. Normality and faults in logic-based diagnosis. In *Proc. 11th Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence*, IJCAI-89, pages 1304--1310, Detroit, 1989. Morgan-Kaufmann.

[34] Frank Puppe, Thomas Legleitner, and Klaus Peter Huber. DAX/MED2 - A Diagnostic Expert System for Quality Assurance of an Automatic Transmission Control Unit. Karlshruhe University-Kaiserslautern University-Mercedez Benz AG, VE Process Technique.

[35] J. A. Regia, D. S. Nau, and P. Y. Wang. Diagnostic expert systems based on a set covering model. *International Journal of Man-Machine Studies*, (19):437--460, 1983.

[36] R. Reiter. A theory of diagnosis from first principles. *Artificial Intelligence*, (32):115--135, 1974.

[37] R. Schank. *Dynamic Memory: A theory of learning in computers and people.* Cambridge University Press, New York, NY, 1982.

[38] R. Schank and R. Abelson. *Scripts, plants, goals and understanding.* Erlbaum, 1977.

[39] S. C. Shapiro, S. N. Srihari, J. Geller, and M. Taie. A Fault Diagnosis System Based on an Integrated Knowledge Base. *IEEE Software*, 3(3), March 1986.

[40] E.H. Shortcliffe. *Computer-Based Medical Consultation: MYCIN.* American Elsevier, New York, 1976.

[41] Peter Struss. Knowledge-based Diagnosis - An Important Challenge and Touchstone for AI. In B. Neumann, editor, *ECAI*, 1992.

[42] Z. Xiang and S. N. Srihari. Diagnosis Based on Empirical and Model Knowledge. *IEEE Software*, 3(3), March 1986.

[43] Eric S. Yu. An Organization Modelling Framework for Multi-Perspective Information System Design. Technical Report DKBS-TR-93-2, University of Toronto, July 1993.

[44] Eric S. Yu. Modelling Organizations for Information Systems Requirements Engineering. *Proceedings 1st IEEE Symposium on Requirements Engineering, San Jose, CA*, pages 34--41, January 1993.

[45] Eric S. Yu and John Mylopoulos. An Actor Dependency Model of Organizational Work - With Application to Business Process Reengineering. *Proceedings of COOCS 93, Conference on Organizational Computing Systems, Milpitas, California, U.S.A.*, November 1-4 1993.

[46] Eric S. Yu and John Mylopoulos. Understanding 'Why' in Software Process Modelling, Analysis and Design. *Proceedings 16th International Conference on Software Engineering, Sorento*, May 1994.

Ευρετήριο

Materialization, *βλέπε* Υλοποίηση

SIS, *βλέπε* Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηριασμού
STEP ISO 10303, 56, 131

Βιβλιοθήκη Στοιχειωδών Ερωτηματικών Συναρτήσεων, 104
Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων, 3--5, 37, 135
Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διαδικασιών, 2--6, 35, 37
Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηριασμού, 38, 103, 104
ΜΔΣ, *βλέπε* Μοντέλο Διαχείρισης Σφαλμάτων
ΣΥΔΔ, *βλέπε* Σύστημα Υποστήριξης Διαγνωστικών Διαδικασιών
SIS-Telos, 38, 39
  class attributes, 41--42, 49
  Μηχανισμοί Αφαίρεσης
    Απόδοση Γνωρίσματος, 41
    Γενίκευση/Εξειδίκευση, 40
    Ταξινόμηση, 40
  Ονοματοδοσία, 39
  Οντότητες, 39
  Περιορισμός Γενίκευσης, 46
  Περιορισμός Ταξινόμησης, 46

associated classes-metaclasses, *βλέπε* συζυγείς κλάσεις-μετακλάσεις

ΔΕΔ, *βλέπε* Δελτίο Εισαγωγής Δεδομένων, 118
Δελτίο Εισαγωγής Δεδομένων, 104
Δυσλειτουργία, *βλέπε* Φαινόμενο, 89

Λύση, 3, 32, 33

Συνθήκη, 3, 28
Σφάλμα, 3, 30
  Αιτία, 3, 30--32, 83
  Λειτουργικό Σφάλμα, 30, 31
  Συστηματικό Σφάλμα, 1, 2, 33, 81, 82
  Τυχαίο Σφάλμα, 33
Σύμπτωμα, 3, 27--28, 84, 89

Υλοποίηση, 92, 93

Φαινόμενο, 3, 28--29, 89

γνωρίσματα
  δομικά γνωρίσματα, 41
    γνωρίσματα κλάσης, 41, 94
    γνωρίσματα περιπτώσεων, 41, 94
  μέθοδοι, 41
γνώση
  βαθειά γνώση, 15
  βαθιά γνώση, 11
  ρηχή γνώση, 11, 15

διάγνωση, 9--10
διαγνωστική διαδικασία, 1, 10
διαγνωστικό πρόβλημα, 9, 27
διαγνωστικό σύστημα, 14
  έμπειρο σύστημα, 14--16
    σύστημα εξαγωγής συμπερασμάτων από περιπτώσεις, 17--18
  έξυπνο σύστημα διάγνωσης, 9
  σύστημα διατήρησης αλήθειας, 16--17
  σύστημα μάθησης, 18

θεωρητικές προσεγγίσεις διάγνωσης σφαλμάτων, 10
  διάγνωση από βασικές αρχές, 11
    διάγνωση με βάση την απαγωγή, 11, 12
    διάγνωση με βάση την συνέπεια, 11, 12
  ευρηματικές μέθοδοι διάγνωσης, 11

μοντέλο συστήματος, 11

νοητικό μοντέλο, 26, 27, 33, 85

παρατηρήσεις, *βλέπε* Σύμπτωμα

περιβάλλον, 24, 27, 28
πλαίσιο
    πληροφορία πλαισίου, *βλέπε* Συνθήκη
προϊόν, 56

συζυγείς κλάσεις-μετακλάσεις, 97--99
σχέση
    μέρος-πρός-όλο, 48--50, 136

φυσικό σύστημα, 23
    δράστης, 26
    ελεγχόμενες μεταβλητές, 24--25
    λειτουργία, 23--27
    λειτουργικότητα, 25
    μη ελεγχόμενες μεταβλητές, 24--25
    συμπεριφορά, 23--27