

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ :
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕ
ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΕΥΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ**

Κωνσταντίνα Πυργούδη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ιούνιος 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Χρονική Αφαιρετικότητα Δεδομένων : Διερεύνηση
μεθόδων και εφαρμογών με ιδιαίτερη έμφαση στην
εξαγωγή περιοδικότητας μέσω ευρετικών μεθόδων**

Κωνσταντίνα Πυργούδη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Ελπίδα Κεραυνού Παπαηλιού

Η ατομική αυτή ομαδική εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση
των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του τμήματος
Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Ιούνιος 2009

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτρια μου κα. Ελπίδα Κεραυνού Παπαηλιού για τη βοήθεια, την υποστήριξη και την καθοδήγησή της καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε σε αυτήν την προσπάθεια μου για ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας. Την ευχαριστώ επίσης για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε σε όλη τη διάρκεια αυτού του χρόνου και το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που επέδειξε.

Ευχαριστώ επίσης τους γονείς και την αδερφή μου για την υποστήριξη και την αγάπη τους τα τέσσερα αυτά χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της **Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική (Artificial Intelligence in Medicine)** και έχει ως κύριο άξονά της τη μελέτη της **Χρονικής Αφαιρετικότητας Δεδομένων (Temporal Data Abstraction)** και τη διερεύνηση μεθόδων και εφαρμογών που χρησιμοποιούνται με σκοπό την εξαγωγή περιοδικοτήτων. Περιλαμβάνει εκτός από το ερευνητικό μέρος και την υλοποίηση δύο αλγορίθμων που έχουν προταθεί [1] για την εξαγωγή περιοδικών αφαιρετικοτήτων.

Η εργασία αποτελείται συνολικά από οκτώ κεφάλαια το κάθε ένα από τα οποία καταπιάνεται με διαφορετικό θέμα του πεδίου της αφαιρετικότητας δεδομένων. Στόχος της είναι να καλυφθούν τα βασικότερα σημεία που αφορούν την αφαιρετικότητα δεδομένων και κυρίως τη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων και να μελετηθούν οι δύο αλγόριθμοι που έχουν προταθεί με σκοπό την εξαγωγή περιοδικοτήτων. Τα πρώτα πέντε κεφάλαια αφορούν το ερευνητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας και τα υπόλοιπα τρία καταπιάνονται με ζητήματα που αφορούν την υλοποίηση των σχετικών αλγορίθμων.

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη αναφορά στην κατάσταση που επικρατεί σήμερα αναφορικά με την επεξεργασία ιατρικών δεδομένων σε ιατρικά κέντρα και στα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω των διαφορετικών μορφών που έχουν τα ιατρικά δεδομένα. Γίνεται επίσης συνοπτική αναφορά στη χρήση της **Εξόρυξης Γνώσης από Βάσεις Δεδομένων (Knowledge Discovery in Databases-KDD)** που έχει ως στόχο την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών και την αποτελεσματική χρήση των δεδομένων, καθώς επίσης και στην **Αφαιρετικότητα Δεδομένων (Data Abstraction)** που είναι μέθοδος που εντάσσεται στο πεδίο της εξόρυξης γνώσης από βάσεις δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 2 επεξηγείται αναλυτικά η έννοια της αφαιρετικότητας δεδομένων και περιγράφονται τα διάφορα είδη αφαιρετικότητας που υπάρχουν ενώ στο Κεφάλαιο 3 μελετάται η επέκταση της αφαιρετικότητας δεδομένων ως προς τη διάσταση του χρόνου, η χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων και παρουσιάζονται και για αυτήν τα διάφορα είδη της. Ακολούθως παρουσιάζονται ζητήματα που συσχετίζονται άμεσα με το πεδίο της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων. Τέτοια ζητήματα είναι η μοντελοποίηση της χρονικής διάστασης, η μοντελοποίηση καταστάσεων και περιστατικών και ο χρονικός συλλογισμός και οι απαιτήσεις του.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που επιβάλλεται να έχει μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για εξαγωγή αφαιρετικοτήτων και περιγράφονται δύο από τα βασικά συστήματα που έχουν προταθεί με σκοπό την παραγωγή αφαιρετικοτήτων, αυτά των Haimowitz και Kohane (TrenDx) και των Shahar και Musen (RÉSUMÉ).

Ακολουθεί το Κεφάλαιο 5, στο οποίο παρουσιάζεται η εξαγωγή περιοδικοτήτων μέσω ευρετικών μεθόδων. Σε αυτό τονίζεται η σημασία εξαγωγής περιοδικοτήτων, γίνεται αναφορά στον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων ενός ασθενή μέσω **χρονικών αντικειμένων (time objects)** και παρουσιάζονται οι χρονικές σχέσεις που μπορεί να υπάρξουν μεταξύ αυτών. Επιπρόσθετα γίνεται αναφορά στους πολυεπίπεδους χάρτες περιοδικότητας που χρησιμοποιούνται για την οργανωμένη σε επίπεδα αναπαράσταση των ιατρικών δεδομένων και στο τέλος του κεφαλαίου περιγράφονται οι αλγόριθμοι που προτείνονται στη βιβλιογραφία [1] και οι οποίοι υλοποιήθηκαν ως μέρος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C.

Στο Κεφάλαιο 6 επεξηγείται η υλοποίηση που έχει γίνει. Επεξηγούνται κάποια επιπλέον στοιχεία που έχουν προστεθεί στην υλοποίηση για αντιμετώπιση ορισμένων αδυναμιών των αλγορίθμων σχετικά με τον εντοπισμό συγκεκριμένων μορφών περιοδικότητας. Γίνεται αναφορά επίσης στα μοτίβα τακτικότητας που χρησιμοποιούνται από την υλοποίηση και σε κάποιους περιορισμούς που τίθενται αναφορικά με αυτά. Ακολουθεί η περιγραφή της μορφής των διαφόρων αρχείων από τα οποία ο αλγόριθμος λαμβάνει δεδομένα και η περιγραφή των δομών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση.

Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα εκτέλεσης του αλγορίθμου και αναλύονται τυχόν ιδιαιτερότητες που αφορούν τις περιοδικότητες που εντοπίζονται σε αυτά. Για κάθε ένα από τα παραδείγματα σχολιάζονται τα αποτελέσματα εξόδου.

Η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 8, στο οποίο διατυπώνονται γενικά σχόλια και συμπεράσματα που αφορούν τους δύο αλγορίθμους που υλοποιήθηκαν και παρουσιάζονται ζητήματα που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με τους αλγορίθμους και τη χρήση τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 1 -
2. ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 3 -
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	- 3 -
2.2 ΕΙΔΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 4 -
2.2.1 Ποιοτική Αφαιρετικότητα (Qualitative Abstraction)	- 4 -
2.2.2 Αφαιρετικότητα Γενίκευσης (Generalization abstraction).....	- 5 -
2.2.3 Αφαιρετικότητα Ορισμού (Definitional Abstraction).....	- 6 -
3. ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 7 -
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	- 7 -
3.2 ΕΙΔΗ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 10 -
3.2.1 Αφαιρετικότητα Συγχώνευσης ή Αφαιρετικότητα Κατάστασης (Merge or State Abstraction) - 10 -	
3.2.2 Αφαιρετικότητα Εύλογης Ύπαρξης (Persistence Abstraction)	- 11 -
3.2.3 Αφαιρετικότητα Τάσης (Trend Abstraction)	- 13 -
3.2.4 Αφαιρετικότητα Περιοδικότητας (Periodic Abstraction)	- 13 -
3.2.4.1 Επαναληπτικό Στοιχείο (Repetition Element).....	- 14 -
3.2.4.2 Μοτίβο Επανάληψης (Repetition Pattern).....	- 14 -
3.2.4.3 Μοτίβο Προόδου (Progression Pattern)	- 15 -
3.3 ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 15 -
3.3.1 Μοντελοποίηση της χρονικής Διάστασης.....	- 16 -
3.3.2 Μοντελοποίηση περιστατικών και καταστάσεων.....	- 17 -
3.3.2.1 Απόλυτη ή Σχετική ύπαρξη περιστατικού (Absolute or Relative occurrence).....	- 18 -
3.3.2.2 Απόλυτη ή σχετική ασάφεια (Absolute and relative vagueness)	- 19 -
3.3.2.3 Σημειακή ή διαστηματική ύπαρξη περιστατικού (Point or interval occurrence)	- 19 -
3.3.2.4 Σύνθετο περιστατικό (Compound occurrence).....	- 20 -
3.3.2.5 Αιτιολογική σχέση μεταξύ υπάρξεων και χρονικοί περιορισμοί (Causality and other temporal constraints).....	- 21 -
3.3.3 Χρονικός συλλογισμός και οι απαιτήσεις του	- 22 -
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	- 27 -
4.1 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΩΝ	- 27 -
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΩΝ	- 30 -
4.2.1 Σύστημα RÉSUMÉ	- 30 -
4.2.2 Σύστημα Trendx.....	- 33 -
5. ΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΕΥΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	- 35 -
5.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΩΝ	- 36 -
5.2 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΣΘΕΝΗ	- 37 -
5.3 ΧΡΟΝΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ (TIME-OBJECTS)	- 38 -
5.3.1 Χρονικές σχέσεις μεταξύ χρονικών αντικειμένων	- 40 -
5.3.1.1 Σχέση equal (equal (A, B)).....	- 41 -
5.3.1.2 Σχέση before (before (A, B)).....	- 41 -
5.3.1.3 Σχέση overlap (overlap (A,B))	- 41 -
5.3.1.4 Σχέση start (start (A,B))	- 42 -
5.3.1.5 Σχέση finish (finish (A,B)).....	- 42 -
5.3.1.6 Σχέση during (during (A,B))	- 42 -
5.3.1.7 Σχέση meet (meet (A,B))	- 43 -
5.4 ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ	- 43 -
5.5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΓΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ	- 44 -
5.5.1 Αλγόριθμος παραγωγής περιοδικότητας τάξεως 1.....	- 46 -
5.5.1.1 Βήμα 1 - Δημιουργία δένδρου περιοδικότητας	- 47 -
5.5.1.2 Βήμα 2 - Αξιολόγηση αληθοφάνειας των περιοδικών περιστατικών που απεικονίζονται στα κλαδιά του δένδρου.....	- 49 -

5.5.1.3	Βήμα 3 – Επίλυση Συγκρούσεων μεταξύ των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν από το δεύτερο βήμα	- 52 -
5.5.1.4	Βήμα 4 – Καθορισμός επαναληπτικού στοιχείου, επαναληπτικού μοτίβου και μοτίβου προόδου των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν	- 52 -
5.5.1.5	Συνοπτική περιγραφή Αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1	- 53 -
5.5.2	Αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως n	- 54 -
5.5.2.1	Συνοπτική περιγραφή Αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n	- 67 -
6.	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	- 68 -
6.1	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	- 68 -
6.2	ΜΟΤΙΒΑ ΤΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	- 68 -
6.3	ΑΡΧΕΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	- 70 -
6.3.1	Αρχείο ιατρικών δεδομένων ασθενή	- 70 -
6.3.2	Αρχείο μοτίβων τακτικότητας	- 71 -
6.3.3	Αρχείο μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων	- 73 -
6.4	ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΔΟΜΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	- 74 -
6.4.1	Επεξήγηση Σύνθετων Τύπων Δεδομένων	- 74 -
6.4.1.1	subject	- 74 -
6.4.1.2	timeObject	- 75 -
6.4.1.3	timeObjects	- 77 -
6.4.1.4	periodicOccurence	- 77 -
6.4.1.5	periodicityTreeNode	- 78 -
6.4.1.6	allPlausiblePeriodicOccurence	- 80 -
6.4.1.7	plausiblePeriodicOccurence	- 82 -
6.4.1.8	distancesStructure	- 83 -
6.4.2	Επεξήγηση Δομών Δεδομένων	- 84 -
6.4.2.1	Λίστα χρονικών αντικειμένων ανά ιδιότητα	- 84 -
6.4.2.2	Δέντρο Περιοδικότητας	- 84 -
6.4.2.3	Λίστα περιοδικών περιστατικών	- 85 -
6.4.2.4	Λίστα μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων ανά ιδιότητα	- 85 -
7.	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	- 86 -
7.1	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1	- 88 -
7.2	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2	- 102 -
7.3	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3	- 107 -
7.4	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4	- 111 -
7.5	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5	- 113 -
7.6	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6	- 122 -
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 128 -

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε όλα τα ιατρικά και φαρμακευτικά κέντρα υπάρχει καταχωρημένος σε βάσεις δεδομένων τεράστιος όγκος ιατρικών δεδομένων που αφορούν τους ασθενείς και την κατάσταση της υγείας τους. Τα δεδομένα αυτά, που είναι στη διάθεση του ιατρικού προσωπικού ανά πάσα στιγμή, προκύπτουν ωστόσο από διαφορετικές συχνότητες παρατηρήσεων (low or high frequency data), έχουν διαφορετικές τακτικότητες (δεδομένα με συνεχόμενη παρουσία ή δεδομένα που οι εμφανίσεις τους παρουσιάζουν διακοπές) ενώ ανήκουν επίσης και σε διαφορετικούς τύπους (ποιοτικά δεδομένα [είναι εκφρασμένα σε περιγραφική μορφή] ή ποσοτικά δεδομένα [είναι εκφρασμένα σε αριθμητικές τιμές]). Επιπλέον τις περισσότερες φορές τα δεδομένα είναι μη ολοκληρωμένα ή ακόμη χειρότερα περιέχουν σφάλματα (noisy data) με αποτέλεσμα η επεξεργασία τους να γίνεται δύσκολη. Το σημαντικότερο ίσως όμως, είναι ότι όλα αυτά τα δεδομένα δεν είναι και τόσο χρήσιμα εάν δεν ληφθούν υπόψη οι σχέσεις που έχουν μεταξύ τους, η αλληλεπίδρασή τους και η εξάρτηση που υπάρχει μεταξύ ορισμένων από αυτά.

Ακόμη ένα στοιχείο που καθιστά την επεξεργασία και την κατανόηση των ιατρικών δεδομένων πολύπλοκο ζήτημα είναι το πλαίσιο αναφοράς που συσχετίζεται με τα ιατρικά δεδομένα και τα επηρεάζει. Με τον όρο πλαίσιο αναφοράς, εννοούμε το σύνολο των καταστάσεων και των συνθηκών που αναπτύσσονται κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο εμφανίζονται και παρατηρούνται τα δεδομένα. Η δυσκολία βασικά με τα πλαίσια αναφοράς εντοπίζεται στο γεγονός ότι είναι δυναμικά, μεταβάλλονται δηλαδή με το πέρασμα του χρόνου και επομένως οι διαδικασίες που ακολουθούνται για να εξαχθούν τα διάφορα συμπεράσματα και να ληφθούν ορισμένες αποφάσεις θα πρέπει να τα λαμβάνουν υπόψη τους συνεχώς διαφορετικά τα αποτελέσματα δε θα είναι τα επιθυμητά.

Από τα πιο πάνω, είναι εμφανές ότι υπάρχει ένα μεγάλο κενό μεταξύ της συλλογής και της κατανόησης των ιατρικών δεδομένων ενός ασθενή, το οποίο υπάρχει ανάγκη να γεφυρωθεί, αφού με βάση τη σημασία των δεδομένων λαμβάνονται καθημερινά σημαντικές ιατρικές αποφάσεις. Είναι λοιπόν απαραίτητο, εκτός από την αποθήκευση

των ιατρικών δεδομένων, να χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές και εργαλεία που να δίνουν την δυνατότητα ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων αυτών καθώς επίσης και μετασχηματισμού τους σε μορφή που να παρουσιάζει κάποιο νόημα για τους γιατρούς. Πρέπει να υπάρξουν επίσης οι κατάλληλες τεχνικές που να μπορούν να αντιμετωπίζουν όλες τις ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν τα ιατρικά δεδομένα, έτσι ώστε να εξάγονται οι χρήσιμες πληροφορίες σε ένα πιο αφηρημένο επίπεδο από αυτό των αρχικών στοιχείων, τα οποία είναι πολύ συγκεκριμένα. Μόνο τότε η χρήση των αποθηκευμένων δεδομένων θα είναι αποτελεσματική και θα γίνεται με αποδοτικό τρόπο.

Η διαδικασία που ακολουθείται σήμερα στην ιατρική έχοντας ακριβώς τον στόχο που προαναφέρθηκε είναι η **εξόρυξη γνώσης από βάσεις δεδομένων (Knowledge Discovery in Databases-KDD)**. Η εξόρυξη γνώσης από βάσεις δεδομένων είναι μια διαδικασία που αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα :

1. Κατανόηση του πεδίου
2. Μετασχηματισμός του συνόλου των δεδομένων και φιλτράρισμα των δεδομένων
3. Εξόρυξη της τακτικότητας που είναι κρυμμένη στα δεδομένα και διατύπωση της γνώσης σε μορφή κανόνων, μοτίβων, τάσεων, περιοδικών περιστατικών κ.ο.κ (Εξόρυξη Δεδομένων-Data Mining)
4. Επεξεργασία της γνώσης
5. Εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων

Μια μέθοδος που εμπίπτει στο πεδίο της εξόρυξης γνώσης από βάσεις δεδομένων είναι η **αφαιρετικότητα δεδομένων (data abstraction)** η οποία παρουσιάζεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

2. ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 Γενικά στοιχεία

Η αφαιρετικότητα δεδομένων είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιεί τα αρχικά και πολύ συγκεκριμένα στοιχεία που υποδηλώνουν την κατάσταση της υγείας ενός ασθενή όπως αυτά προέκυψαν από τις διάφορες ιατρικές παρατηρήσεις και εξετάσεις και παράγει αφαιρετικότητες, περιγραφές δηλαδή των ιατρικών δεδομένων του ασθενή σε ένα τέτοιο επίπεδο που να είναι πιο κοντά στο επίπεδο γνώσης (knowledge level) των γιατρών.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η αφαιρετικότητα δεδομένων είναι μια διαδικασία βασισμένη στη γνώση που χρησιμοποιεί ευρετικές μεθόδους για την παραγωγή των αφαιρετικότητων, σε αντίθεση με τη στατιστική ανάλυση δεδομένων που χρησιμοποιεί αλγορίθμους για την εξαγωγή των χρήσιμων πληροφοριών. Με τον όρο ευρετικές μεθόδους εννοούμε μεθόδους που στηρίζονται όχι σε μαθηματικές αποδείξεις και αναλύσεις αλλά στην εμπειρική γνώση.

Με τη χρήση μεθόδων χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων, γίνεται ουσιαστικά προσπάθεια γεφύρωσης των κενών που υπάρχουν στα δεδομένα μέσω της αφαίρεσης τυχόν ασήμαντων πληροφοριών (ασήμαντων ανάλογα με το στόχο που υπάρχει κάθε φορά) με στόχο να παραμείνουν οι πραγματικά σημαντικές πληροφορίες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο νόημα για αυτόν που θα τις χρησιμοποιήσει.

Η αφαιρετικότητα δεδομένων διαχωρίζεται σε μη κατευθυνόμενη (non-directed) και κατευθυνόμενη (directed). Όταν μιλάμε για μη κατευθυνόμενη αφαιρετικότητα δεδομένων εννοούμε ότι επαναληπτικά χρησιμοποιείται κάποια επιλεγμένη μέθοδος για την παραγωγή αφαιρετικότητων μέχρι που να μην είναι δυνατή η παραγωγή επιπλέον αφαιρετικότητων. Στην πρώτη επανάληψη της διαδικασίας συμμετέχουν ως διαθέσιμα δεδομένα μόνο τα αρχικά ενώ σε όλες τις υπόλοιπες επαναλήψεις χρησιμοποιούνται επιπλέον και οι αφαιρετικότητες που προέκυψαν από τις προηγούμενες επαναλήψεις.

Ουσιαστικά η μη κατευθυνόμενη αφαιρετικότητα δεδομένων οδηγείται από τα γεγονότα (event-driven) και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην παρακολούθηση της εξέλιξης της κατάστασης ενός ασθενή, όπου κύριος στόχος είναι να παραχθούν πληροφορίες που φανερώνουν κατά πόσο η κατάσταση της υγείας του ασθενή παραμένει σταθερή, καλυτερεύει ή χειροτερεύει. Η μη κατευθυνόμενη αφαιρετικότητα δεδομένων είναι επίσης πολύ χρήσιμη όταν από τα στοιχεία του ασθενή θέλουμε να ανακαλύψουμε κάποια τακτικότητα, περιοδικότητα που αφορά τις εμφανίσεις των διάφορων ιδιοτήτων και η οποία ίσως υποδηλώνει την ύπαρξη συγκεκριμένης ασθένειας.

Τώρα, όσον αφορά την κατευθυνόμενη αφαιρετικότητα δεδομένων μπορούμε να πούμε ότι είναι μια διαδικασία που οδηγείται από συγκεκριμένους στόχους (goal-driven), αφού χρησιμοποιείται με σκοπό να απαντηθούν ερωτήματα που αφορούν το κατά πόσο μια υπόθεση ισχύει ή όχι με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν κάποιο ασθενή. Στο συγκεκριμένο είδος αφαιρετικότητας απαιτείται αρχικά να εφαρμοστεί η μη κατευθυνόμενη αφαιρετικότητα δεδομένων πάνω στα αρχικά δεδομένα του ασθενή για να παραχθεί με τον τρόπο αυτό ένα σύνολο υποθέσεων μέσω των παραγόμενων αφαιρετικοτήτων. Το σύνολο των υποθέσεων αυτών μπορεί να ερευνηθεί στη συνέχεια μέσω κατευθυνόμενης αφαιρετικότητας με σκοπό να μπορέσει τελικά να απαντηθεί κάποιο ερώτημα που έχει τεθεί αναφορικά με κάποια υπόθεση.

2.2 Είδη Αφαιρετικότητας Δεδομένων

Η αφαιρετικότητα δεδομένων πέραν του διαχωρισμού της σε κατευθυνόμενη και μη κατευθυνόμενη μπορεί επίσης να κατηγοριοποιηθεί στα διάφορα είδη της τα οποία περιγράφονται πιο κάτω.

2.2.1 Ποιοτική Αφαιρετικότητα (Qualitative Abstraction)

Σε αυτό το είδος αφαιρετικότητας οι διάφορες αριθμητικές εκφράσεις μεταφράζονται σε ποιοτικές. Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα ότι έχουμε την εξής πρόταση που ισχύει για κάποιο συγκεκριμένο ασθενή: «Η θερμοκρασία του ασθενή

X είναι 41 βαθμοί C». Η πληροφορία που δίνεται από τη συγκεκριμένη έκφραση μπορεί να μεταφραστεί με χρήση ποιοτικής αφαιρετικότητας στην ιδιότητα «πυρετός» [7]. Τέτοιες αφαιρετικότητες στηρίζονται ουσιαστικά σε απλή γνώση της μορφής <θερμοκρασία τουλάχιστον 39 βαθμοί C, πυρετός>.

2.2.2 Αφαιρετικότητα Γενίκευσης (Generalization abstraction)

Σε αυτό το είδος αφαιρετικότητας ένα στιγμιότυπο περιστατικού γενικεύεται σε μια από τις τάξεις του. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι γνωρίζουμε ότι «Ο ασθενής X παίρνει το φάρμακο Y» και ότι «Το φάρμακο Y ανήκει στην τάξη των αντιβιοτικών». Με βάση τις προτάσεις αυτές και χρησιμοποιώντας την αφαιρετικότητα γενίκευσης θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι «Ο ασθενής X παίρνει αντιβιοτικό» [7].

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο είδος αφαιρετικότητας αξιοποιεί ιεραρχικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των οντοτήτων που εμπλέκονται στη διαδικασία. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι η διαδικασία που ακολουθεί η αφαιρετικότητα γενίκευσης ξεκινά από το ειδικό και πάει στο γενικό. Το αντίστροφο δεν ισχύει κατατάγηση και επομένως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή όταν εφαρμόζεται η διαδικασία της συγκεκριμένης αφαιρετικότητας. Δεδομένων, για παράδειγμα, των προτάσεων «Ο ασθενής X παίρνει αντιβιοτικό» και «Το φάρμακο Y ανήκει στην τάξη των αντιβιοτικών», είναι λάθος να ισχυριστούμε ότι «Ο ασθενής X παίρνει το φάρμακο Y», αφού εκτός από το φάρμακο Y, που είναι αντιβιοτικό, υπάρχουν και άλλα φάρμακα τα οποία είναι επίσης αντιβιοτικά. Επομένως, δε μπορούμε με βάση τις συγκεκριμένες πληροφορίες να αποφασίσουμε ποιο από όλα τα αντιβιοτικά φάρμακα είναι αυτό που παίρνει ο ασθενής. Είναι εμφανές λοιπόν ότι δεν είναι σωστό να ξεκινούμε το συλλογισμό μας από κάτι γενικό και να καταλήγουμε σε κάτι ειδικό γιατί ίσως τότε οδηγηθούμε σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

2.2.3 Αφαιρετικότητα Ορισμού (Definitional Abstraction)

Σε αυτό το είδος αφαιρετικότητας οι διάφορες εκφράσεις διατυπώνονται σε σχέση με άλλες ιδεατές κατηγορίες που τυγχάνει να είναι μέρος του ορισμού τους. Το αποτέλεσμα αυτού του είδους είναι μια αφαιρετική περιγραφή για κάτι που ισχύει και είναι πιο ορατό, μπορούμε δηλαδή ευκολότερα να το παρατηρήσουμε σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε ότι «Ο ασθενής X πάσχει από γενικευμένη πλατυσπονδυλία» και γνωρίζουμε επίσης ότι «Η γενικευμένη πλατυσπονδυλία έχει ως χαρακτηριστικό της την κοντή σπονδυλική στήλη». Τότε εφαρμόζοντας την αφαιρετικότητα ορισμού θα προκύψει η αφαιρετική έκφραση «Ο ασθενής X έχει κοντή σπονδυλική στήλη», κάτι που είναι πιο εύκολο να κατανοηθεί και να παρατηρηθεί σε αντίθεση με τον όρο γενική πλατυσπονδυλία που δεν είναι άμεσα ορατό αλλά συνεπάγεται την έννοια της κοντής σπονδυλικής στήλης [7]. Με απλά λόγια στο συγκεκριμένο είδος αφαιρετικότητας, το αρχικό δεδομένο, το οποίο ανήκει σε μια ιδεατή κατηγορία μεταφράζεται σε κάποιο «ισότιμό» του, σε άλλη μη ιεραρχικά συσχετιζόμενη ιδεατή κατηγορία.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Χρονική Αφαιρετικότητα Δεδομένων (temporal data abstraction) και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη χρονική διάσταση που συσχετίζεται άμεσα με αυτή.

3. ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Γενικά στοιχεία

Από όσα αναφέρθηκαν μέχρι στιγμής, έχει διαφανεί η σημασία της αφαιρετικότητας δεδομένων στην ιατρική και φαρμακευτική και έχει γίνει αντιληπτό ότι η συμβολή της σε θέματα που σχετίζονται με την υγεία είναι μεγάλη. Ωστόσο, ακόμη μεγαλύτερη στον τομέα της ιατρικής είναι η συμβολή της επέκτασης της αφαιρετικότητας δεδομένων, ως προς τη διάσταση του χρόνου, της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων, στην οποία η χρονική διάσταση έχει σημαντικό ρόλο.

Είναι γνωστό ότι στα ιατρικά δεδομένα (συμπτώματα, χειρουργικές επεμβάσεις, χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής), ο χρόνος αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο. Για παράδειγμα, για κάποιο σύμπτωμα που παρουσιάζεται, σημαντικά στοιχεία είναι οι χρόνοι εμφάνισης και τερματισμού του, για κάποια χειρουργική επέμβαση σημαντικό στοιχείο είναι η ημερομηνία διεξαγωγής της και για τη χορήγηση κάποιου φαρμακευτικού σκευάσματος σημαντικά στοιχεία είναι οι χρόνοι έναρξης και τερματισμού της λήψης του. Αυτή η άμεση συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της χρονικής διάστασης και των ιατρικών δεδομένων έχει ως φυσικό επακόλουθο την ανάγκη ύπαρξης τεχνικών και μεθόδων που να επιτρέπουν την επεξεργασία χρονικά σφραγισμένων δεδομένων (time stamped data), με στόχο την εξαγωγή σημαντικών ιατρικών πληροφοριών αναφορικά με την κατάσταση της υγείας ενός ασθενή, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό να γίνει με χρήση της απλής αφαιρετικότητας δεδομένων.

Η χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων εξυπηρετεί ακριβώς το σκοπό αυτό. Λαμβάνει ως είσοδο ένα σύνολο αρχικών χρονικά σφραγισμένων δεδομένων, τα οποία αφορούν κάποιο ασθενή και τα οποία βρίσκονται σε μια χαμηλού επιπέδου ποσοτική μορφή και τα μετατρέπει σε μια υψηλού επιπέδου ποιοτική αναπαράσταση βασισμένη σε χρονικά διαστήματα, η οποία λαμβάνει υπόψη της τα διάφορα πλαίσια αναφοράς (contexts) που ίσως υπάρχουν. Υπενθυμίζεται ότι με τον όρο πλαίσιο αναφοράς, εννοούμε τις διάφορες συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης ενός ασθενή

με σκοπό τη λήψη συγκεκριμένων δεδομένων και οι οποίες τις περισσότερες φορές επηρεάζουν τα δεδομένα που προκύπτουν από την παρακολούθηση του ασθενή. Ένα τέτοιο πλαίσιο αναφοράς μπορεί να είναι για παράδειγμα η λήψη κάποιας φαρμακευτικής αγωγής τη στιγμή που εμφανίζεται κάποιο σύμπτωμα ασθένειας ή την περίοδο κατά την οποία γίνονται κάποιες εργαστηριακές ιατρικές μετρήσεις.

Με την εφαρμογή των μεθόδων της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων, επιτυγχάνεται ουσιαστικά μια νέα αναπαράσταση των δεδομένων, η οποία γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή από τους γιατρούς, σε σύγκριση με τα αρχικά δεδομένα, που περιέχουν αρκετές αχρείαστες πληροφορίες ή περιέχουν κενά και επομένως τα αποτελέσματα των διαγνωστικών και των προγνωστικών διαδικασιών διευκολύνονται.

Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων θα μπορούσαμε να την παρουσιάσουμε πιο απλά ως μια διαδικασία που λαμβάνει ως είσοδο ένα σύνολο από δεδομένα με χρονοσφραγίδες (χειρουργικές επεμβάσεις, θεραπευτικές ενέργειες, συμπτώματα) και παράγει ως έξοδο ένα σύνολο από ενοποιημένες τιμές ή μοτίβα, που αφορούν τα συγκεκριμένα δεδομένα, αφού λάβει υπόψη της τα διάφορα πλαίσια αναφοράς που ισχύουν.

Εφαρμόζοντας τις μεθόδους χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων μπορούν να προκύψουν είτε **βασικές αφαιρετικότητες (basic abstractions)**, εάν χρησιμοποιούμε ως εισόδους τα **αρχικά δεδομένα (raw data)** που δεν έχουν τύχει επεξεργασίας, είτε **σύνθετες αφαιρετικότητες (complex abstractions)**, εάν χρησιμοποιούμε ως εισόδους εκτός από τα αρχικά δεδομένα και αφαιρετικές αναπαραστάσεις που έχουν προκύψει από προηγούμενη εφαρμογή των μεθόδων χρονικής αφαιρετικότητας. Οι σύνθετες αφαιρετικότητες δεδομένων είναι ουσιαστικά συνδυασμοί που μπορούν να υπάρξουν με βάση τις πιο απλές αφαιρετικότητες.

Όπως η αφαιρετικότητα δεδομένων κατηγοριοποιείται στα διάφορα είδη της, έτσι και η χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στα δικά της είδη. Τα βασικά είδη χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων είναι η αφαιρετικότητα συγχώνευσης, η αφαιρετικότητα εύλογης ύπαρξης, η αφαιρετικότητα τάσης και η αφαιρετικότητα περιοδικότητας. Προτού περιγραφεί αναλυτικά το κάθε ένα από αυτά,

κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί η έκφραση **«ευαισθησία στα διάφορα πλαίσια αναφοράς» (context sensitive)** η οποία εμπλέκεται στις περιγραφές τους.

Καταρχάς είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οτιδήποτε συμβαίνει που αφορά τον ασθενή, είτε άμεσα είτε έμμεσα, επηρεάζει την κατάσταση της υγείας του και συνεπώς και τα δεδομένα που προέρχονται από τους ιατρικούς ελέγχους. Πιο συγκεκριμένα, διάφορες καταστάσεις (contexts-πλαίσια αναφοράς [χορήγηση κάποιου φαρμακευτικού σκευάσματος, διεξαγωγή μιας χειρουργικής επέμβασης κ.ο.κ.]) που μπορεί να αναπτυχθούν τη στιγμή που κάποια ιδιότητα ισχύει μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια της, την τιμή της, να προκαλέσουν την εμφάνιση νέων ιδιοτήτων κ.ο.κ.

Υπενθυμίζεται ότι τα πλαίσια αναφοράς είναι δυναμικές οντότητες που μεταβάλλονται συνεχώς και επομένως δε μπορεί να προκαθοριστούν με βάση κάποιο σύνολο σταθερών και γνωστών παραμέτρων. Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου αφαιρετικότητας, έτσι ώστε τα παραγόμενα συμπεράσματα να είναι αξιόπιστα. Για παράδειγμα, αν γνωρίζουμε ότι κάποιος ασθενής είχε στεάτιο στα μάτια δύο χρόνια πριν, ίσως να είναι εσφαλμένο να ισχυριστούμε αμέσως ότι ο ασθενής εξακολουθεί και σήμερα να έχει στεάτιο στα μάτια χωρίς να λάβουμε υπόψη μας το πλαίσιο αναφοράς που μπορεί να έχει επηρεάσει την ισχύ της ιδιότητας «στεάτιο στα μάτια». Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για παράδειγμα, ίσως ο ασθενής να έχει υποβληθεί σε κάποια επέμβαση και να μην αντιμετωπίζει πλέον το συγκεκριμένο πρόβλημα. Επομένως, εάν εμείς δε λάβουμε υπόψη μας το πλαίσιο αναφοράς που περιλαμβάνει την επέμβαση που έγινε στον ασθενή θα έχουμε καταλήξει σε λάθος συμπέρασμα αναφορικά με την τρέχουσα κατάσταση της υγείας του, πράγμα που δεν επιτρέπεται να συμβαίνει σε διαγνωστικές και προγνωστικές διαδικασίες.

3.2 Είδη Χρονικής Αφαιρετικότητας Δεδομένων

Στο σημείο αυτό, αφού έχει επισημανθεί η σημασία της «ευαισθησίας στα διάφορα πλαίσια αναφοράς», ακολουθεί περιγραφή των βασικών ειδών της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων.

3.2.1 Αφαιρετικότητα Συγχώνευσης ή Αφαιρετικότητα Κατάστασης (Merge or State Abstraction)

Το είδος της συγκεκριμένης αφαιρετικότητας λαμβάνει ως είσοδο ένα σύνολο χρονικά σφραγισμένων δεδομένων που αφορούν συγκεκριμένη ιδιότητα και παράγει τα μέγιστα διαστήματα για τα οποία ισχύει η ιδιότητα αυτή. Αυτή η μορφή αφαιρετικότητας ονομάζεται επίσης και «αφαιρετικότητα κατάστασης» λόγω του ότι προσπαθεί να εξορύξει, δεδομένης μιας ιδιότητας, τα μέγιστα διαστήματα για τα οποία δεν υπήρξε αλλαγή στην κατάστασή της. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με τον όρο ιδιότητα αναφερόμαστε είτε σε μια ασθένεια, είτε σε κάποιο σύμπτωμα ή ακόμη και σε κάποια θεραπευτική διαδικασία.

Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι κάποιος ασθενής έχει πονοκέφαλο τη Δευτέρα, την Τρίτη και την Τετάρτη. Στη βάση δεδομένων, όπου καταχωρούνται τα δεδομένα για την κατάσταση της υγείας του ασθενή, θα καταχωρηθούν στη συγκεκριμένη περίπτωση τρεις συνεχόμενες εγγραφές που αφορούν την ιδιότητα πονοκέφαλος. Έχοντας αυτές τις τρεις συνεχόμενες εγγραφές και χρησιμοποιώντας την αφαιρετικότητα συγχώνευσης θα μπορούμε πολύ σωστά να ισχυριστούμε ότι ο ασθενής είχε πονοκέφαλο συνολικής διάρκειας τριών ημερών [4].

Θα πρέπει ωστόσο να διευκρινιστεί ότι σε αρκετές περιπτώσεις, η αφαιρετικότητα συγχώνευσης παρουσιάζει ευαισθησία στα διάφορα πλαίσια αναφοράς. Ας υποθέσουμε ότι στο συγκεκριμένο ασθενή του παραδείγματος που μόλις περιγράψαμε, έχει χορηγηθεί τη δεύτερη μέρα παρουσίας του πονοκεφάλου κάποιο φάρμακο με αποτέλεσμα ο πονοκέφαλος να υποχωρήσει για 4 ώρες και να επανέλθει στη συνέχεια. Ενώ λοιπόν σύμφωνα με την αφαιρετικότητα συγχώνευσης προηγουμένως καταλήξαμε

στο συμπέρασμα ότι ο πονοκέφαλος διήρκησε τρεις μέρες συνολικά, στη συγκεκριμένη περίπτωση κάτι τέτοιο δεν θα είναι σωστό και ιδιαίτερα εάν μας ενδιαφέρει η ακριβής διάρκεια του πονοκεφάλου. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει ουσιαστικά να λάβουμε υπόψη το συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς το οποίο περιλαμβάνει τη χορήγηση του φαρμάκου και να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι ο πονοκέφαλος διήρκησε 68 ώρες και όχι τρεις μέρες.

3.2.2 Αφαιρετικότητα Εύλογης Ύπαρξης (Persistence Abstraction)

Αυτό το είδος αφαιρετικότητας έχει ως στόχο, όπως και η αφαιρετικότητα συγχώνευσης, την εξόρυξη των μέγιστων χρονικών διαστημάτων για τα οποία διαρκεί μια ιδιότητα. Η διαφορά εδώ βρίσκεται στο γεγονός ότι υπάρχει διαθέσιμο ένα μοναδικό δεδομένο που αφορά την ύπαρξη της συγκεκριμένης ιδιότητας. Με τη χρήση της αφαιρετικότητας εύλογης ύπαρξης γίνεται ουσιαστικά προσπάθεια να καθοριστεί κατά πόσο μια δεδομένη ιδιότητα ίσχυε και σε κάποιες χρονικές στιγμές στο παρελθόν, στις οποίες ωστόσο δεν υπάρχουν δεδομένα που να το επιβεβαιώνουν, ή θα ισχύει σε κάποιες χρονικές στιγμές στο μέλλον.

Ουσιαστικά, το είδος αυτής της αφαιρετικότητας είναι χρήσιμο για δεδομένα στα οποία υπάρχουν κενά πληροφορίας για οποιοδήποτε λόγο. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι κάποιος ασθενής έχει πονοκέφαλο το πρωί. Μπορούμε με βάση το δεδομένο αυτό να συμπεράνουμε ότι ο συγκεκριμένος ασθενής είχε επίσης πονοκέφαλο και το προηγούμενο απόγευμα; Για κάποιο άλλο ασθενή γνωρίζουμε ότι τραυματίστηκε σε ένα τροχαίο δυστύχημα το 2000 και έπαθε παράλυση. Μπορούμε χρησιμοποιώντας το δεδομένο αυτό να ισχυριστούμε ότι ο ασθενής εξακολουθεί μέχρι και σήμερα να είναι παράλυτος; [4]. Με τη χρήση του συγκεκριμένου είδους χρονικής αφαιρετικότητας γίνεται βασικά προσπάθεια να απαντηθούν τέτοιου είδους ερωτήματα.

Για το συγκεκριμένο σκοπό, είναι απαραίτητο ο συλλογισμός που χρησιμοποιείται από τη διαδικασία της αφαιρετικότητας εύλογης ύπαρξης να διαχειρίζεται γνώση που αφορά τη χρονική διάρκεια που μπορεί να έχουν οι εμφανίσεις των διαφόρων ιδιοτήτων. Σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα, υπάρχουν κάποιες προσεγγίσεις χρονικού

συλλογισμού σύμφωνα με τις οποίες μια ιδιότητα εξακολουθεί να ισχύει από την στιγμή της εμφάνισής της μέχρι να συμβεί κάποιο γεγονός (πχ μια θεραπεία, μια εγχείρηση κ.ο.κ) που να προκαλεί τον τερματισμό της ύπαρξής της. Ωστόσο, αυτές οι προσεγγίσεις δεν είναι και τόσο ρεαλιστικές σε ότι αφορά τα ιατρικά δεδομένα, αφού τα συμπτώματα κάποιας ασθένειας τις περισσότερες φορές έχουν μια πεπερασμένη διάρκεια και κάποια στιγμή σταματούν να υπάρχουν ακόμη και χωρίς την χορήγηση κάποιας φαρμακευτικής αγωγής. Μια καλύτερη προσέγγιση είναι η κατηγοριοποίηση των ιδιοτήτων σε πεπερασμένης (finitely) και μη πεπερασμένης (infinitely) διάρκειας. Επιπλέον, οι ιδιότητες πεπερασμένης διάρκειας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε επαναλαμβανόμενες (recurring) (οι ιδιότητες που εμφανίζονται και πάλι όταν περάσει κάποιο χρονικό διάστημα) και σε μη επαναλαμβανόμενες (non-recurring) (οι ιδιότητες που όταν εμφανιστούν μια φορά δεν εμφανίζονται ξανά). Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη μας τις κατηγοριοποιήσεις αυτές, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε για παράδειγμα την τύφλωση ως μια μη πεπερασμένης διάρκειας ιδιότητα, τον ιό της γρίπης ως μια πεπερασμένη και επαναλαμβανόμενη ιδιότητα και την ανεμοβλογιά ως μια πεπερασμένη και μη επαναλαμβανόμενη ιδιότητα. Η γνώση επομένως της κατηγορίας στην οποία ανήκει κάποια ιδιότητα με βάση τη χρονική διάρκειά της, είναι ιδιαίτερα σημαντική και χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στη διαδικασία εφαρμογής της αφαιρετικότητας εύλογης ύπαρξης συμβάλλοντας στην εξαγωγή όσο το δυνατό πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αφαιρετικότητα εύλογης ύπαρξης παρουσιάζει, όπως και η αφαιρετικότητα συγχώνευσης, ευαισθησία στα διάφορα πλαίσια αναφοράς (context-sensitive). Αν για παράδειγμα είναι γνωστό ότι κάποιος ασθενής ο οποίος είχε παρουσιάσει πονοκέφαλο στις 6 το απόγευμα, έχει πάρει ένα παυσίπονο λίγο μετά τις έξι, τότε λαμβάνοντας υπόψη μας το πλαίσιο αναφοράς που περιλαμβάνει τη λήψη παυσίπονου θα πρέπει να συμπεράνουμε ότι ο ασθενής στις 7 η ώρα δε θα έχει πλέον πονοκέφαλο. Είναι φανερό επομένως ότι πρέπει όταν χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη αφαιρετικότητα να λαμβάνονται υπόψη τα διάφορα πλαίσια αναφοράς έτσι ώστε να μην υπάρχουν λανθασμένα αποτελέσματα.

3.2.3 Αφαιρετικότητα Τάσης (Trend Abstraction)

Η αφαιρετικότητα αυτή έχει ως στόχο τον εντοπισμό σημαντικών αλλαγών στην κατάσταση της υγείας του ασθενή και την περιγραφή του ρυθμού με τον οποίο αυτές γίνονται. Η δυσκολία βρίσκεται στο γεγονός ότι πολλές φορές υπάρχουν κενά στα διαθέσιμα δεδομένα και είναι δύσκολο να εντοπιστούν τα σημεία στα οποία υπάρχει κάποια σημαντική αλλαγή και συνεπώς να περιγραφεί η κατεύθυνση της αλλαγής και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή γίνεται. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας αφαιρετικότητας είναι: «χαμηλή πίεση που αυξάνεται αργά». Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η αλλαγή μπορεί να διατυπωθεί με τη φράση «αύξηση της πίεσης» και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή η αλλαγή γίνεται με τη φράση «αργά».

3.2.4 Αφαιρετικότητα Περιοδικότητας (Periodic Abstraction)

Στόχος αυτού του είδους αφαιρετικότητας είναι η εξαγωγή επαναλαμβανόμενων εμφανίσεων ενός περιστατικού με κάποια τακτικότητα στο μοτίβο της επανάληψης. Η αφαιρετικότητα της περιοδικότητας χαρακτηρίζεται από ένα επαναληπτικό στοιχείο (repetition element), ένα μοτίβο επανάληψης (repetition pattern) και ένα μοτίβο προόδου (progression pattern). Τα τρία αυτά στοιχεία αναλύονται, με τη χρήση του ακόλουθου υποθετικού παραδείγματος [1].

Ας υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε ότι κάποιος ασθενής παρουσιάζει «πονοκέφαλο κάθε πρωί για περίπου δύο ώρες, για την περίοδο μιας βδομάδας και ο οποίος χειροτερεύει κάθε μέρα». Από τις πληροφορίες που μόλις αναφέρθηκαν είναι εμφανές ότι πρόκειται για μια αφαιρετικότητα περιοδικότητας, εφόσον η εμφάνιση της ιδιότητας πυρετός επαναλαμβάνεται με τέτοιο τρόπο που να παρουσιάζεται κάποια τακτικότητα στις επαναλήψεις των εμφανίσεων της. Για τη συγκεκριμένη αφαιρετικότητα περιοδικότητας, καθορίζονται στη συνέχεια το επαναληπτικό της στοιχείο, το μοτίβο επανάληψης και το μοτίβο προόδου της.

3.2.4.1 Επαναληπτικό Στοιχείο (Repetition Element)

Το επαναληπτικό στοιχείο είναι το περιστατικό του οποίου η εμφάνιση επαναλαμβάνεται. Στην περίπτωση του παραδείγματος το επαναληπτικό στοιχείο είναι ο «δύωρος πονοκέφαλος». Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η χρονική διάρκεια του επαναληπτικού στοιχείου μπορεί να είναι μεταβλητή ή σταθερή ανάμεσα στις διαδοχικές επαναλήψεις του. Στην περίπτωση που είναι μεταβλητή τότε δεν καθορίζεται. Στο παράδειγμα, η χρονική διάρκεια του επαναληπτικού στοιχείου είναι σταθερή και επομένως καθορίζεται (2 ώρες).

3.2.4.2 Μοτίβο Επανάληψης (Repetition Pattern)

Το μοτίβο επανάληψης είναι ο αλγόριθμος που όταν του δοθεί κάποιο στιγμιότυπο ύπαρξης του επαναληπτικού στοιχείου της περιοδικότητας καθορίζει την επόμενη εμφάνισή του.

Εάν το μοτίβο επανάληψης καθορίζεται πλήρως τότε μπορούν να προσδιοριστούν τα σημεία έναρξης και τερματισμού της περιοδικότητας είτε με απόλυτο είτε με σχετικό τρόπο ή ακόμη και μέσω κάποιων περιορισμών που φανερώνονται από το ίδιο το μοτίβο. Σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί επιπλέον να προσδιοριστεί και ο συνολικός αριθμός των φορών που το επαναληπτικό στοιχείο επαναλαμβάνεται σε όλη τη διάρκεια της περιοδικότητας.

Στην περίπτωση του παραδείγματος, το μοτίβο επανάληψης προσδιορίζεται από την φράση «κάθε πρωί για μια βδομάδα» και είναι πεπερασμένο εφόσον όταν περάσει μια βδομάδα το επαναληπτικό στοιχείο παύει να επαναλαμβάνεται. Με βάση το συγκεκριμένο μοτίβο, μπορούν εύκολα να υπολογιστούν οι συνολικές εμφανίσεις του επαναληπτικού στοιχείου σε όλη τη διάρκεια του περιοδικού περιστατικού. Συγκεκριμένα, γνωρίζοντας ότι η περιοδικότητα διαρκεί μια βδομάδα συνολικά και ότι η εμφάνιση του επαναληπτικού στοιχείου (δύωρος πονοκέφαλος) γίνεται κάθε πρωί,

μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η ιδιότητα επαναλαμβάνεται επτά φορές συνολικά από την έναρξη μέχρι και τον τερματισμό του περιοδικού περιστατικού.

3.2.4.3 Μοτίβο Προόδου (Progression Pattern)

Το μοτίβο προόδου καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι εμφανίσεις του επαναληπτικού στοιχείου εξελίσσονται. Στο παράδειγμα, το μοτίβο προόδου προσδιορίζεται από τη φράση «χειροτέρευση κατάστασης» και δηλώνει ότι κάθε μέρα που εμφανίζεται ο πονοκέφαλος είναι χειρότερος από αυτόν της προηγούμενης μέρας. Το μοτίβο προόδου δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει σε όλες τις αφαιρετικότητες περιοδικότητας.

3.3 Χρονική Διάσταση στη Χρονική Αφαιρετικότητα Δεδομένων

Η βασική διαφοροποίηση ανάμεσα στην απλή αφαιρετικότητα δεδομένων και στη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων βρίσκεται όπως έχει ήδη αναφερθεί στη χρονική διάσταση που κατέχει κεντρική θέση στη δεύτερη. Όπως είναι φυσικό η εμπλοκή της χρονικής διάστασης στη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων προσθέτει μια νέα πολυπλοκότητα στην παραγωγή των διαφόρων αφαιρετικοτήτων. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι στην απλή αφαιρετικότητα δεδομένων τα πράγματα είναι σχετικά πιο απλά, αφού ένα αρχικό δεδομένο αντιστοιχεί σε ένα αφαιρετικό δεδομένο και πολλά δεδομένα μπορεί να αντιστοιχούν στο ίδιο αφαιρετικό δεδομένο. Αντίθετα στην χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων έχουμε σύνολα δεδομένων που συσχετίζονται μεταξύ τους όσον αφορά τις χρονικές τους ιδιότητες και με βάση αυτά θα πρέπει να καταλήξουμε σε μια αφαιρετική μορφή, η οποία να εμπεριέχει τη σημασία του συνδυασμού όλων των αρχικών δεδομένων.

Είναι φανερό επομένως ότι η χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων περιλαμβάνει περισσότερα στοιχεία (διακριτά χρονικά σημεία, συνεχόμενα και μη συνεχόμενα χρονικά διαστήματα κ.ο.κ) από την απλή αφαιρετικότητα δεδομένων και αυτό οφείλεται ακριβώς στη χρονική διάσταση που συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν.

Ένα άλλο στοιχείο που προκύπτει από όσα προαναφέρθηκαν και το οποίο καθιστά τη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων πιο πολύπλοκη είναι η ανάγκη για ταυτόχρονη διαχείριση πολλαπλών χρονικών αξόνων και συνεπώς πολλαπλών μονάδων χρόνου, κάτι το οποίο δεν ισχύει στην απλή αφαιρετικότητα δεδομένων.

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να γίνει μια αναφορά σε ζητήματα που σχετίζονται με τη μοντελοποίηση της χρονικής διάστασης και τη μοντελοποίηση περιστατικών και καταστάσεων μιας και τα δύο αυτά θέματα άπτονται του πεδίου της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων.

3.3.1 Μοντελοποίηση της χρονικής Διάστασης

Το γεγονός ότι ο χρόνος στις ιατρικές εφαρμογές εμφανίζεται με πολλούς τρόπους σε σχέση με τα διαθέσιμα δεδομένα και την ιατρική γνώση δημιουργεί την ανάγκη για την ύπαρξη ενός τρόπου μοντελοποίησης του, που να διευκολύνει την επεξεργασία των ιατρικών δεδομένων.

Όπως είναι γνωστό ο πραγματικός χρόνος είναι άπειρος. Ο πιο γνωστός τρόπος αναπαράστασής του σε εφαρμογές βάσεων δεδομένων που δεν ανήκουν στο πεδίο της ιατρικής είναι η μοντελοποίησή του ως αριθμητική γραμμή, είτε ακεραίων είτε πραγματικών αριθμών (dense number line). Η γραμμή αυτή ονομάζεται χρονικός άξονας και η μονάδα χρόνου της καθορίζεται από το δεδομένο που έχει τη μικρότερη χρονική διάρκεια. Ωστόσο στις ιατρικές εφαρμογές η αναπαράσταση αυτή δεν είναι ικανοποιητική. Αντίθετα υπάρχει ανάγκη για ένα πιο πλούσιο μοντέλο αναπαράστασης της χρονικής διάστασης που να επιτρέπει μια πολυδιάστατη δομή και να προσφέρει τη δυνατότητα αναπαράστασης των διάφορων περιστατικών σε διαφορετικές μονάδες χρόνου (granularity [μέρες, ώρες, μήνες, λεπτά κ.ο.κ.]) και τη δυνατότητα μετατροπής των χρονικών αναφορών ενός περιστατικού από τη μια μονάδα χρόνου στην άλλη.

3.3.2 Μοντελοποίηση περιστατικών και καταστάσεων

Εξίσου σημαντικό ζήτημα, εκτός από την μοντελοποίηση της ίδιας της χρονικής διάστασης είναι και ο τρόπος μοντελοποίησης των διάφορων περιστατικών και καταστάσεων.

Στην ιατρική τα διάφορα δεδομένα που είναι διαθέσιμα στους γιατρούς δεν παρουσιάζονται πάντα στην ίδια μονάδα χρόνου (granularity). Πιο απλά δεν είναι απαραίτητο τα ιατρικά δεδομένα που παρουσιάζουν την κατάσταση ενός ασθενή να είναι όλα εκφρασμένα στην ίδια χρονική μονάδα, δηλαδή να περιγράφονται όλα σε μήνες ή όλα σε μέρες κ.ο.κ. Για παράδειγμα, ένας πυρετός μπορεί να συνδέεται με ώρες και μέρες αλλά όχι με μήνες και χρόνια. Η εγκυμοσύνη μπορεί να εκφραστεί σε βδομάδες ή μήνες αλλά όχι σε χρόνια. Επιπλέον, το σύμπτωμα του πονοκεφάλου για παράδειγμα, σε ένα ασθενή μπορεί να εμφανίζεται κάθε 3 μέρες ενώ κάποιος άλλος ασθενής μπορεί να παρουσιάζει το ίδιο σύμπτωμα κάθε βδομάδα.

Με λίγα λόγια, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα περιγραφής της ύπαρξης κάποιου περιστατικού με πολλούς διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τη χρονική διάρκειά του, τις πληροφορίες που έχουμε στη διάθεσή μας και ανάλογα με το που θέλουμε να δώσουμε περισσότερη έμφαση. Για παράδειγμα, μπορούμε να καταγράψουμε την πληροφορία «Ο ιός της γρίπης άρχισε στις 12 Μάρτη», με μόνη αναφορά στην έναρξη του περιστατικού επειδή ίσως δεν γνωρίζουμε την ακριβή διάρκειά του ή επειδή δεν τη θεωρούμε και τόσο σημαντική. Μπορούμε επίσης να καταγράψουμε την πληροφορία «Ο πυρετός διήρκεσε 3 μέρες», όπου υπάρχει αναφορά στη διάρκεια του περιστατικού ή «Ο πυρετός άρχισε τις 4 το απόγευμα και υποχώρησε στις 12 τα μεσάνυχτα» όπου υπάρχει ακριβής αναφορά στα σημεία έναρξης και τερματισμού του περιστατικού.

Κάτι τέτοιο λοιπόν δεν προσφέρεται όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως με τον κλασικό τρόπο αναπαράστασης του χρόνου, την αριθμητική γραμμή. Είναι φανερό, ότι υπάρχει ανάγκη για ένα μοντέλο αναπαράστασης της χρονικής διάστασης το οποίο να λαμβάνει υπόψη του τις ιδιαιτερότητες που έχουν αναφερθεί αναφορικά με την ανάγκη για ύπαρξη πολλαπλών μονάδων χρόνου και να επιτρέπει την αναπαράσταση του ίδιου περιστατικού σε διαφορετικές μονάδες χρόνου.

Ένα μοντέλο αναπαράστασης χρόνου, το οποίο συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για τη μοντελοποίηση των διάφορων ιατρικών καταστάσεων και περιστατικών και το οποίο προτείνεται στη βιβλιογραφία [1,2] περιλαμβάνει τη χρήση **χρονικών αντικειμένων (time objects)** τα οποία αναπαριστούν ουσιαστικά τις υπάρξεις ιδιοτήτων σε συγκεκριμένους χρονικούς άξονες. Το συγκεκριμένο μοντέλο, μαζί με ένα σύνολο σχέσεων που μπορεί να υπάρξουν μεταξύ των διαφορετικών χρονικών αξόνων, επιτρέπει την αναπαράσταση ενός περιστατικού σε περισσότερους από ένα χρονικούς άξονες, στοιχείο πολύ σημαντικό για τα ιατρικά δεδομένα. Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται λεπτομερής αναφορά στην έννοια του χρονικού αντικειμένου και στις σχέσεις που μπορεί να υπάρξουν μεταξύ των χρονικών αντικειμένων και επιπλέον παρουσιάζεται συγκεκριμένο παράδειγμα που αφορά τη μετατροπή των δεδομένων από μια μονάδα χρόνου σε άλλη (βλ.5.3).

Στο σημείο αυτό ακολουθεί αναφορά σε κάποια επιμέρους θέματα τα οποία προκύπτουν αναφορικά με τη μοντελοποίηση περιστατικών και καταστάσεων και τα οποία είναι σημαντικό να έχουμε υπόψη μας στη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων σχετικά με τον προσδιορισμό των χρονικών χαρακτηριστικών των περιστατικών σε σχέση με τους διάφορους χρονικούς άξονες.

3.3.2.1 Απόλυτη ή Σχετική ύπαρξη περιστατικού (Absolute or Relative occurrence)

Η ύπαρξη ενός περιστατικού μπορεί να εκφραστεί είτε με απόλυτους όρους, σε σχέση δηλαδή με κάποιο σταθερό σημείο, είτε με σχετικούς όρους, σε σχέση δηλαδή με την ύπαρξη άλλων περιστατικών. Στην πρώτη περίπτωση καθορίζεται ρητά το σημείο έναρξης και το σημείο τερματισμού του περιστατικού (π.χ ο πυρετός άρχισε στις 3 το απόγευμα και υποχώρησε στις 8 το βράδυ) ενώ στην δεύτερη περίπτωση τα σημεία έναρξης και τερματισμού του περιστατικού ορίζονται με βάση άλλα περιστατικά. (πχ με την έναρξη μιας θεραπευτικής αγωγής για τον πυρετό αρχίζει υποχώρηση του πυρετού).

3.3.2.2 Απόλυτη ή σχετική ασάφεια (Absolute and relative vagueness)

Πολλές φορές λόγω της μη πληρότητας που υπάρχει στα ιατρικά δεδομένα δε μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα σημεία έναρξης και τερματισμού ή η χρονική διάρκεια ενός περιστατικού. Επιπλέον η ακρίβεια τις πλείστες φορές είναι σχετική με το δοθέν χρονικό πλαίσιο. Σε τέτοιες περιπτώσεις έχουμε τη λεγόμενη απόλυτη ασάφεια και επομένως δίνονται χρονικοί περιορισμοί που αφορούν τα σημεία έναρξης και τερματισμού ή ακόμη και τη διάρκεια του περιστατικού. Τέτοιου είδους περιορισμοί μπορεί να είναι το νωρίτερο και το αργότερο σημείο έναρξης ή τερματισμού του περιστατικού, η ελάχιστη ή η μέγιστη επιτρεπτή διάρκεια του περιστατικού κ.ο.κ. Για παράδειγμα, μπορούμε να πούμε ότι ο πυρετός διήρκησε τουλάχιστον 2 μέρες.

Εκτός από την απόλυτη ασάφεια υπάρχει επιπλέον και η σχετική ασάφεια. Ένα περιστατικό χαρακτηρίζεται με σχετική ασάφεια εάν η χρονική του σχέση με άλλα περιστατικά δεν είναι επακριβώς καθορισμένη αλλά μπορεί να εκφραστεί ως μια σύζευξη χρονικών σχέσεων (πχ έναρξη ενός περιστατικού πριν ή μετά από την εμφάνιση ενός άλλου περιστατικού [δεν υπάρχει σιγουριά ότι η έναρξη του περιστατικού θα συμβεί πριν ή θα συμβεί μετά το δεύτερο περιστατικό αλλά μπορεί να συμβεί οποιοδήποτε από τα δύο με ίσες πιθανότητες]).

3.3.2.3 Σημειακή ή διαστηματική ύπαρξη περιστατικού (Point or interval occurrence)

Ένα περιστατικό σε κάποιο χρονικό πλαίσιο μπορεί να είναι είτε σημειακό, εάν η διάρκειά του είναι μικρότερη από τη δεδομένη μονάδα χρόνου, είτε διαστηματικό, εάν η διάρκειά του είναι μεγαλύτερη από τη δεδομένη μονάδα χρόνου όπως αυτή έχει οριστεί για το συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο. Αν για παράδειγμα το δοθέν χρονικό πλαίσιο έχει ως μονάδα χρόνου τις ώρες τότε ένα περιστατικό θα θεωρηθεί σημειακό εάν η διάρκειά του δεν ξεπερνά τη μία ώρα. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου η διάρκειά του περιστατικού είναι ίση ή μεγαλύτερη της μίας ώρας τότε θεωρούμε το περιστατικό ως διαστηματικό. Σε περίπτωση που έχουμε ένα σημειακό περιστατικό τότε το θεωρούμε ως μη διασπάσιμο. Όσον αφορά τα διαστηματικά περιστατικά, αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν επιπλέον σε συνεχόμενα (convex) και σε μη συνεχόμενα (non-

convex). Όταν χαρακτηρίζουμε ένα διαστηματικό περιστατικό ως συνεχόμενο αυτό σημαίνει ότι το ξετύλιγμα του στη διάρκεια του χρονικού διαστήματος της ύπαρξής του δεν παρουσιάζει οποιεσδήποτε διακοπές και επανενάρξεις, δηλαδή η ύπαρξη του δε διακόπτεται καθόλου σε αυτό το διάστημα. Αντίθετα όταν χαρακτηρίζουμε ένα διαστηματικό περιστατικό ως μη συνεχόμενο τότε αυτό σημαίνει ότι το ξετύλιγμα του στο χρονικό διάστημα της ύπαρξής του περιλαμβάνει και περιόδους αδράνειας, περιόδους δηλαδή όπου το περιστατικό σταματά και στη συνέχεια αρχίζει και πάλι. Βασικά ένα μη συνεχόμενο διαστηματικό περιστατικό είναι πολλές φορές και περιοδικό όταν οι στιγμές αδράνειας που παρουσιάζονται στο ξετύλιγμα του παρουσιάζουν κάποια τακτικότητα.

3.3.2.4 Σύνθετο περιστατικό (Compound occurrence)

Όταν υπάρχουν επαναλαμβανόμενες εμφανίσεις κάποιας μορφής περιοδικότητας με τρόπο που να υπάρχει μια τακτικότητα τότε το σύνολο των εμφανίσεων της περιοδικότητας αποτελεί ένα σύνθετο περιοδικό περιστατικό.

Ένα σύνθετο περιοδικό περιστατικό μπορεί να προκύψει για παράδειγμα από ένα σύνολο διαδοχικών επαναλήψεων μιας τάσης ή ακόμη και από ένα σύνολο περιοδικών περιστατικών οι επαναλήψεις των οποίων παρουσιάζουν κάποια τακτικότητα. Ένα παράδειγμα σύνθετου περιοδικού περιστατικού είναι η **φωλιασμένη περιοδικότητα (nested periodicity)**.

Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται ένα σύνθετο περιοδικό περιστατικό και πιο συγκεκριμένα μια φωλιασμένη περιοδικότητα, αφού το επαναληπτικό στοιχείο είναι ουσιαστικά ένα περιοδικό περιστατικό. Πιο συγκεκριμένα η φωλιασμένη περιοδικότητα που φαίνεται στο Σχήμα 3.1 και η οποία αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και τερματίζει την χρονική στιγμή 45 έχει ως επαναληπτικό της στοιχείο ένα πιο απλό περιοδικό περιστατικό που επαναλαμβάνεται τα χρονικά διαστήματα 1 μέχρι 18 και 28 μέχρι 45.



Σχήμα 3.1 – Φωλιασμένη Περιοδικότητα

Ένα σύνθετο περιοδικό περιστατικό μπορεί να διασπαστεί στα πιο απλά δομικά στοιχεία που το αποτελούν μέσω της **εκλέπτυνσης (refinement)** και μπορεί να δημιουργηθεί με σύνθεση των πιο απλών δομικών στοιχείων του μέσω της **αφαίρεσης (abstraction)**.

3.3.2.5 Αιτιολογική σχέση μεταξύ υπάρξεων και χρονικοί περιορισμοί (Causality and other temporal constraints)

Στις ιατρικές εφαρμογές, οι αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων περιστατικών που παρουσιάζονται κατέχουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα, μια ασθένεια μπορεί να προκαλείται από μια άλλη ασθένεια ή να προκαλεί η ίδια μια άλλη ασθένεια, ένα σύμπτωμα μπορεί να προκαλείται από κάποια ασθένεια κ.ο.κ. Τέτοιου είδους σχέσεις χρησιμοποιούνται πολύ τόσο σε προγνωστικές όσο και σε διαγνωστικές διαδικασίες.

Αναφορικά με το θέμα αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι κανένα περιστατικό του οποίου η εμφάνιση προκαλείται από κάποιο δεύτερο περιστατικό δεν μπορεί να προηγείται της εμφάνισης του δεύτερου περιστατικού. Για παράδειγμα, η χορήγηση ενός φαρμάκου για τη μείωση της χοληστερόλης δε μπορεί να προηγείται της εμφάνισης αυξημένης, πάνω από τα φυσιολογικά όρια χοληστερόλης. Αυτός ο περιορισμός στηρίζεται ουσιαστικά στη χρονική αρχή που διέπει τις αιτιολογικές σχέσεις σύμφωνα με την οποία κανένα αποτέλεσμα δεν προηγείται της αιτίας που το προκάλεσε.

Ένα περιστατικό, εκτός από τις αιτιολογικές σχέσεις μέσω των οποίων συνδέεται με άλλα περιστατικά, μπορεί να σχετίζεται επιπλέον με κάποιους χρονικούς περιορισμούς που μπορεί να αφορούν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των επαναλήψεων του (π.χ οι

επαναλήψεις ενός περιοδικού περιστατικού θα πρέπει να διαχωρίζονται από 4 ώρες), τα όρια έναρξης και τερματισμού του ή ακόμη και της χρονικής διάρκειάς του.

Αφού παρουσιάστηκαν οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να καθοριστεί η ύπαρξη ενός περιστατικού σε δεδομένο χρονικό άξονα, στη συνέχεια ακολουθεί αναφορά στο χρονικό συλλογισμό και καταγράφονται οι διάφορες απαιτήσεις που υπάρχουν αναφορικά με αυτόν.

3.3.3 Χρονικός συλλογισμός και οι απαιτήσεις του

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η χρονική διάσταση στις ιατρικές εφαρμογές είναι σημαντική, αφού ανάμεσα στις διάφορες καταστάσεις που αναπτύσσονται και εμπεριέχουν μέσα τους το χρόνο υπάρχουν χρονικές σχέσεις, εξαρτήσεις αλλά και χρονικοί περιορισμοί. Υπάρχει επομένως ανάγκη ικανότητας χειρισμού των περιστατικών που έχουν μεταξύ τους χρονικές σχέσεις και εξαρτήσεις. Για παράδειγμα, στην διαδικασία της διάγνωσης είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη χρονική σειρά με την οποία εμφανίζονται τα διάφορα συμπτώματα ή ακόμη και τη διάρκειά τους. Επιπλέον στη διαδικασία της πρόγνωσης οι πιθανές εξελίξεις της ασθένειας πρέπει να παρουσιάζονται ως μια σειρά γεγονότων που εκτυλίσσονται στον χρόνο με κάποια σειρά. Όσον αφορά επίσης τη διεξαγωγή μια θεραπείας τα διάφορα βήματα που πρέπει να γίνουν για την ολοκλήρωσή της πρέπει να ακολουθηθούν με ακρίβεια όσον αφορά τη χρονική τους σειρά, με μια δεδομένη συχνότητα και με μια συγκεκριμένη διάρκεια.

Ο χρονικός συλλογισμός (temporal reasoning) στην ιατρική ή αλλιώς συλλογισμός βασιζόμενος στον χρόνο ουσιαστικά λαμβάνει υπόψη του τα όσα προαναφέρθηκαν και έχει ως στόχο να εξάγει, μέσω της επεξεργασίας των διαθέσιμων δεδομένων, συμπεράσματα για την κατάσταση της υγείας του ασθενή και για τα γεγονότα που προκαλούν τις αλλαγές στην κατάσταση αυτή. Για να το επιτύχει αυτό βέβαια και να προκύψουν όσο το δυνατό πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, λαμβάνει υπόψη του το πλαίσιο αναφοράς το οποίο αναπτύσσεται κάθε φορά γύρω από τον ασθενή.

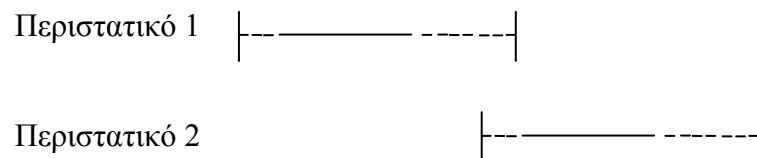
Ορισμένες από τις απαιτήσεις που υπάρχουν αναφορικά με το χρονικό συλλογισμό και οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται για την ορθή εξαγωγή συμπερασμάτων αναφέρονται αμέσως πιο κάτω [4].

Μια πρώτη απαίτηση αναφορικά με το χρονικό συλλογισμό είναι η ικανότητα καθορισμού των ορίων των απόλυτων υπάρξεων διαφόρων περιστατικών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε πολλές περιπτώσεις η ύπαρξη των περιστατικών δε μπορεί να προσδιοριστεί με απόλυτο τρόπο, είτε λόγω μη πληρότητας των δεδομένων είτε λόγω του ότι η συγκεκριμένη ύπαρξη είναι σχετική με το χρονικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται κάθε φορά και επομένως τα χρονικά χαρακτηριστικά της δε μπορούν να προκαθοριστούν. Σε μια τέτοια περίπτωση, όπου δεν καθορίζονται ρητά εκ των προτέρων οι χρόνοι έναρξης και τερματισμού ενός περιστατικού, επιβάλλεται μέσω του χρονικού συλλογισμού να παρέχεται η δυνατότητα μετάφρασης των ποιοτικών όρων που περιγράφουν τους χρόνους αυτούς σε ελάχιστα και μέγιστα όρια για τα ακριβή χρονικά σημεία. Για το συγκεκριμένο σκοπό θα πρέπει ουσιαστικά ο χρονικός συλλογισμός να είναι σε θέση να επεξεργάζεται όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, τους χρονικούς περιορισμούς που υπάρχουν για το κάθε ένα από αυτά και τις μεταξύ τους σχέσεις.

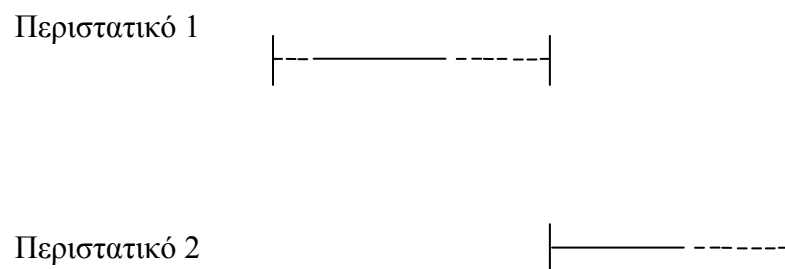
Επιπλέον είναι πολύ σημαντικό ο χρονικός συλλογισμός να διαθέτει μηχανισμούς ανίχνευσης της ασυνέπειας όσον αφορά τα δεδομένα που χρησιμοποιεί στην όλη διαδικασία. Ασυνέπεια ουσιαστικά προκύπτει εάν υπάρχουν επικαλυπτόμενα περιστατικά τα οποία συνδέονται με τη σχέση του αμοιβαίου αποκλεισμού, δηλαδή η εμφάνιση του ενός αποκλείει την εμφάνιση του άλλου και η πληροφορία αυτή είναι γνωστή εκ των προτέρων. Η ασυνέπεια μπορεί να επιλυθεί αν υπάρχει δυνατότητα μετακίνησης των εμπλεκόμενων περιστατικών έτσι ώστε η επικάλυψη να απαλειφθεί.

Ας παρατηρήσουμε για παράδειγμα το Σχήμα 3.2. Σε αυτό απεικονίζονται οι υπάρξεις δύο περιστατικών, των οποίων οι χρόνοι έναρξης και τερματισμού δε δίδονται με ακρίβεια. Επιπλέον ας υποθέσουμε ότι τα δύο περιστατικά είναι αμοιβαία αποκλειόμενα και επομένως δεν επιτρέπεται η ταυτόχρονη ύπαρξη των δύο. Τα χρονικά διαστήματα που απεικονίζονται με διακεκομμένες γραμμές υποδηλώνουν ότι η ύπαρξη του περιστατικού δεν είναι απόλυτα εξασκριβωμένη σε αυτά ενώ οι συνεχόμενες

γραμμές υποδηλώνουν επιβεβαιωμένη ύπαρξη του περιστατικού. Όπως παρατηρείται και στο σχήμα υπάρχουν χρονικά διαστήματα στα οποία υπάρχει επικάλυψη των δύο περιστατικών. Ο χρονικός συλλογισμός σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει την ασυνέπεια και να επιλύσει το πρόβλημα μέσω της μετακίνησης των χρονικών ορίων των περιστατικών έτσι ώστε να μην υπάρχουν πλέον διαστήματα στα οποία εμφανίζονται και οι δύο υπάρξεις. Το Σχήμα 3.3 αναπαριστά τις υπάρξεις των δύο περιστατικών όπως αυτές θα διαμορφωθούν μετά την επίλυση της ασυνέπειας.



Σχήμα 3.2 – Αμοιβαία αποκλειόμενα περιστατικά και ασυνέπεια



Σχήμα 3.3 –Επίλυση ασυνέπειας μέσω μετακίνησης των χρονικών ορίων των περιστατικών

Σε περίπτωση που η μετακίνηση των χρονικών ορίων των υπάρξεων των περιστατικών δεν είναι δυνατή λόγω του ότι το επικαλυπτόμενο μέρος τους ανήκει στην επιβεβαιωμένη ύπαρξη και των δύο, τότε ο συλλογισμός θα πρέπει απλά να εντοπίζει

την ασυνέπεια και να μην χρησιμοποιεί τα περιστατικά που την προκαλούν στη διαδικασία γιατί τότε θα προκύψουν λανθασμένα συμπεράσματα αναφορικά με την κατάσταση της υγείας του ασθενή.

Μια επιπλέον απαίτηση που αφορά το χρονικό συλλογισμό είναι η ικανότητα παραγωγής νέων περιοδικοτήτων από ήδη υπάρχουσες περιοδικότητες. Πιο συγκεκριμένα, ο χρονικός συλλογισμός θα πρέπει να είναι σε θέση χρησιμοποιώντας περιοδικότητες που έχουν ήδη προκύψει από προηγούμενες εφαρμογές της χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων να εντοπίζει νέα μοτίβα που παρουσιάζουν κάποια τακτικότητα και μπορούν να χαρακτηριστούν ως περιοδικά περιστατικά (διαδικασία αφαίρεσης). Επιπλέον θα πρέπει να είναι σε θέση δεδομένου μιας σύνθετης περιοδικότητας να εντοπίζει τις πιο απλές περιοδικότητες από τις οποίες αυτή αποτελείται (διαδικασία εκλέπτυνσης) ενώ παράλληλα θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί νέα περιστατικά χρησιμοποιώντας ήδη υπάρχουσες περιοδικότητες και τις αιτιολογικές σχέσεις που τις συνδέουν με άλλα περιστατικά.

Το γεγονός ότι πολλές φορές τα διαθέσιμα δεδομένα παρουσιάζουν κενά, δημιουργεί την ανάγκη για την ικανοποίηση μίας επιπλέον απαίτησης αναφορικά με το χρονικό συλλογισμό. Δεδομένης της ύπαρξης μιας ιδιότητας ο χρονικός συλλογισμός θα πρέπει να έχει την ικανότητα, να καταλήγει σε συμπεράσματα που αφορούν το κατά πόσο η ιδιότητα αυτή ισχύει και στο παρελθόν (και αν ναι πόσο διήρκεσε) ή αν θα ισχύει και στο μέλλον (και αν ναι για πόσο θα διαρκέσει). Πιο απλά, θα πρέπει ο χρονικός συλλογισμός να παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής της αφαιρετικότητας εύλογης ύπαρξης με σκοπό την ελαχιστοποίηση των κενών που υπάρχουν ανάμεσα στα διαθέσιμα δεδομένα και τον περιορισμό της αβεβαιότητας.

Επιπρόσθετα, ο χρονικός συλλογισμός επιβάλλεται να έχει τη δυνατότητα παραγωγής χρονικών σχέσεων μεταξύ των διαφόρων περιστατικών αφού αυτές είναι σημαντικές, όσον αφορά την πρόγνωση (οι πιθανές εξελίξεις της ασθένειας πρέπει να παρουσιάζονται ως μια σειρά γεγονότων που εκτυλίσσονται στον χρόνο με κάποια σειρά), τη διάγνωση (η σειρά εμφάνισης των διαφόρων συμπτωμάτων και η χρονική τους διάρκεια είναι σημαντικά στοιχεία για μια ορθή διάγνωση) και τη διεξαγωγή μιας θεραπείας (τα διάφορα βήματα που περιλαμβάνει η θεραπεία θα πρέπει να

ακολουθηθούν με ακρίβεια όσον αφορά τη χρονική τους σειρά, με μια δεδομένη συχνότητα και με μια συγκεκριμένη διάρκεια). Είναι πολύ σημαντικό επομένως ακόμη και αν δε καθοριστούν εκ των προτέρων οι χρονικές σχέσεις μεταξύ των περιστατικών σε κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα να μπορούν να παραχθούν βάσει χρονικού συλλογισμού.

Μια άλλη λειτουργικότητα που θα πρέπει να διαθέτει ο χρονικός συλλογισμός είναι η ικανότητα παραγωγής συμπερασμάτων που αφορούν το κατά πόσο μια υποτιθέμενη ύπαρξη ισχύει ή όχι με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα. Μια τέτοια ύπαρξη μπορεί να είναι οποιουδήποτε βαθμού πολυπλοκότητας. Μπορεί να είναι είτε περιοδικό περιστατικό, είτε ένα απλό περιστατικό ή κάποιο μοτίβο κ.ο.κ. Στόχος είναι να μπορεί να διερευνηθεί, με βάση το χρονικό συλλογισμό, κατά πόσο η συγκεκριμένη ύπαρξη, δεδομένου κάποιου χρονικού πλαισίου και άλλων υπάρξεων που είναι διαθέσιμες σε αυτό, είναι είτε αληθής, δηλαδή μπορεί να προκύψει από τις ήδη διαθέσιμες υπάρξεις, είτε ψευδής, δηλαδή δε μπορεί να προκύψει με βάση τις διαθέσιμες υπάρξεις. Υπάρχει επίσης το ενδεχόμενο η συγκεκριμένη ύπαρξη να είναι άγνωστη. Αυτό συμβαίνει όταν οι διαθέσιμες υπάρξεις δεν είναι επαρκείς για να καταλήξουμε σε κάποιο συμπέρασμα. Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε ανάλογα με το περιεχόμενό τους είναι χρήσιμα σε προγνωστικές και διαγνωστικές διαδικασίες. Η συγκεκριμένη λειτουργικότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου έχουν μελετηθεί τα διαθέσιμα δεδομένα και έχουν προκύψει υποψήφιες υποθέσεις υπάρξεων που θα πρέπει να διερευνηθούν για να επιβεβαιωθούν ή να αναιρεθούν.

Τέλος μια ακόμη απαραίτητη λειτουργικότητα του χρονικού συλλογισμού είναι η ικανότητα εξαγωγής της ολότητας ενός κόσμου σε ένα δεδομένο χρονικό σημείο. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει δυνατότητα έρευνας και εξεύρεσης διαφόρων υπάρξεων που ισχύουν σε κάποια χρονική στιγμή. Πιο απλά πρέπει να μπορεί να απαντηθεί το ερώτημα: Για το χρονικό σημείο t , ποια περιστατικά είναι αληθή για την περίοδο p ; Το ερώτημα αυτό είναι χρήσιμο για την προηγούμενη λειτουργικότητα στην οποία αναφερθήκαμε, αφού με βάση αυτή μπορούν να δημιουργηθούν οι διαθέσιμες υπάρξεις για τη χρονική στιγμή που μας ενδιαφέρει.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αφού έγινε ήδη αναφορά στη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων και στη σημασία της ύπαρξης ενός νέου μοντέλου αναπαράστασης της χρονικής διάστασης για τη μοντελοποίηση των διαφόρων υπάρξεων και περιστατικών, στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν δύο από τα συστήματα που έχουν προταθεί για την εξαγωγή χρονικών αφαιρετικότητων. Πρώτα όμως θα γίνει μια συνοπτική αναφορά στα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει μία μέθοδος χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων για να μπορεί να λειτουργεί σωστά και να επιτυγχάνει τα επιθυμητά αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση, μιας και η λειτουργία των συστημάτων αυτών στηρίζεται στη χρήση μεθόδων χρονικής αφαιρετικότητας δεδομένων.

4.1 Απαραίτητα Χαρακτηριστικά Μεθόδων για Εξαγωγή Αφαιρετικότητων

Γενικά μια μέθοδος αφαιρετικότητας δεδομένων (**abstraction method**) θα πρέπει να μπορεί να ανταπεξέλθει με ασαφή και «noisy» δεδομένα, με δεδομένα μη ολοκληρωμένα και δεδομένα που δεν αναπαρίστανται στην ίδια μορφή και με βάση αυτά να παράγει ορθές αφαιρετικότητες οποιουδήποτε βαθμού πολυπλοκότητας.

Πιο συγκεκριμένα, μια μέθοδος που χρησιμοποιείται με σκοπό την εξαγωγή αφαιρετικότητων θα πρέπει να μπορεί να λαμβάνει ως εισόδους, τόσο αριθμητικά, όσο και ποιοτικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αφαιρετικότητας αφού όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στην περίπτωση της μη κατευθυνόμενης αφαιρετικότητας η μέθοδος που χρησιμοποιείται επαναλαμβάνεται συνεχώς μέχρι να μην μπορούν να προκύψουν άλλες αφαιρετικότητες και σε κάθε επανάληψη εκτός από τα αρχικά δεδομένα συμμετέχουν και οι διάφορες αφαιρετικότητες, διαφορετικού επιπέδου και πολυπλοκότητας που έχουν προκύψει μέχρι στιγμής. Επιπλέον, τα δεδομένα δεν πρέπει να είναι όλα κατ' ανάγκη εκφρασμένα στην ίδια μονάδα χρόνου (π.χ μέρες, λεπτά, μήνες, χρόνια), αφού αυτό είναι κάτι που εξαρτάται από το είδος των δεδομένων αλλά και από τη διάρκεια τους, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι επίσης οι αφαιρετικότητες που θα προκύψουν από την εφαρμογή μιας μεθόδου να είναι διαθέσιμες για σκοπούς απαντήσεων σε ερωτήματα για όλα τα επίπεδα αφαιρετικότητας. Για να είναι εφικτό κάτι τέτοιο θα πρέπει η μέθοδος να ανταποκρίνεται στους στόχους της αφαιρετικής διαδικασίας για το συγκεκριμένο σκοπό που χρησιμοποιήθηκε και πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη της τα διάφορα πλαίσια αναφοράς που υπάρχουν και αφορούν τα διαθέσιμα δεδομένα ούτως ώστε τα αποτελέσματά της να είναι ορθά και να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που θα πρέπει να διαθέτει μια μέθοδος χρονικής αφαιρετικότητας είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης ακόμα και δεδομένων που καταφθάνουν αφότου η μέθοδος έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και έχουν ήδη προκύψει κάποιες αφαιρετικότητες. Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις των μεταβολών του επιπέδου σακχάρου στο αίμα για κάποιο ασθενή ίσως για κάποιους λόγους αντί να είναι διαθέσιμα προτού αρχίσει η εφαρμογή της μεθόδου να είναι έτοιμα μια μέρα αργότερα. Αυτά πρέπει να ληφθούν υπόψη και να συμμετάσχουν στην διαδικασία εξαγωγής αφαιρετικοτήτων και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να αγνοηθούν. Με βάση αυτή τη συγκεκριμένη προσέγγιση, ίσως κάποια δεδομένα που καταφθάνουν σε μια χρονική στιγμή στην οποία έχουν ήδη προκύψει κάποιες αφαιρετικότητες, να επιδρούν σε αυτές και να τις διαμορφώνουν. Το φαινόμενο αυτό, κατά το οποίο δηλαδή διαμορφώνονται οι παραγόμενες αφαιρετικότητες εξαιτίας των δεδομένων που καταφθάνουν μετά την έναρξη εφαρμογής της μεθόδου ονομάζεται *view update* και είναι σημαντικό να υπάρχει μιας και σε διαφορετική περίπτωση δε θα έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα διαθέσιμα δεδομένα και θα προκύψουν λάθος αφαιρετικότητες με αποτέλεσμα να καταλήξουμε σε λανθασμένα συμπεράσματα [3].

Ακόμη ένα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να χαρακτηρίζει όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αφαιρετικοτήτων είναι η δυνατότητα ύπαρξης διαφορετικών ερμηνειών που αφορούν κάποιο συγκεκριμένο περιστατικό ανάλογα με τους παράγοντες που ισχύουν τη συγκεκριμένη στιγμή που εξετάζουμε και που επηρεάζουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο το περιστατικό και την ύπαρξή του. Για παράδειγμα, η μείωση των επιπέδων κάποιου στοιχείου στο αίμα ίσως θεωρηθεί ως κάτι το αφύσικο, ως ένα σύμπτωμα που υποδηλώνει ίσως την ύπαρξη κάποιας

ασθενείας αν δεν υπάρχει κάποια επιπλέον πληροφορία για την ύπαρξη κάποιου άλλου περιστατικού (πχ θεραπευτική ενέργεια) που να δικαιολογεί τη μείωση αυτή. Αντίθετα, αν υπάρχει πληροφορία ότι ταυτόχρονα με την μείωση του συγκεκριμένου στοιχείου στο αίμα γίνεται και μια χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής στον ασθενή τότε δε θα πρέπει να γίνει η εξαγωγή του προηγούμενου συμπεράσματος εφόσον αυτό που προκάλεσε τη μείωση ήταν η λήψη του συγκεκριμένου φαρμάκου από τον ασθενή [3]. Τέτοιες διαφορετικές αφαιρετικότητες που προκύπτουν με βάση κάποιο διαφορετικό πλαίσιο αναφοράς και οι οποίες αφορούν το ίδιο δεδομένο θα πρέπει να είναι διαθέσιμες σε περίπτωση που χρειαστούν.

Άλλο ένα βασικό χαρακτηριστικό των μεθόδων χρονικής αφαιρετικότητας είναι η δυνατότητα περιορισμού των ασαφειών που μπορεί να υπάρχουν στα δεδομένα. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν για παράδειγμα ορισμένες αμφιβολίες για την ακριβή έναρξη ή τον τερματισμό μιας ιδιότητας, η μέθοδος θα πρέπει χρησιμοποιώντας εμπειρική γνώση που αφορά τα χρονικά χαρακτηριστικά (πχ έναρξη, τερματισμός, διάρκεια) τυχόν προηγούμενων εμφανίσεων της ίδιας ιδιότητας ή χρονικούς περιορισμούς και αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ ιδιοτήτων να περιορίζει την ασάφεια χωρίς να επηρεάζει την αξιοπιστία των δεδομένων. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι υπάρχει απόλυτη ασάφεια για τα χρονικά χαρακτηριστικά της ιδιότητας X, αλλά ωστόσο υπάρχουν δεδομένα που αφορούν εμφανίσεις της ιδιότητας αυτής στο παρελθόν. Ας υποθέσουμε επίσης ότι οι παλαιότερες υπάρξεις της ιδιότητας έχουν την ίδια διάρκεια και διαχωρίζονται από κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα. Πιο συγκεκριμένα ας θεωρήσουμε ότι η ιδιότητα X εμφανίστηκε στο παρελθόν τις χρονικές στιγμές 3 μέχρι 6, 8 μέχρι 11 και 13 μέχρι 16. Σε μια τέτοια περίπτωση η μέθοδος θα πρέπει να τοποθετήσει την έναρξη της μη προκαθορισμένης χρονικά εμφάνισης της ιδιότητας X περίπου στη χρονική στιγμή 18 και τον τερματισμό περίπου στην χρονική στιγμή 21, εφόσον κάθε μια από τις προηγούμενες εμφανίσεις της ιδιότητας είχε 2 χρονικές μονάδες απόσταση από την προηγούμενη της και διαρκούσε συνολικά 3 χρονικές μονάδες.

Τέλος κάθε μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή χρονικών αφαιρετικοτήτων σε κάποιο συγκεκριμένο ιατρικό πεδίο, θα πρέπει να είναι γενικεύσιμη και σε άλλα ιατρικά πεδία. Για να είναι εφικτό κάτι τέτοιο, θα πρέπει η αναπαράσταση της γνώσης που συσχετίζεται άμεσα με το πεδίο στο οποίο η μέθοδος χρησιμοποιείται να γίνεται με καθαρά δηλωτικό τρόπο. Με τη χρήση ουσιαστικά του δηλωτικού τρόπου αναπαράστασης της γνώσης την οποία μια μέθοδος χρησιμοποιεί, θα μπορούν άλλα ιατρικά πεδία να χρησιμοποιήσουν το σύστημα που ενσωματώνει τη συγκεκριμένη μέθοδο χωρίς να χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα νέο σύστημα από την αρχή. Το μόνο που θα χρειαστεί να γίνει σε μια τέτοια περίπτωση είναι να ενσωματωθεί η κατάλληλη γνώση που αφορά το νέο πεδίο. Ο δηλωτικός τρόπος αναπαράστασης της γνώσης εξάλλου διευκολύνει την απόκτηση και τη συντήρησή της μιας και οποιεσδήποτε αλλαγές που την αφορούν δε θα συνεπάγονται αλλαγές και στην ίδια τη μέθοδο.

4.2 Συστήματα παραγωγής χρονικών αφαιρετικοτήτων

Στο σημείο αυτό γίνεται αναφορά σε δύο από τα συστήματα που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την παραγωγή χρονικών αφαιρετικοτήτων.

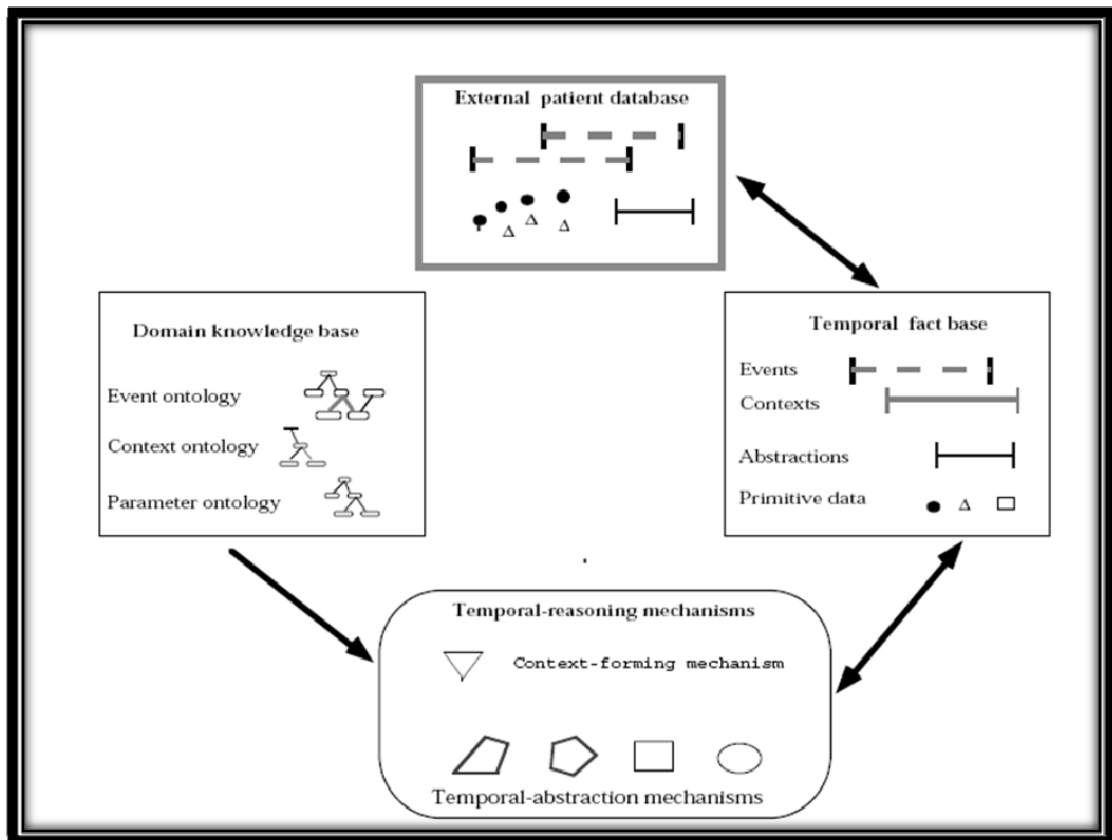
4.2.1 Σύστημα RÉSUMÉ

Το σύστημα αυτό υλοποιήθηκε από τους Shahar και Musen και βασίζεται σε ένα μοντέλο τριών βασικών μηχανισμών χρονικής αφαιρετικότητας: τη **χρονική αφαιρετικότητα σημείου (point temporal abstraction)**, το **χρονικό συμπέρασμα (temporal inference)** και τη **χρονική παρεμβολή (temporal interpolation)**.

Η χρονική αφαιρετικότητα σημείου αφορά ουσιαστικά τη μετατροπή της τιμής μιας παραμέτρου σε κάποιο αφαιρετικό δεδομένο, το χρονικό συμπέρασμα είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου ο χρονικός συλλογισμός χρησιμοποιείται για να καταλήξουμε σε συμπεράσματα που αφορούν κάποιο διάστημα ή δύο συνεχόμενα διαστήματα και η χρονική παρεμβολή είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να γεφυρώσει μη συνεχόμενα διαστήματα που αναφέρονται στην ίδια παράμετρο.

Βασικά το σύστημα στηρίζεται σε αφαιρετικές μεθόδους που έχουν ως βάση τους τη γνώση (knowledge based temporal abstraction). Στόχος του είναι να διαχειρίζεται τα στοιχεία που αφορούν κάποιο ασθενή και την υγεία του, να δημιουργεί ενδιάμεσες αφαιρετικότητες και να καταγράφει τις λογικές εξαρτήσεις που υπάρχουν μεταξύ τους, να επαναχρησιμοποιεί τις αφαιρετικότητες που προκύπτουν για να παράγει άλλες πιο πολύπλοκες και να απαντά ερωτήματα που αφορούν την κατάσταση της υγείας του ασθενή.

Το σύστημα αυτό θεωρεί ότι τα περιεχόμενα που αποθηκεύονται στη βάση του ισχύουν από τη στιγμή που εμφανίζονται μέχρι που κάποιο χρονικό δεδομένο που εμφανίζεται ή ο συνδυασμός κάποιων δεδομένων που προκύπτει με βάση το χρονικό συλλογισμό προκαλέσει κάτι και αυτά πάντως να ισχύουν. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το σύστημα για να εξασφαλίσει την ικανοποίηση του γεγονότος αυτού χρησιμοποιεί το **σύστημα διατήρησης της αλήθειας (truth maintenance system)**, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη συνεχή ενημέρωση της βάσης, στην οποία είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα του ασθενή και οι αφαιρετικότητες που προκύπτουν κάθε φορά, με τα κατάλληλα στοιχεία.



Σχήμα 4.1 – Αρχιτεκτονική συστήματος RÉSUMÉ [8 pp. 188-190]

Το σύστημα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.1 αποτελείται από την **εξωτερική βάση δεδομένων (external patient database)**, τη **χρονική βάση δεδομένων (temporal fact base)**, τους διάφορους **μηχανισμούς χρονικού συλλογισμού (temporal reasoning mechanisms)** και τη **βάση γνώσης (domain knowledge base)**.

Στην εξωτερική βάση δεδομένων είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα του ασθενή όπως αυτά καταγράφονται από το γιατρό και τα οποία δεν έχουν υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία. Από την συγκεκριμένη βάση είναι που το σύστημα λαμβάνει τα αρχικά δεδομένα του ασθενή (συμπτώματα, ασθένειες, θεραπευτικές ενέργειες, χειρουργικές επεμβάσεις κ.ο.κ). Όσον αφορά τη χρονική βάση δεδομένων, σε αυτήν αποθηκεύονται διαστήματα που παρουσιάζουν εξωτερικά γεγονότα, τα αρχικά δεδομένα του ασθενή που λαμβάνονται από την εξωτερική βάση δεδομένων καθώς επίσης και αφαιρετικότητες που προκύπτουν από αυτά και τις οποίες παράγει το σύστημα. Στη βάση γνώσης αποθηκεύονται οι τελικές αφαιρετικότητες που προκύπτουν από την όλη διαδικασία που ακολουθεί το σύστημα λαμβάνοντας υπόψη του τα διάφορα πλαίσια

αναφοράς. Οι τελικές αφαιρετικότητες που παράγονται από το σύστημα αποθηκεύονται επίσης και στην εξωτερική βάση δεδομένων.

4.2.2 Σύστημα TrenDx

Το σύστημα αυτό υλοποιήθηκε από τους Haimowitz and Kohane. Σε αντίθεση με το σύστημα RÉSUMÉ το σύστημα αυτό δεν έχει ως στόχο να δημιουργεί ενδιάμεσες αφαιρετικότητες εφόσον δεν έχει ως σκοπό του να απαντήσει σε ερωτήματα που αφορούν την κατάσταση και την εξέλιξη της υγείας του ασθενή. Σκοπός του είναι να ταιριάζει αποδοτικά τα διαθέσιμα δεδομένα που αφορούν τον ασθενή με κάποια προκαθορισμένα **πρότυπα τάσεων (trend templates)** και επομένως δε δίνει έμφαση στην απόκτηση, διατήρηση και επαναχρησιμοποίηση των πληροφοριών που προκύπτουν από τα δεδομένα του ασθενή.

Ουσιαστικά με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται κάποια πρότυπα τάσεων για να ανιχνευθούν τάσεις σε χρονικές σειρές δεδομένων. Τα πρότυπα τάσεων περιγράφουν τυπικά χρονικά μοτίβα φυσιολογικών συμπεριφορών, ασθενειών και άλλων καταστάσεων και αποτελούνται από ένα μερικώς διατεταγμένο σύνολο χρονικών διαστημάτων.

Το μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η χρήση απόλυτων τιμών για τα όρια που θα ταιριάζουν με ένα τυπικό μοτίβο και η ανάγκη προκαθορισμού της αναμενόμενης φυσιολογικής συμπεριφοράς των παραμέτρων κατά τη διαδικασία παρακολούθησης του ασθενή. Όσον αφορά τη χρήση απόλυτων τιμών για τα όρια που θα ταιριάζουν με ένα τυπικό μοτίβο, τα απόλυτα αυτά όρια δε λαμβάνουν υπόψη τους το βαθμό ανωμαλιών των παραμέτρων. Όσον αφορά τον προκαθορισμό της αναμενόμενης φυσιολογικής συμπεριφοράς παραμέτρων, πρέπει να διευκρινιστεί ότι σε πολλά ιατρικά πεδία είναι αδύνατο να οριστούν στατικές τροχιές των υπό παρακολούθηση παραμέτρων, αφού ανάλογα με τα διαφορετικά πλαίσια αναφοράς αναμένονται διαφορετικές φυσιολογικές συμπεριφορές. Επιπλέον η φυσιολογική συμπεριφορά καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως για παράδειγμα την κατάσταση της υγείας του ασθενή στο παρελθόν.

Ένα παράδειγμα στο οποίο φαίνεται ξεκάθαρα ότι η φυσιολογική συμπεριφορά των παραμέτρων δεν μπορεί να προκαθοριστεί είναι το ακόλουθο: Ας υποθέσουμε ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 λεπτών της παρακολούθησης της διαδερμικής μερικής πίεσης του ασθενή παρατηρήθηκε μείωση της από 94 mmHg σε 90 mmHg και αυτό θεωρείται «πολύ αργή μείωση» επειδή η διαδερμική μερική πίεση του ασθενή είναι πολύ πιο πάνω από το πεδίο στόχου. Ωστόσο η ίδια μείωση (4 μονάδες), από 54 mmHg σε 50 mmHg, στον ίδιο χρόνο θεωρείται φυσιολογική μείωση διότι η πίεση είναι ελάχιστα πιο πάνω από το πεδίο στόχου. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το εξής: Κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης ενός ασθενή η τιμή ενός συστατικού στο αίμα του είναι 5 μονάδες πάνω από το επιτρεπτό. Αν ο ασθενής λαμβάνει κάποιο φάρμακο το οποίο είναι γνωστό ότι αυξάνει τις τιμές του συστατικού αυτού τότε η συμπεριφορά αυτή θεωρείται φυσιολογική. Ωστόσο, αν ο ασθενής δε λαμβάνει κάποιο φάρμακο τότε η συμπεριφορά αυτή θα θεωρηθεί επικίνδυνη και θα πρέπει να γίνει η αναζήτηση των αιτιών που προκάλεσαν την αύξηση αυτή [8].

Συμπερασματικά, είναι φανερό ότι ο εκ των προτέρων καθορισμός της φυσιολογικής συμπεριφοράς δεν είναι κάτι το εφικτό. Η φυσιολογική συμπεριφορά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και πρέπει να καθορίζεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης του ασθενή, πράγμα που δεν υποστηρίζεται από την προσέγγιση του συστήματος Trendx.

5. ΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΕΥΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Μέχρι στιγμής έχει δοθεί έμφαση στα σημαντικότερα θέματα που αφορούν την αφαιρετικότητα δεδομένων με σκοπό να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι που οδήγησαν στην ανάγκη χρήσης των διαφόρων μεθόδων αφαιρετικότητας στο πεδίο της ιατρικής ενώ ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στη χρονική αφαιρετικότητα δεδομένων λόγω της μεγάλης σημασίας της στην ιατρική μιας και στα ιατρικά δεδομένα ο χρόνος θεωρείται σημαντικότερο στοιχείο.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στην εξαγωγή περιοδικών αφαιρετικοτήτων από τις πληροφορίες χαμηλού επιπέδου (raw data) που λαμβάνονται από τις εγγραφές ασθενών οι οποίες περιγράφουν την κατάσταση της υγείας τους. Συγκεκριμένα, επεξηγείται η σημασία της εξαγωγής περιοδικών περιστατικών στην ιατρική, γίνεται αναφορά στον τρόπο οργάνωσης των ιατρικών δεδομένων με τη χρήση του πολυεπίπεδου χάρτη περιοδικότητας, επεξηγείται η έννοια των χρονικών αντικειμένων και παρουσιάζονται οι πιθανές χρονικές σχέσεις που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ δύο χρονικών αντικειμένων.

Ακολούθως περιγράφονται αναλυτικά δύο βασικοί αλγόριθμοι που προτείνονται στη βιβλιογραφία [1], οι οποίοι χρησιμοποιούν τα αρχικά δεδομένα που αφορούν την κατάσταση της υγείας ενός ασθενή και τα οποία υπάρχουν καταγραμμένα σε κάποια βάση δεδομένων, με σκοπό να παράξουν τις πιθανές περιοδικότητες (επαναλήψεις δηλαδή υπάρξεων ορισμένων περιστατικών [ιδιότητες, συμπτώματα κ.ο.κ] σε τακτά χρονικά διαστήματα [με κάποια τακτικότητα]) που υπάρχουν σε αυτά.

Ο πρώτος αλγόριθμος έχει ως σκοπό την εξαγωγή περιοδικών περιστατικών τάξεως 1 (order-1 periodicity) και ο δεύτερος χρησιμοποιείται για παραγωγή περιοδικών περιστατικών τάξεως μεγαλύτερης του 1 (order-n periodicity). Οι όροι περιοδικότητα τάξεως 1 και περιοδικότητα τάξεως n θα επεξηγηθούν στη συνέχεια.

5.1 Σημασία Εξαγωγής Περιοδικοτήτων

Η περιοδικότητα είναι μια έννοια πολύ σχετική με την ιατρική αφού δεν είναι λίγα τα ιατρικά φαινόμενα τα οποία επαναλαμβάνονται. Οι ασθένειες επανεμφανίζονται, τα συμπτώματα επιστρέφουν, οι θεραπευτικές αγωγές σταματούν, αρχίζουν και πάλι κ.ο.κ.

Ουσιαστικά οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή περιοδικότητας, επεξεργάζονται τα διαθέσιμα δεδομένα που αφορούν κάποιο ασθενή με σκοπό να εντοπίσουν πιθανές επαναλήψεις κάποιων περιστατικών σε τέτοια χρονικά σημεία που να φανερώνουν κάποια τακτικότητα. Κάτι τέτοιο είναι πάρα πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις πρόβλεψης της εμφάνισης κάποιων συμπτωμάτων που ο ασθενής παρουσιάζει σε τακτά χρονικά διαστήματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο γιατρός θα είναι σε θέση να προτείνει στον ασθενή κάποια φαρμακευτική αγωγή, η οποία θα λαμβάνεται από αυτόν κάποιες μέρες πριν εμφανιστούν τα συμπτώματα έτσι ώστε να αποτρέπεται τελικά η εμφάνισή τους. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για εξαγωγή περιοδικοτήτων είναι εξίσου σημαντικά στις διαγνωστικές διαδικασίες. Ο γιατρός, παρακολουθώντας τις μεταβολές κάποιων παραμέτρων που αφορούν την υγεία του ασθενή και λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη του το ιστορικό της υγείας του ασθενή και το πλαίσιο αναφοράς το οποίο αναπτύσσεται γύρω από αυτόν, θα είναι σε θέση να γνωρίζει εάν αυτές δικαιολογούνται (με βάση το πλαίσιο αναφοράς το οποίο έχει αναπτυχθεί) και οφείλονται σε τυχαία γεγονότα ή εάν όντως η περιοδικότητα που τις χαρακτηρίζει υποδηλώνει την ύπαρξη συγκεκριμένης ασθένειας. Με βάση λοιπόν αυτά τα στοιχεία θα γίνεται η διάγνωση και θα λαμβάνονται οι κατάλληλες αποφάσεις που αφορούν είτε τη χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής είτε τη διεξαγωγή κάποιας ιατρικής επέμβασης κ.ο.κ.

5.2 Αναπαράσταση Δεδομένων Ασθενή

Όπως έχει διαφανεί μέχρι στιγμής η χρήση μεθόδων εξαγωγής περιοδικοτήτων είναι ιδιαίτερα σημαντική στις προγνωστικές και διαγνωστικές διαδικασίες που διεξάγονται καθημερινά. Οι διαδικασίες αυτές επεξεργάζονται πολλαπλά δεδομένα που περιγράφουν την κατάσταση της υγείας ενός ασθενή σε δεδομένες χρονικές στιγμές και για το λόγο αυτό απαιτείται η αναπαράσταση των δεδομένων με τρόπο που η χρήση και επεξεργασία τους από το μηχανισμό συλλογισμού να γίνεται εύκολα και αποδοτικά. Ο τρόπος αναπαράστασης που χρησιμοποιείται από τις μεθόδους που εφαρμόζονται στις διάφορες ιατρικές διαδικασίες έχοντας ακριβώς τον στόχο αυτό περιγράφεται αμέσως πιο κάτω.

Σαν πρώτο σημείο, θα πρέπει να επεξηγηθεί ο όρος εγγραφή ασθενή. Ουσιαστικά μια εγγραφή ενός ασθενή αποτελείται από διάφορα στιγμιότυπα της κατάστασης της υγείας του ασθενή όπως αυτή μεταβάλλεται στον χρόνο. Πιο απλά μπορεί να θεωρηθεί ως μια βάση δεδομένων που περιέχει ένα σύνολο από χρονικά περιστατικά της μορφής **<property, time>** όπου property είναι μια ιδιότητα, όπως κάποιο σύμπτωμα, κάποια θεραπευτική ενέργεια, κάποια χειρουργική επέμβαση κ.ο.κ και time είναι η χρονική περίοδος για την οποία ισχύει η συγκεκριμένη ιδιότητα. Μερικά παραδείγματα ιδιοτήτων είναι ηλικία, σοβαρός βήχας, έντονος πονοκέφαλος κ.ο.κ.

Μια ιδιότητα μπορεί να είναι είτε **πεπερασμένης διάρκειας (finper (property))** είτε **μη πεπερασμένης διάρκειας (infper (property))**. Σε περίπτωση που είναι πεπερασμένης διάρκειας η ιδιότητα μπορεί να επαναλαμβάνεται κάθε τόσο, να έχουμε δηλαδή πολλαπλές επαναλήψεις της σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, ενώ σε περίπτωση που είναι μη πεπερασμένης διάρκειας ισχύει επ' άπειρον. Θεωρούμε ότι ιδιότητες που παρουσιάζουν φυσιολογικές καταστάσεις όπως για παράδειγμα η ηλικία και το φύλο ανήκουν σε αυτές της μη πεπερασμένης διάρκειας καταστάσεις.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μεταξύ των ιδιοτήτων μπορεί να υπάρξουν σχέσεις. Οι σχέσεις αυτές μπορεί να είναι **αιτιολογικές** (π.χ η εμφάνιση μιας ιδιότητας να προκαλεί την εμφάνιση μιας άλλης), **σχέσεις αμοιβαίου αποκλεισμού** (π.χ η εμφάνιση μιας ιδιότητας να αποκλείει την εμφάνιση μιας άλλης ταυτόχρονα με αυτή), **δομικές**

(π.χ οι εμφανίσεις δύο ιδιοτήτων αποτελούν μια νέα ιδιότητα) αλλά και **χρονικές** (π.χ η έναρξη μίας ιδιότητας ακολουθεί τον τερματισμό κάποιας άλλης, δύο ιδιότητες ισχύουν ταυτόχρονα κ.ο.κ).

Τα χρονικά περιστατικά (<property, time>) που αφορούν κάποιο ασθενή και είναι καταγεγραμμένα σε μια βάση δεδομένων, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα εμπίπτουν τα περιστατικά που περιγράφουν μη φυσιολογικές καταστάσεις (abnormality observations), δηλαδή κάποια συμπτώματα, ενώ στην δεύτερη ομάδα ανήκουν τα περιστατικά που περιγράφουν φυσικές καταστάσεις όπως ηλικία και φύλο, ή συμβάντα όπως θεραπευτικές ενέργειες ή χειρουργικές επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα διάφορα ιατρικά περιστατικά που αφορούν την κατάσταση της υγείας ενός ασθενή δεν περιγράφονται πάντοτε με τον ίδιο τρόπο (βλ.3.3) και επομένως υπάρχει ανάγκη αναπαράστασης τους σε πολλαπλούς χρονικούς άξονες αλλά και μετατροπής τους από τον ένα χρονικό άξονα στον άλλο. Η δυνατότητα αυτή προσφέρεται με τη χρήση των χρονικών αντικειμένων, των οποίων η σημασία και η χρησιμότητα επεξηγείται αμέσως πιο κάτω.

5.3 Χρονικά Αντικείμενα (Time-Objects)

Η έννοια του χρονικού αντικειμένου είναι βασική αφού προσφέρει όπως έχουμε αναφέρει ένα πιο πλούσιο μοντέλο αναπαράστασης της χρονικής διάστασης και παρέχει τη δυνατότητα αναπαράστασης των διάφορων περιστατικών σε διαφορετικές μονάδες χρόνου.

Καταρχάς, θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι τα χρονικά αντικείμενα αναπαριστούν υπάρξεις ασθενειών, συμπτωμάτων και θεραπευτικών ενεργειών. Ένα χρονικό αντικείμενο τ, είναι μια δυναμική οντότητα (η κατάσταση του μεταβάλλεται με το πέρασμα του χρόνου), για την οποία ο χρόνος είναι αναπόσπαστο χαρακτηριστικό. Ουσιαστικά μπορούμε να το θεωρήσουμε ως μια στενή σύζευξη μεταξύ μιας ιδιότητας και μιας ύπαρξης, η οποία μπορεί να αναπαρασταθεί σε πολλαπλούς χρονικούς άξονες. Ένα

αντικείμενο τ ισοδυναμεί ουσιαστικά με μια ιδιότητα (property) και μια **συνάρτηση ύπαρξης (existence function)** του, την ε_τ ($\varepsilon_\tau : \text{Axes} \rightarrow \text{Eexprs}$). Ουσιαστικά η συνάρτηση ύπαρξης δίνει μια **έκφραση απόλυτης ύπαρξης (absolute existence expression)** της ιδιότητας σε δεδομένο χρονικό άξονα. Με τον όρο έκφραση απόλυτης ύπαρξης εννοούμε το νωρίτερο σημείο έναρξης και το αργότερο σημείο τερματισμού της ύπαρξης της ιδιότητας στο δεδομένο χρονικό άξονα. Αν για παράδειγμα, το αντικείμενο τ έχει μια ισχύουσα ύπαρξη σε κάποιο άξονα a , τότε $\varepsilon_\tau(a) = \langle t_s, t_f, s \rangle$, όπου t_s, t_f ανήκουν στις τιμές του άξονα a ($\text{Times}(a)$), $t_s < t_f$ και η κατάσταση s ανήκει στο σύνολο $\{\text{closed}, \text{open}, \text{open-from-left}, \text{open-from-right}, \text{moving}\}$ [1,2,5]. Οι τρεις μεσαίες καταστάσεις υποδηλώνουν ότι τα ακριβή σημεία έναρξης και/ή τερματισμού δεν είναι γνωστά, σε αντίθεση με την πρώτη που υποδηλώνει ακριβή χρονικά σημεία, ενώ η τελευταία κατάσταση αφορά το ειδικό χρονικό αντικείμενο, το οποίο αντιπροσωπεύει το παρόν, με βάση τους ισχύοντες χρονικούς άξονες.

Ένα αντικείμενο μπορεί να χαρακτηριστεί **παθητικό (passive)** ή **ενεργό (active)**, **ατομικό (atomic)** ή **σύνθετο (compound)**. Ως παθητικό χαρακτηρίζεται εάν η ιδιότητα που αναπαριστά υποδηλώνει μια δυσλειτουργία (abnormality) και ως ενεργό εάν η ιδιότητα που αναπαριστά υποδηλώνει μια πράξη (πχ θεραπευτική ενέργεια). Ένα χρονικό αντικείμενο μπορεί επιπλέον να χαρακτηριστεί απλό εάν μοντελοποιεί μόνο μία ιδιότητα (σύμπτωμα, ασθένεια, χειρουργική επέμβαση) και σύνθετο εάν μοντελοποιεί μια σύζευξη ή μια διάζευξη μεταξύ πολλών ιδιοτήτων.

Τα χρονικά αντικείμενα συσχετίζονται μεταξύ τους μέσω διαφόρων σχέσεων. Οι σχέσεις αυτές μπορεί να είναι χρονικές (πχ πρώτα εμφανίζεται το πρώτο και μετά το δεύτερο), δομικές (πολλά περιστατικά μαζί δημιουργούν ένα άλλο) ή αιτιολογικές (ένα αντικείμενο για να υπάρξει έχει ως προϋπόθεσή του την ύπαρξη ενός άλλου). Οι χρονικές σχέσεις οι οποίες έχουν χρησιμότητα και στους αλγορίθμους που έχουν υλοποιηθεί θα παρουσιαστούν λίγο αργότερα στο Κεφάλαιο αυτό.

Η ύπαρξη ενός χρονικού αντικειμένου (συνεπώς και της ιδιότητας που αυτό αναπαριστά) όπως έχει αναφερθεί μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με διαφορετικούς χρονικούς άξονες. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι γνωρίζουμε ότι ο ασθενής X παρουσίασε σοβαρή πνευμονία στις 12 Μαρτίου του 1987 σε ηλικία 4 ετών. Το

συγκεκριμένο περιστατικό μπορεί να παρουσιαστεί στον χρονικό άξονα που περιγράφεται ως Times (lifetime) = {birth, 1-year, 2-years, . . . , death} αλλά και στον χρονικό άξονα που περιγράφεται ως Times (days_1987) = { 1_Jan_87 ,....., 12_Mar_87, . . . , 30_Aug_87}. Η βασική σχέση ανάμεσα στους δύο συγκεκριμένους χρονικούς άξονες είναι η σχέση includes (lifetime includes days-1987) και χάρη σε αυτήν μπορούμε να αναπαραστήσουμε τη συγκεκριμένη ύπαρξη και στους δύο χρονικούς άξονες και να μεταβούμε από τον ένα χρονικό άξονα στον άλλο.

Η αναπαράσταση ενός περιστατικού σε διαφορετικούς χρονικούς άξονες θεωρείται το πιο δυνατό σημείο της συγκεκριμένης προσέγγισης αναφορικά με τη μοντελοποίηση περιστατικών, λόγω του ότι το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται κάθε φορά που επεξεργαζόμαστε τα διαθέσιμα δεδομένα για συγκεκριμένο σκοπό δεν είναι πάντοτε το ίδιο. Στο παράδειγμα που μόλις αναφέρθηκε ίσως κάποτε να μη μας ενδιαφέρει η ακριβής μέρα που εκδηλώθηκε το περιστατικό αλλά η ηλικία του παιδιού όταν αυτό πραγματοποιήθηκε ενώ κάποτε ίσως μας ενδιαφέρει περισσότερο η ακριβής ημερομηνία εκδήλωσης του περιστατικού.

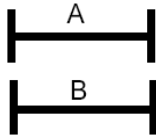
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο ρόλος των χρονικών αντικειμένων στους αλγορίθμους που έχουν υλοποιηθεί είναι σημαντικός και καθοριστικός. Ουσιαστικά, για κάθε ένα από τα χρονικά περιστατικά της μορφής <property, time> που περιγράφουν την κατάσταση της υγείας του ασθενή όπως αυτή μεταβάλλεται στο χρόνο δημιουργείται ένα χρονικό αντικείμενο το οποίο αναπαριστά το συγκεκριμένο χρονικό περιστατικό.

5.3.1 Χρονικές σχέσεις μεταξύ χρονικών αντικειμένων

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν κάποιες βασικές χρονικές σχέσεις [6] που μπορεί να υπάρχουν ανάμεσα σε χρονικά αντικείμενα και συγκεκριμένα ανάμεσα στα διαστήματα ύπαρξής τους [2]. Οι σχέσεις αυτές είναι δυαδικές, μπορούν δηλαδή να υπάρξουν μεταξύ δύο χρονικών αντικειμένων. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πιθανά μοτίβα τακτικότητας (σχέσεις που ικανοποιούν μεταξύ

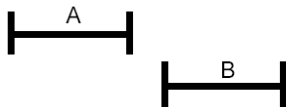
τους τα χρονικά αντικείμενα που συνθέτουν ένα περιοδικό περιστατικό) στους αλγορίθμους που έχουν υλοποιηθεί. Ακολουθεί η περιγραφή των σχέσεων αυτών.

5.3.1.1 Σχέση equal (equal (A, B))



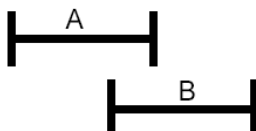
Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι δύο χρονικά αντικείμενα αρχίζουν και τερματίζουν τις ίδιες χρονικές στιγμές, σε κάποιο δεδομένο χρονικό άξονα. Πιο απλά οι υπάρξεις των δύο χρονικών αντικειμένων είναι ταυτόχρονες.

5.3.1.2 Σχέση before (before (A, B))



Η σχέση αυτή δηλώνει ότι το ένα χρονικό αντικείμενο τερματίζει/αρχίζει πριν/μετά που κάποιο άλλο χρονικό αντικείμενο αρχίζει/τερματίζει. Πιο απλά δηλώνει ότι η χρονική απόσταση μεταξύ δύο χρονικών αντικειμένων είναι τουλάχιστον μια μονάδα χρόνου σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό άξονα.

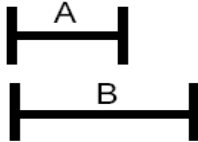
5.3.1.3 Σχέση overlap (overlap (A,B))



Η σχέση αυτή είναι συμμετρική και υποδηλώνει ότι υπάρχει μια χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας δύο χρονικά αντικείμενα συνυπάρχουν. Πιο απλά δύο χρονικά

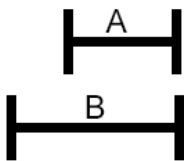
αντικείμενα που συσχετίζονται μέσω της σχέσης αυτής έχουν κοινό επικαλυπτόμενο μέρος ύπαρξης.

5.3.1.4 Σχέση start (start (A,B))



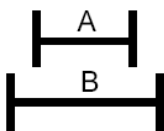
Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι ένα χρονικό αντικείμενο αρχίζει την ίδια στιγμή με κάποιο δεύτερο χρονικό αντικείμενο αλλά τερματίζει πριν από αυτό.

5.3.1.5 Σχέση finish (finish (A,B))



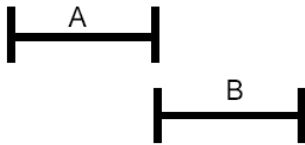
Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι ένα χρονικό αντικείμενο αρχίζει αφού κάποιο δεύτερο χρονικό αντικείμενο έχει ήδη αρχίσει ενώ και τα δύο τερματίζουν μαζί.

5.3.1.6 Σχέση during (during (A,B))



Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι το ένα χρονικό αντικείμενο αρχίζει μετά την χρονική στιγμή που κάποιο άλλο χρονικό αντικείμενο έχει ήδη αρχίσει και τερματίζει πριν αυτό τερματίσει. Με λίγα λόγια η ύπαρξη του ενός χρονικού αντικειμένου περιλαμβάνει την ύπαρξη του άλλου.

5.3.1.7 Σχέση meet (meet (A,B))



Η σχέση αυτή υποδηλώνει ότι το ένα χρονικό αντικείμενο αρχίζει/τερματίζει τη χρονική στιγμή που το άλλο χρονικό αντικείμενο τερματίζει/ξεκινά. Ουσιαστικά τα χρονικά αντικείμενα που συσχετίζονται με τη συγκεκριμένη σχέση σχηματίζουν αλυσίδα.

5.4 Πολυεπίπεδοι χάρτες περιοδικότητας

Προτού περιγραφούν οι δύο αλγόριθμοι, είναι καλό να αναφερθούν κάποια στοιχεία για τους πολυεπίπεδους χάρτες περιοδικότητας και τη δομή τους αφού η σημαντικότητά τους στον τρόπο οργάνωσης των ιατρικών δεδομένων και των αφαιρετικότητων που προκύπτουν από αυτά είναι μεγάλη και η χρήση τους στους σχετικούς αλγορίθμους περιοδικότητας είναι επίσης σημαντική.

Προηγουμένως αναφερθήκαμε στον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων των ασθενών (βλ. 5.2). Τα δεδομένα αυτά οργανώνονται σε διάφορα αφαιρετικά επίπεδα ανάλογα με το είδος και την πολυπλοκότητα της πληροφορίας που παρουσιάζουν. Πιο συγκεκριμένα τα αρχικά δεδομένα (ποσοτικά κυρίως) τοποθετούνται στο πιο χαμηλό αφαιρετικό επίπεδο, ενώ οι τάσεις, τα περιοδικά περιστατικά και άλλου είδους αφαιρετικότητες που προκύπτουν από διαδοχική εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων αφαιρετικότητας τοποθετούνται σε υψηλότερα αφαιρετικά επίπεδα. Ένα σύνθετο περιοδικό περιστατικό το οποίο ανήκει για παράδειγμα σε ένα από τα υψηλότερα επίπεδα αφαιρετικότητας είναι αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1 στο Κεφάλαιο 3.

Ο συγκεκριμένος τρόπος αναπαράστασης των δεδομένων είναι ιδιαίτερα χρήσιμος, αφού με την πολυεπίπεδη αναπαράσταση που προσφέρει, διευκολύνει την ανάκληση των δεδομένων του κατάλληλου κάθε φορά επιπέδου αφαιρετικότητας, κάτι το οποίο

είναι απαραίτητο για τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα των μεθόδων χρονικής αφαιρετικότητας οι οποίες χρησιμοποιούν δεδομένα πολλαπλών αφαιρετικών επιπέδων.

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου τρόπου οργάνωσης χρησιμοποιούνται οι **πολυεπίεδοι χάρτες περιοδικότητας (multi-layer periodicity maps)**. Ονομάζονται πολυεπίεδοι επειδή μπορούν να αναπαριστούν πολλαπλά αφαιρετικά επίπεδα. Η δομή ενός χάρτη περιοδικότητας είναι τρισδιάστατη. Η πρώτη διάσταση καθορίζεται από το διακριτό χρονικό άξονα, ο οποίος σχετίζεται με τη **μονάδα χρόνου (granularity)** των χρονικών αντικειμένων που παρουσιάζονται στον χάρτη. Η δεύτερη διάσταση καθορίζεται από τις ιδιότητες των χρονικών αντικειμένων και η τρίτη διάσταση καθορίζεται από την τάξη της περιοδικότητας που αναπαριστούν τα χρονικά αντικείμενα.

Στο πιο χαμηλό επίπεδο αφαιρετικότητας ενός χάρτη περιοδικότητας όπως έχει ήδη αναφερθεί τοποθετούνται τα αρχικά δεδομένα που αφορούν τον ασθενή και τα οποία δεν έχουν υποστεί καμία απολύτως επεξεργασία. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται επίπεδο τάξεως 0 (order-0 layer) και τα χρονικά αντικείμενα που υπάρχουν σε αυτό θεωρούνται **μη διασπάσιμα (non-decomposable)**, αφού ακόμη και αν ο συνδυασμός ορισμένων από αυτά αποτελεί περιοδικό περιστατικό δεν έχει ακόμη εντοπισθεί. Τα περιστατικά που υπάρχουν στα υπόλοιπα αφαιρετικά επίπεδα είναι διασπάσιμα εφόσον αποτελούνται ουσιαστικά από πιο απλά στοιχεία που είναι είτε απλά χρονικά αντικείμενα (**απλή περιοδικότητα**) είτε περιοδικά περιστατικά (**σύνθετη περιοδικότητα**).

5.5 Αλγόριθμοι για Εξαγωγή Περιοδικότητας

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν οι δύο βασικοί αλγόριθμοι που προτείνονται στη βιβλιογραφία [1] για την εξαγωγή περιοδικοτήτων, εμφανίσεων δηλαδή κάποιων περιστατικών με τρόπο που να παρουσιάζουν κάποια τακτικότητα. Οι δύο αλγόριθμοι επεξεργάζονται ακολουθίες από χρονικά αντικείμενα, τα οποία αναπαριστούν υπάρξεις ιδιοτήτων. Ο πρώτος αλγόριθμος χρησιμοποιείται για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1 (order-1 periodicity) και ο δεύτερος για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n (order- n).

periodicity), όπου $n \geq 2$. Με τον όρο περιοδικότητα τάξεως 1 εννοούμε περιοδικότητα που εντοπίζεται εντός της ίδιας ακολουθίας χρονικών αντικειμένων (επομένως τα χρονικά αντικείμενα που εμπλέκονται στη διαδικασία έχουν την ίδια ιδιότητα) ενώ με τον όρο περιοδικότητα τάξεως n εννοούμε περιοδικότητα που εντοπίζεται μεταξύ αντικειμένων που προέρχονται από διαφορετικές ακολουθίες (επομένως τα χρονικά αντικείμενα που εμπλέκονται στη διαδικασία έχουν διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους). Η τάξη περιοδικότητας ενός περιοδικού περιστατικού, καθορίζει ουσιαστικά το συνολικό αριθμό ιδιοτήτων που συμμετέχουν σε αυτό. Συνεπώς, αν μιλάμε για περιοδικό περιστατικό τάξεως 1 αυτό περιλαμβάνει μία μόνο ιδιότητα, αν μιλάμε για περιοδικό περιστατικό τάξεως 2 αυτό περιλαμβάνει δύο ιδιότητες κ.ο.κ.

Προτού γίνει εκτενέστερη αναφορά στους δύο αλγορίθμους είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μέθοδος που ακολουθούν και οι δύο είναι αυτή της μη κατευθυνόμενης αφαιρετικότητας δεδομένων. Πιο απλά στόχος τους δεν είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η εγγραφή του ασθενή που μας ενδιαφέρει περιέχει κάποια περιοδικά περιστατικά που ταιριάζουν με κάποιο προκαθορισμένο πρότυπο ενός είδους περιοδικού περιστατικού (Κεφάλαιο 2), αλλά να εξαχθούν όλα τα περιοδικά περιστατικά που μπορούν να παραχθούν από τα αρχικά δεδομένα που υπάρχουν στην εγγραφή του ασθενή.

Και στους δύο αλγορίθμους που ακολουθούν δε συμμετέχουν όλα τα διαθέσιμα χρονικά αντικείμενα που προκύπτουν με βάση τα χρονικά περιστατικά που υπάρχουν στο αρχείο με τα δεδομένα κάποιου ασθενή. Πιο συγκεκριμένα τα χρονικά αντικείμενα με τις ακόλουθες ιδιότητες αποκλείονται από τη διαδικασία που προτείνεται μέσω των αλγορίθμων:

- χρονικά αντικείμενα που δεν ανήκουν στο χρονικό πλαίσιο που μας ενδιαφέρει
- χρονικά αντικείμενα με μη πεπερασμένη διάρκεια
- χρονικά αντικείμενα με πεπερασμένη διάρκεια που ωστόσο δεν έχουν ιδιότητες επανεμφάνισης
- χρονικά αντικείμενα τα οποία δεν έχουν κοινό θέμα ιδιότητας με κάποιο άλλο χρονικό αντικείμενο
- χρονικά αντικείμενα τα οποία δε μοντελοποιούν θεραπευτικές ενέργειες ή μη φυσιολογικές καταστάσεις.

5.5.1 Αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1

Στόχος της εφαρμογής του αλγορίθμου αυτού είναι η εξαγωγή περιοδικών περιστατικών της μεγαλύτερης δυνατής χρονικής διάρκειας χρησιμοποιώντας τις πιο μεγάλες σε διάρκεια πιθανές αλυσίδες από χρονικά αντικείμενα τάξεως 0.

Για να προκύψει περιοδικότητα τάξεως 1 (order-1) πρέπει οπωσδήποτε να έχουμε τουλάχιστον 3 χρονικά αντικείμενα τάξεως-0 (order-0). Ο περιορισμός αυτός μπορεί να εξηγηθεί απλά. Ας υποθέσουμε ότι κάποιος ασθενής εμφανίζει κάποιο σύμπτωμα σήμερα. Αυτό θα το θεωρήσουμε ως το πρώτο χρονικό αντικείμενο που έχουμε στη διάθεσή μας. Επιπλέον ένα μήνα αργότερα ο ίδιος ασθενής παρουσιάζει το ίδιο σύμπτωμα. Αυτό αποτελεί το δεύτερο χρονικό αντικείμενο που έχουμε στη διάθεσή μας. Ωστόσο από αυτές τις δύο συνεχόμενες εμφανίσεις του συγκεκριμένου συμπτώματος δε μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι πρόκειται για ένα περιοδικό περιστατικό γιατί μπορεί οι δύο εμφανίσεις του να ήταν τυχαίες. Αντίθετα αν έχουμε μια ακόμη εμφάνιση του ίδιου συμπτώματος στον ακριβώς επόμενο μήνα τότε μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι όντως πρόκειται για ένα περιοδικό περιστατικό.

Εκτός από τα χρονικά αντικείμενα, ο αλγόριθμος δέχεται ως είσοδο και τα **αποδεκτά μοτίβα τακτικότητας (acceptable regularity patterns)** σε σειρά προτίμησης, τα μοτίβα εκείνα δηλαδή που θα πρέπει να ικανοποιούνται από τα χρονικά αντικείμενα που θα συνθέτουν ένα περιοδικό περιστατικό. Ουσιαστικά στους δύο αλγορίθμους που παρουσιάζονται, τα μοτίβα τακτικότητας δίνονται υπό τη μορφή σχέσεων ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) και συναρτήσεων ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_m$). Μια **σχέση (relation)** είναι μια δυαδική χρονική σχέση (βλ. 5.3.1) μεταξύ δύο χρονικών αντικειμένων (π.χ η σχέση meet η οποία επεξηγήθηκε προηγουμένως [βλ.5.3.1.7]), ενώ μια **συνάρτηση (function)** μπορεί να θεωρηθεί ως μια «διαδικασία» που δέχεται ως παραμέτρους δύο χρονικά αντικείμενα, κάνει κάποιους υπολογισμούς και επιστρέφει κάποιο αποτέλεσμα (π.χ συνάρτηση που υπολογίζει τη χρονική απόσταση μεταξύ των ενάρξεων δύο χρονικών αντικειμένων).

Για τις ανάγκες των αλγορίθμων το σύνολο των συναρτήσεων και το σύνολο των σχέσεων είναι ταξινομημένα με βάση το τι μας ενδιαφέρει περισσότερο και η σειρά

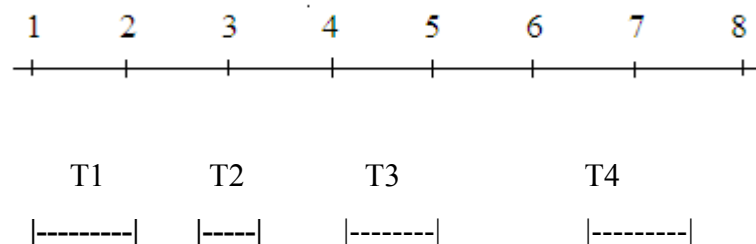
προτίμησης χρησιμοποιείται με σκοπό να προκύψουν εκείνα τα περιοδικά περιστατικά που παρουσιάζουν για μας τη μεγαλύτερη σημασία.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα 4 βήματα του αλγορίθμου.

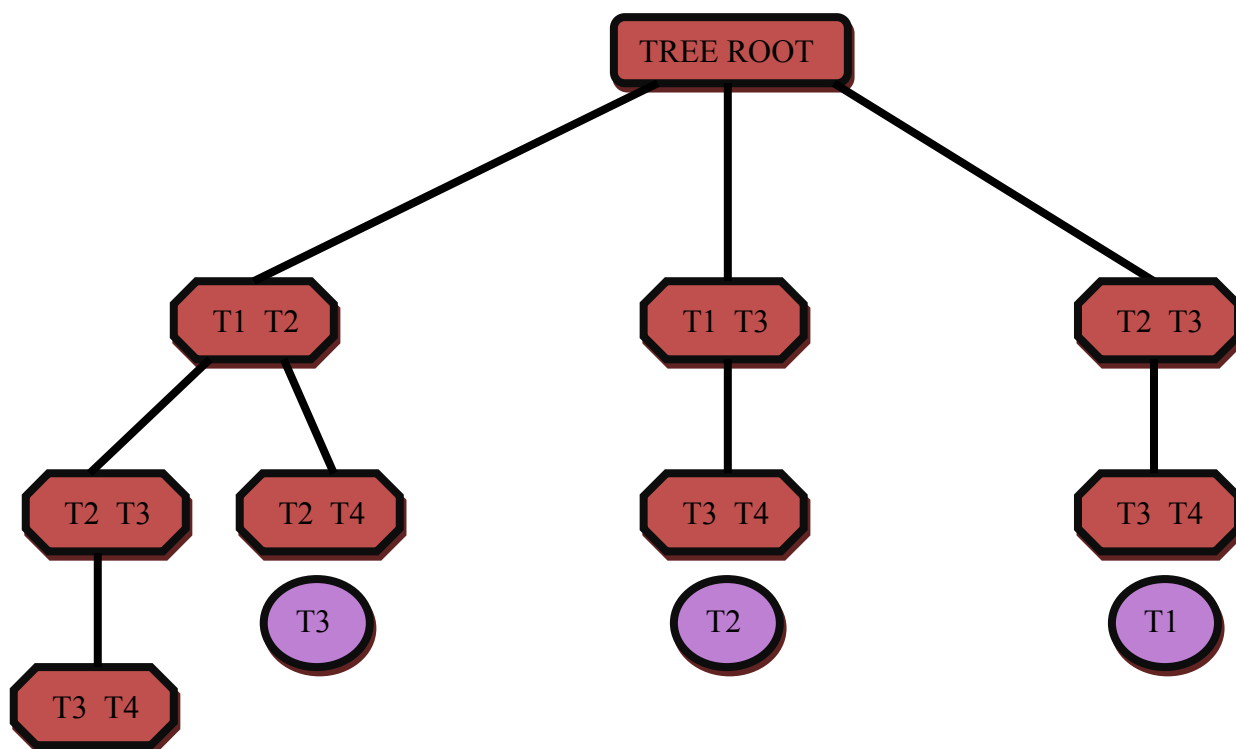
5.5.1.1 Βήμα 1 - Δημιουργία δένδρου περιοδικότητας

Σαν πρώτο βήμα κατασκευάζεται ένα δένδρο περιοδικότητας (**periodicity tree**). Το δένδρο αυτό είναι μια δομή η οποία μετά το τέλος της εφαρμογής του αλγορίθμου δίνει όλα τα ενδεχόμενα περιοδικά περιστατικά τάξεως 1. Συγκεκριμένα κάθε κλαδί του δένδρου αντιστοιχεί σε μια ακολουθία κόμβων, όπου κάθε κόμβος περιέχει ένα ζεύγος χρονικών αντικειμένων τάξεως 0 που σχετίζονται μεταξύ τους με μια χρονική σχέση ή μια συνάρτηση από αυτές που θεωρούνται ως αποδεκτά μοτίβα τακτικότητας. Άρα για να ικανοποιείται επιπλέον και η ανάγκη για συμμετοχή τουλάχιστον 3 χρονικών αντικειμένων στο περιοδικό περιστατικό όπως επεξηγήθηκε πιο πάνω επιβάλλεται σε κάθε κλαδί να υπάρχουν τουλάχιστον δύο κόμβοι.

Στη συνέχεια ακολουθεί ένα παράδειγμα κατασκευής δένδρου περιοδικότητας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται η ακολουθία χρονικών αντικειμένων του Σχήματος 5.1 και εκτελείται το βήμα 1 του αλγορίθμου το οποίο αφορά την κατασκευή του δένδρου. Ως αποτέλεσμα προκύπτει το δένδρο περιοδικότητας του Σχήματος 5.2 [1].



Σχήμα 5.1 – Ακολουθία χρονικών αντικειμένων



Σχήμα 5.2 – Δένδρο Περιοδικότητας

Πιο κάτω ακολουθεί περιγραφή του τρόπου με τον οποίο δημιουργείται το δέντρο περιοδικότητας του Σχήματος 5.2.

Ουσιαστικά για να δημιουργηθεί το πρώτο επίπεδο του δέντρου δημιουργούμε κόμβους που περιλαμβάνουν ζεύγη συνεχόμενων χρονικών αντικειμένων. Αρχίζοντας από το πρώτο αντικείμενο της ακολουθίας, το T1, δημιουργούμε ένα κόμβο στο πρώτο επίπεδο ο οποίος περιλαμβάνει το T1 και το αμέσως επόμενο του χρονικό αντικείμενο στη χρονική ακολουθία, το T2. Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούνται και οι υπόλοιποι κόμβοι του επιπέδου αυτού. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.2, όσον αφορά το πρώτο επίπεδο του δέντρου, δεν έχει δημιουργηθεί κόμβος που να περιέχει το χρονικό αντικείμενο T4. Ο λόγος είναι επειδή το συγκεκριμένο αντικείμενο δεν ακολουθείται από κανένα άλλο χρονικό αντικείμενο και επομένως ακόμα και αν συμπεριληφθεί (π.χ T3-T4) δε θα μπορεί στη συνέχεια να ικανοποιηθεί ο περιορισμός που έχει αναφερθεί σχετικά με τον ελάχιστο αριθμό χρονικών αντικειμένων που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός περιοδικού περιστατικού, μιας και το κλαδί που θα το περιέχει θα αποτελείται μόνο από ένα κόμβο (βλ.5.5.1)

Με ανάλογο τρόπο δημιουργούνται και τα υπόλοιπα επίπεδα του δέντρου με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτά το πρώτο χρονικό αντικείμενο κάθε κόμβου είναι το δεύτερο από το ζεύγος χρονικών αντικειμένων του κόμβου πατέρα. Για τα επίπεδα αυτά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται ακόμη και το χρονικό αντικείμενο T4 μιας και πλέον, με την προσθήκη του νέου κόμβου θα εξασφαλιστεί η ικανοποίηση του περιορισμού για τη συμμετοχή τριών τουλάχιστον χρονικών αντικειμένων σε κάθε κλαδί του δέντρου (π.χ. σε περίπτωση που βρισκόμαστε στο δεύτερο επίπεδο προσθέτουμε το δεύτερο κόμβο κάθε κλαδιού και ο περιορισμός ικανοποιείται).

5.5.1.2 Βήμα 2 – Αξιολόγηση αληθοφάνειας των περιοδικών περιστατικών που απεικονίζονται στα κλαδιά του δένδρου

Αφού δημιουργηθεί το δένδρο περιοδικότητας όπως περιγράφηκε πιο πάνω, στο δεύτερο βήμα χρειάζεται να αξιολογηθούν τα πιθανά περιοδικά περιστατικά που αναπαρίστανται σε κάθε κλαδί του δένδρου όσον αφορά το αν είναι αληθή ή όχι. Πιο απλά γίνεται μια προσπάθεια να βρεθεί μια μοναδική σχέση που να φανερώνει τακτικότητα για όλα τα χρονικά αντικείμενα που συνθέτουν το περιοδικό περιστατικό.

Η διαδικασία αυτή γίνεται για όλα τα κλαδιά και στόχος είναι να απομείνει τελικά ένα μόνο κλαδί στο δένδρο το οποίο να αναπαριστά αληθοφανή περιοδικά περιστατικά ή κάποιος αριθμός κλαδιών τα οποία να αναπαριστούν επίσης αληθοφανή περιοδικά περιστατικά. Αν ωστόσο η διαδικασία ολοκληρωθεί και δεν απομείνει στο δένδρο κανένα κλαδί τότε δεν είναι δυνατόν να υπάρξει αξιόπιστο περιοδικό περιστατικό με βάση τα συγκεκριμένα χρονικά αντικείμενα.

Η διαδικασία αξιολόγησης είναι η ακόλουθη :

Αρχίζοντας με την πρώτη σχέση (ή συνάρτηση) (με βάση το ταξινομημένο κατά προτίμηση σύνολο σχέσεων και συναρτήσεων), εφαρμόζεται κάθε μια από αυτές σε κάθε κόμβο του δένδρου. Ανάλογα με το αν ισχύει ή όχι η συγκεκριμένη χρονική σχέση (ή συνάρτηση) που εξετάζεται για κάποιο κόμβο (ζεύγος χρονικών αντικειμένων) ονομάζουμε το βέλος που καταλήγει σε αυτόν T(true) ή F (false) αντίστοιχα (σε περίπτωση που χρησιμοποιείται συνάρτηση και όχι σχέση η ονομασία του βέλους είναι το αποτέλεσμα που επιστρέφει η συνάρτηση).

Αφού η διαδικασία αυτή ολοκληρωθεί και ονομαστούν όλα τα βέλη που καταλήγουν στους κόμβους αποφασίζεται κατά πόσο ένα κλαδί είναι αληθοφανές ή όχι. Συγκεκριμένα, εάν για την ονομασία των βελών του δέντρου περιοδικότητας έχει εφαρμοστεί κάποια χρονική σχέση, κάθε κλαδί του δέντρου το οποίο δεν περιέχει τουλάχιστον δύο συνεχόμενες αληθείς ετικέτες (true labels) θεωρείται μη αληθοφανές (είναι prunable) και αφαιρείται από το δέντρο. Εάν ωστόσο για την ονομασία των βελών έχει χρησιμοποιηθεί κάποια συνάρτηση τότε ένα κλαδί θεωρείται ως μη αληθοφανές και συνεπώς αφαιρείται από το δέντρο περιοδικότητας εάν δεν περιέχει τουλάχιστον δύο συνεχόμενες ίδιες ετικέτες.

Μια αδυναμία του αλγορίθμου στο σημείο αυτό είναι η περίπτωση στην οποία κάποιο κλαδί του δένδρου περιοδικότητας αναπαριστά την ακολουθία TFTFTF. Η συγκεκριμένη ακολουθία δεν περιέχει δύο τουλάχιστον συνεχόμενες αληθείς ετικέτες (σε περίπτωση που πρόκειται για σχέση) ή δύο ίδιες συνεχόμενες ετικέτες (σε περίπτωση που πρόκειται για συνάρτηση) και επομένως το κλαδί που την αναπαριστά αφαιρείται από το δένδρο. Ωστόσο είναι φανερό ότι μια τέτοια ακολουθία παρουσιάζει κάποιο είδος τακτικότητας και η αφαίρεση του κλαδιού που την αναπαριστά συνεπάγεται μη εντοπισμό του περιοδικού περιστατικού που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη ακολουθία. Στην υλοποίηση έχουν γίνει σχετικές τροποποιήσεις με σκοπό να εντοπίζονται ακόμη και τέτοιου είδους περιοδικότητες. Οι τροποποιήσεις αυτές αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει περίπτωση ένα κλαδί να περιέχει περισσότερες από μια ακολουθίες από αληθείς ετικέτες (true labels) (πχ TTTFTTTFTTTT). Ένα τέτοιο κλαδί αναπαριστά φωλιασμένη περιοδικότητα (πχ το επαναληπτικό στοιχείο του περιοδικού περιστατικού είναι επίσης περιοδικό περιστατικό [περίπτωση σύνθετης περιοδικότητας]), αφού κάθε ακολουθία από συνεχόμενες T ετικέτες αντιστοιχεί σε ένα περιοδικό περιστατικό.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα είναι το γεγονός ότι σε κάποια περιοδικά περιστατικά που προκύπτουν από την πιο πάνω διαδικασία, ορισμένα χρονικά αντικείμενα από την αρχική ακολουθία, των οποίων ο χρόνος ύπαρξης καλύπτεται από τα περιοδικά

περιστατικά, δε συμμετέχουν σε αυτά. Ο αποκλεισμός αυτών των χρονικών αντικειμένων από τα περιοδικά περιστατικά γίνεται ουσιαστικά με σκοπό την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής τακτικότητας όσον αφορά τα παραγόμενα περιοδικά περιστατικά.

Όσον αφορά το συγκεκριμένο ζήτημα, οι αλγόριθμοι απαιτούν στο συγκεκριμένο βήμα, για κάθε περιοδικό περιστατικό που δεν αφαιρείται από το δέντρο περιοδικότητας να γίνεται αιτιολόγηση του αποκλεισμού όσων αντικειμένων από την αρχική ακολουθία δε συμμετέχουν στο περιοδικό περιστατικό και ο χρόνος ύπαρξής τους καλύπτεται ωστόσο από το χρονικό πλαίσιο ύπαρξης του περιοδικού περιστατικού. Στο Σχήμα 5.2 τα χρονικά αντικείμενα που έχουν αποκλειστεί από τα περιοδικά περιστατικά που αναπαρίστανται στα κλαδιά του δέντρου περιοδικότητας είναι αυτά που βρίσκονται σε κύκλο κάτω από τα αντίστοιχα κλαδιά.

Η αιτιολόγηση του αποκλεισμού ενός χρονικού αντικειμένου από κάποιο περιοδικό περιστατικό μπορεί να γίνει ως ακολούθως: Αρχικά, εξετάζεται εάν η εμφάνιση του συγκεκριμένου χρονικού αντικειμένου οφείλεται σε παράγοντες ανεξάρτητους από το περιοδικό περιστατικό και συνεπώς στην πραγματικότητα το χρονικό αντικείμενο δεν σχετίζεται με το περιοδικό περιστατικό. Σε μια τέτοια περίπτωση δικαιολογημένα το χρονικό αντικείμενο δεν εμφανίζεται ως στοιχείο του περιοδικού περιστατικού. Αν ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει τότε θα πρέπει να εξεταστεί εάν το συγκεκριμένο χρονικό αντικείμενο σχετίζεται με το περιοδικό περιστατικό, αλλά ωστόσο εάν το συμπεριλάβουμε σε αυτό θα παρουσιάζει απόκλιση όσον αφορά την τακτικότητα του ξετυλίγματος του περιοδικού περιστατικού.

Σε περίπτωση που για κάποιο από τα χρονικά αντικείμενα που έχουν αποκλειστεί από κάποιο περιοδικό περιστατικό ούτε κάτι τέτοιο ισχύει αυτό συνεπάγεται ότι δε μπορεί να αιτιολογηθεί ο αποκλεισμός του από το περιοδικό περιστατικό και συνεπώς αυτό (το περιοδικό περιστατικό) θα πρέπει να αγνοηθεί και να διαγραφεί. Διαφορετικά, σε περίπτωση που γίνει αιτιολόγηση όλων των αποκλεισμών για κάποιο περιοδικό περιστατικό τότε αυτό παραμένει στο δέντρο περιοδικότητας.

Αφού ολοκληρωθεί η πιο πάνω διαδικασία κάθε περιοδικό περιστατικό από αυτά που έχουν απομείνει στο δένδρο με βάση κάποια σχέση ή κάποια συνάρτηση αποθηκεύεται πίσω στα δεδομένα του ασθενή για να χρησιμοποιηθεί ίσως αργότερα για παραγωγή αφαιρετικότητας υψηλότερου επιπέδου.

Η πιο πάνω διαδικασία συνεχίζεται μέχρι που κάποια συνάρτηση ή σχέση να έχει ως αποτέλεσμα τα βέλη να ονομαστούν με τέτοιο τρόπο που να προκύπτει ένα περιοδικό περιστατικό που να συμπεριλαμβάνει όλα ή ένα ικανοποιητικό αριθμό των αρχικών χρονικών αντικειμένων που συμμετέχουν στον αλγόριθμο.

5.5.1.3 Βήμα 3 – Επίλυση Συγκρούσεων μεταξύ των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν από το δεύτερο βήμα

Στο βήμα αυτό του αλγορίθμου επιλύονται οι συγκρούσεις που υπάρχουν μεταξύ των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν από το προηγούμενο βήμα. Με τον τρόπο αυτό παραμένουν τα καλύτερα περιοδικά περιστατικά από αυτά που έχουν προκύψει.

Σύγκρουση προκύπτει μεταξύ δύο πιθανών περιοδικών περιστατικών αν αυτά μοιράζονται κάποια χρονικά αντικείμενα. Εμείς αξιολογούμε τα περιοδικά περιστατικά ανάμεσα στα οποία υπάρχει σύγκρουση και επιλέγουμε το καλύτερο από αυτά. Το καλύτερο ίσως είναι εκείνο που περιέχει τα πιο πολλά χρονικά αντικείμενα αλλά ίσως και αυτό που ικανοποιεί τη σχέση ή τη συνάρτηση που μας ενδιαφέρει περισσότερο.

5.5.1.4 Βήμα 4 – Καθορισμός επαναληπτικού στοιχείου, επαναληπτικού μοτίβου και μοτίβου προόδου των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν

Στο βήμα αυτό γίνεται καθορισμός των περιοδικών περιστατικών που απέμειναν σε ένα πιο αφαιρετικό επίπεδο. Συγκεκριμένα για κάθε ένα από αυτά καθορίζεται το επαναληπτικό στοιχείο, το μοτίβο επανάληψης και το μοτίβο προόδου εάν υπάρχει (βλ.3.2.4).

Το επαναληπτικό στοιχείο αντιστοιχεί ουσιαστικά στην ιδιότητα η οποία χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο περιοδικό περιστατικό. Αν για παράδειγμα τη χρονική στιγμή t

εκτελείται ο αλγόριθμος και χρησιμοποιεί όσα χρονικά αντικείμενα σχετίζονται με την ιδιότητα X , τότε το επαναληπτικό στοιχείο οποιουδήποτε περιοδικού περιστατικού που θα προκύψει τη συγκεκριμένη στιγμή θα είναι το X .

Το μοτίβο επανάληψης του περιοδικού περιστατικού είναι ο αλγόριθμος που όταν του δοθεί κάποιο στιγμιότυπο ύπαρξης του επαναληπτικού στοιχείου καθορίζει την επόμενη εμφάνισή του. Ο αλγόριθμος προκύπτει έμμεσα από την σχέση ή τη συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε στη διαδικασία ονομασίας των βελών του δέντρου περιοδικότητας και με βάση την οποία εντοπίστηκε το συγκεκριμένο περιοδικό περιστατικό.

Το μοτίβο προόδου είναι ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται το περιοδικό περιστατικό και όπως έχει αναφερθεί δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει σε κάθε περιοδικό περιστατικό.

5.5.1.5 Συνοπτική περιγραφή Αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1

Λεδομένα Εισόδου: Ακολουθία 3 τουλάχιστον χρονικών αντικειμένων και μοτίβα τακτικότητας σε σειρά προτίμησης

Λεδομένα Εξόδου : Αξιόπιστα περιοδικά περιστατικά τάξεως 1

Βήμα 1: Κατασκευή αρχικού δέντρου περιοδικότητας

Βήμα 2: Ονομασία των βελών που οδηγούν στους κόμβους του δέντρου με true ή false ετικέτες ή ετικέτες τιμών ανάλογα με τα μοτίβα τακτικότητας (σχέσεις ή συναρτήσεις) τα οποία δίνονται ως είσοδος στον αλγόριθμο. Σκοπός είναι η εύρεση των μη αληθοφανών περιστατικών και η αφαίρεση τους από το δέντρο περιοδικότητας. Μέρος αυτού του βήματος είναι και η αιτιολόγηση των αποκλεισμών κάποιων χρονικών αντικειμένων από τα αληθοφανή περιοδικά περιστατικά που παραμένουν τελικά στο δέντρο περιοδικότητας

Βήμα 3: Επίλυση των συγκρούσεων μεταξύ περιοδικών περιστατικών που περιέχουν κοινά χρονικά αντικείμενα με σκοπό να παραμείνουν τα καλύτερα με βάση κάποιες ευρετικές μεθόδους

Βήμα 4: Καθορισμός επαναληπτικού στοιχείου, μοτίβου επανάληψης και μοτίβου προόδου για κάθε περιοδικό περιστατικό που έχει προκύψει μετά το τέλος της διαδικασίας επεξεργασίας του δέντρου περιοδικότητας

5.5.2 Αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως n

Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιείται με σκοπό την εξαγωγή μοτίβων που παρουσιάζουν κάποια τακτικότητα, όπως και ο προηγούμενος, όμως διαφοροποιείται στο γεγονός ότι η τακτικότητα παρουσιάζεται μεταξύ χρονικών αντικειμένων διαφορετικών ιδιοτήτων. Η τιμή του n για την οποία εφαρμόζεται ο αλγόριθμος καθορίζει τον αριθμό των ακολουθιών που θα χρησιμοποιηθούν με στόχο να αναζητηθούν και να εντοπισθούν μοτίβα με τακτικότητα.

Σε αυτόν τον αλγόριθμο εφαρμόζονται τα βήματα που περιγράφηκαν προηγουμένως στον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 (με ορισμένες διαφοροποιήσεις που αναφέρονται πιο κάτω) με τη διαφορά ότι στην κατασκευή του δέντρου περιοδικότητας συμμετέχουν κάθε φορά δύο ακολουθίες χρονικών αντικειμένων και όχι μία όπως στον προηγούμενο αλγόριθμο. Όπως θα επεξηγηθεί και στη συνέχεια για να εντοπιστούν τα περιοδικά περιστατικά της επιθυμητής τάξης περιοδικότητας θα πρέπει να εκτελεστούν τα συγκεκριμένα βήματα για πολλούς συνδυασμούς ακολουθιών.

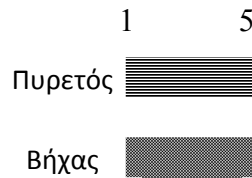
Όσον αφορά τις ακολουθίες που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο, αυτές μπορεί να αποτελούνται από ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0 τα οποία έχουν απλά κοινή ιδιότητα, υπάρχει όμως και η περίπτωση να αναπαριστούν κάποιο περιοδικό περιστατικό. Σε περίπτωση που μια ακολουθία αναπαριστά κάποιο περιοδικό περιστατικό, τότε τα χρονικά αντικείμενα που υπάρχουν σε αυτή μπορεί να μοντελοποιούν μία μόνο ιδιότητα, εάν το περιοδικό περιστατικό είναι τάξεως 1, ή να

μοντελοποιούν μία σύνθεση ιδιοτήτων, εάν το περιοδικό περιστατικό είναι τάξεως μεγαλύτερης του 1.

Σε κάθε περίπτωση οι ακολουθίες που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου, θα πρέπει να αποτελούνται από τουλάχιστον δύο χρονικά αντικείμενα και αυτό μπορεί να επεξηγηθεί απλά. Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα ότι εκτελείται ο αλγόριθμος για δύο ακολουθίες, όπου η κάθε μία από αυτές περιέχει ένα μόνο χρονικό αντικείμενο. Τότε θα δημιουργηθεί μόνο ένας συνδυασμός αντικειμένων και συνεπώς θα προκύψει μόνο ένα σύνθετο χρονικό αντικείμενο το οποίο ωστόσο από μόνο του δεν αρκεί να αποδείξει την ύπαρξη κάποιας περιοδικότητας. Αν ωστόσο οι δύο ακολουθίες που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου περιέχουν τουλάχιστον δύο χρονικά αντικείμενα η κάθε μία, τότε θα δημιουργηθούν περισσότεροι συνδυασμοί χρονικών αντικειμένων και το ενδεχόμενο να υπάρξει κάποια περιοδικότητα από τη σύνθεσή τους είναι πιο πιθανό.

Αν εκτελέσουμε για παράδειγμα τον αλγόριθμο για τις ακολουθίες που φαίνονται στο Σχήμα 5.3 και χρησιμοποιήσουμε ως αποδεκτό μοτίβο τακτικότητας τη χρονική σχέση που αφορά την ταυτόχρονη ύπαρξη δύο χρονικών αντικειμένων τότε θα δημιουργηθεί μόνο ένα σύνθετο χρονικό αντικείμενο το οποίο θα έχει ως ιδιότητα του τη σύνθεση πυρετού και βήχα και χρόνους έναρξης και τερματισμού τις χρονικές στιγμές 1 και 5 αντίστοιχα. Από μόνο του ωστόσο, το συγκεκριμένο σύνθετο χρονικό αντικείμενο δε μπορεί να αποτελέσει περιοδικότητα αφού δεν υπάρχει κάποια άλλη εμφάνισή του εκτός από τη δεδομένη.

Αν ωστόσο εκτελέσουμε τον αλγόριθμο χρησιμοποιώντας τις ακολουθίες που απεικονίζονται στο Σχήμα 5.4 και χρησιμοποιήσουμε ως μοτίβο τακτικότητας και πάλι τη σχέση ταυτόχρονης ύπαρξης τότε θα προκύψουν δύο σύνθετα χρονικά αντικείμενα τα οποία θα έχουν ως ιδιότητα τους τη σύνθεση πυρετού και βήχα και χρόνους έναρξης και τερματισμού, 1 με 5 και 10 με 15 αντίστοιχα. Τα συγκεκριμένα χρονικά αντικείμενα, θα αποτελέσουν ένα περιοδικό περιστατικό πυρετού και βήχα το οποίο αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 15.



Σχήμα 5.3 - Ακολουθίες με ένα χρονικό αντικείμενο



Σχήμα 5.4 - Ακολουθίες με δύο χρονικά αντικείμενα

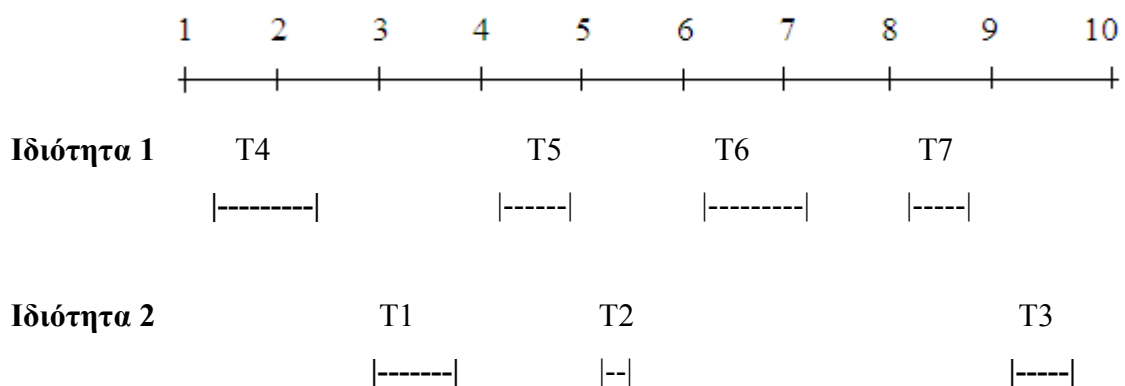
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος για να εντοπίσει τις περιοδικότητες της επιθυμητής τάξης εκτελεί τα βήματα που εφαρμόζονται και από τον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1, με μόνη διαφοροποίηση τον τρόπο κατασκευής του δένδρου περιοδικότητας. Η κατασκευή του δένδρου περιοδικότητας στο συγκεκριμένο αλγόριθμο είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία από την κατασκευή του δένδρου στον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του ότι τα χρονικά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται από τον αλγόριθμο αυτό, προέρχονται από διαφορετικές ακολουθίες (συνεπώς αντιστοιχούν σε διαφορετικές ιδιότητες), σε αντίθεση με τον προηγούμενο αλγόριθμο όπου τα αντικείμενα κάθε ζεύγους προέρχονταν από την ίδια ακολουθία χρονικών αντικειμένων (συνεπώς αντιστοιχούσαν σε κοινή ιδιότητα). Είναι λογικό επομένως, ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται τα διάφορα ζεύγη χρονικών αντικειμένων και συνεπώς ο τρόπος κατασκευής του δένδρου περιοδικότητας να είναι διαφορετικός και πιο πολύπλοκος από αυτόν που παρουσιάστηκε στον προηγούμενο αλγόριθμο (βλ.5.5.1.1).

Στο σημείο αυτό, θα περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται το δέντρο περιοδικότητας στο συγκεκριμένο αλγόριθμο, αφού όμως προηγουμένως γίνει αναφορά στη **χρονική περιφέρεια αντικειμένου (temporal vicinity)** της οποίας ο ρόλος στον τρόπο δημιουργίας του δέντρου είναι καθοριστικός.

Η χρονική περιφέρεια ενός αντικειμένου X είναι ουσιαστικά η χρονική περιοχή μεταξύ του τερματισμού του χρονικού αντικειμένου Y, το οποίο προηγείται άμεσα του χρονικού αντικειμένου X και της έναρξης του αντικειμένου Z, το οποίο ακολουθεί άμεσα το χρονικό αντικείμενο X. Αν δεν υπάρχουν χρονικά αντικείμενα πριν ή μετά από το χρονικό αντικείμενο του οποίου αναζητούμε τη χρονική περιφέρεια τότε χρονική περιφέρειά του θεωρείται η χρονική περιοχή μεταξύ της έναρξης και του τερματισμού του χρονικού πλαισίου.

Γενικά, δεδομένων δύο ακολουθιών, τα χρονικά αντικείμενα που μπορούν να αποτελέσουν **πιθανά ταιριάσματα (potential matches)** για ένα χρονικό αντικείμενο T από την μια ακολουθία, είναι τα χρονικά αντικείμενα από την άλλη ακολουθία των οποίων η χρονική έκταση καλύπτεται μερικώς ή ολικώς από την χρονική περιφέρεια του δεδομένου χρονικού αντικειμένου T.

Στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζεται συγκεκριμένο παράδειγμα αναφορικά με την έννοια της χρονικής περιφέρειας. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε τις ακολουθίες χρονικών αντικειμένων που αναπαρίστανται στο σχήμα, η κάθε μία από τις οποίες συνδέεται με μια ιδιότητα (subject).



Σχήμα 5.5 – Χρονικά αντικείμενα και χρονική γειτνίαση

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα του Σχήματος 5.5 ένα πιθανό ταίριασμα για το χρονικό αντικείμενο T1 είναι το χρονικό αντικείμενο T4. Αυτό προκύπτει καθορίζοντας τη χρονική περιφέρεια του T1 που είναι η περιοχή μεταξύ της έναρξης του χρονικού πλαισίου, εφόσον δεν υπάρχει αντικείμενο πριν το T1, και της έναρξης του χρονικού αντικειμένου T2, το οποίο ακολουθεί το T1. Με αυτό ως δεδομένο παρατηρούμε ότι η χρονική περιφέρεια του χρονικού αντικειμένου T1 καλύπτει πλήρως την χρονική έκταση του χρονικού αντικειμένου T4 από τη δεύτερη ακολουθία. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε επίσης ακόμη ένα πιθανό ταίριασμα του T1 που είναι το T5. Ακολουθώντας τον τρόπο αυτό μπορούμε επίσης να πούμε ότι τα πιθανά ταιριάσματα για το T3 είναι το T6 και το T7, ενώ για το T6 πιθανό ταίριασμα είναι μόνο το T2 κ.ο.κ.

Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται αναλυτικά τα πιθανά ταιριάσματα για το κάθε ένα από τα χρονικά αντικείμενα που περιλαμβάνονται στις δύο ακολουθίες.

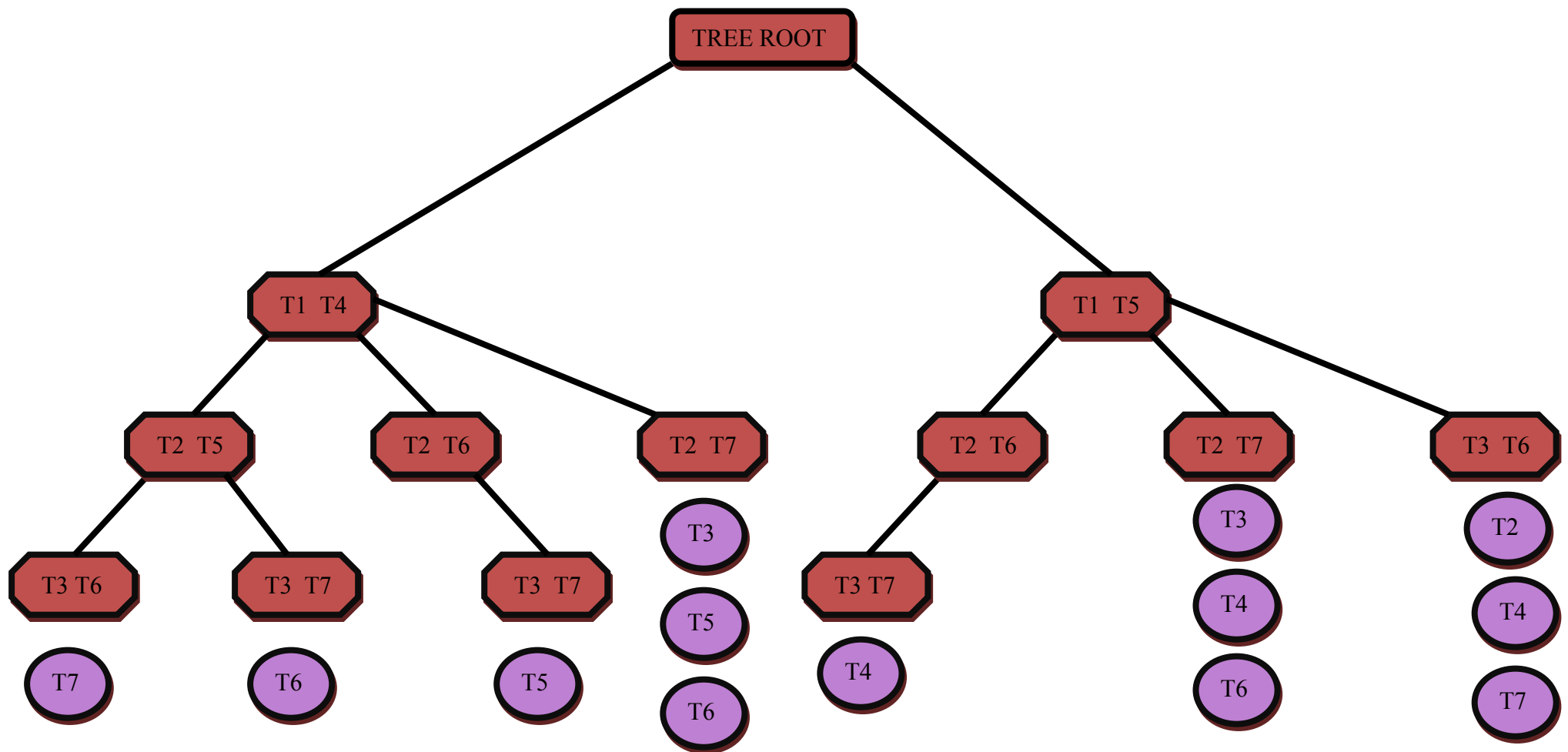
Χρονικό Αντικείμενο	Πιθανά Ταιριάσματα για το αντικείμενο		
T1	T4	T5	-
T2	T5	T6	T7
T3	T6	T7	-
T4	T1	-	-
T5	T1	T2	-
T6	T2	-	-
T7	T3	-	-

Πίνακας 5.1 – Πιθανά ταιριάσματα χρονικών αντικειμένων

Για να κατασκευαστεί το δέντρο περιοδικότητας που προκύπτει από τις ακολουθίες ιδιοτήτων του Σχήματος 5.5 πρέπει πρώτα να αποφασίσουμε ποια από τις ακολουθίες χρονικών αντικειμένων θα είναι ο **οδηγός (driver)**, δηλαδή η ακολουθία από την οποία θα παίρνουμε αρχικά ένα χρονικό αντικείμενο και θα βρίσκουμε στη συνέχεια τα πιθανά ταιριάσματά του από τα αντικείμενα της άλλης ακολουθίας.

Συνήθως επιλέγουμε ως οδηγό την ακολουθία με το λιγότερο αριθμό χρονικών αντικειμένων. Μετά την κατασκευή του δέντρου, ουσιαστικά κάθε κόμβος του θα περιέχει ένα ζεύγος χρονικών αντικειμένων. Για κάθε ένα από τα ζεύγη το πρώτο χρονικό αντικείμενο θα προέρχεται από την ακολουθία χρονικών αντικειμένων που έχει αποφασιστεί να είναι η ακολουθία οδηγός (driver). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ακολουθία οδηγός είναι η ακολουθία με τα χρονικά αντικείμενα που σχετίζονται με την ιδιότητα 2 αφού η ακολουθία αυτή έχει το λιγότερο αριθμό χρονικών αντικειμένων.

Εφόσον καθοριστεί ως ακολουθία οδηγός η δεύτερη, αναζητούνται για κάθε αντικείμενο της πιθανά ταιριάσματα από τα αντικείμενα της πρώτης ακολουθίας, και έτσι σταδιακά κατασκευάζεται το δέντρο περιοδικότητας. Στην περίπτωση του παραδείγματος του Σχήματος 5.5, προκύπτει το δέντρο του Σχήματος 5.6.



Σχήμα 5.6 – Δένδρο Περιοδικότητας

Το δέντρο του Σχήματος 5.6 έχει προκύψει με την ακόλουθη διαδικασία :

Αρχίζοντας από το πρώτο χρονικό αντικείμενο της ακολουθίας οδηγού, το T1, αναζητούμε τα πιθανά ταιριάσματά του στα αντικείμενα της ακολουθίας που σχετίζεται με την ιδιότητα 2. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε το πρώτο πιθανό ταίριασμα, που όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.1, είναι το T4 και δημιουργούμε το πρώτο παιδί της ρίζας του δέντρου το οποίο περιέχει τα χρονικά αντικείμενα T1 και T4.

Μόλις δημιουργηθεί ο κόμβος αυτός θα πρέπει να βρούμε τα παιδιά του. Για να βρούμε το πρώτο παιδί του συγκεκριμένου κόμβου θα πρέπει να βρούμε το πρώτο πιθανό ταίριασμα του αντικειμένου που ακολουθεί το πρώτο χρονικό αντικείμενο του κόμβου. Άρα το αντικείμενο του οποίου αναζητούμε τώρα κάποιο πιθανό ταίριασμα είναι το T2. Όπως μπορούμε να δούμε από τον Πίνακα 5.1 το πρώτο ταίριασμα του χρονικού αντικειμένου T2 είναι το T5. Επομένως θα δημιουργήσουμε το πρώτο παιδί του κόμβου με τα αντικείμενα T1 και T4, το οποίο θα περιέχει τα χρονικά αντικείμενα T2 και T5.

Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε και το πρώτο παιδί του νέου κόμβου που είναι ένας κόμβος που περιέχει το T3 και το T6. Μετά τη δημιουργία αυτού του κόμβου παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν χρονικά αντικείμενα που να ακολουθούν το πρώτο χρονικό αντικείμενο του νέου κόμβου (T3) και επομένως δεν μπορούν να υπάρξουν παιδιά για αυτόν. Άρα επιστρέφουμε στον κόμβο από τον οποίο ξεκινήσαμε και ψάχνουμε να εντοπίσουμε νέα παιδιά για αυτόν. Πιο συγκεκριμένα αναζητούμε για το χρονικό αντικείμενο T2 ένα νέο πιθανό ταίριασμα. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.5.3 το επόμενο πιθανό ταίριασμα για το αντικείμενο T2 μετά από το T5, που έχουμε ήδη χρησιμοποιήσει, είναι το T6.

Με ανάλογο τρόπο όπως και προηγουμένως βρίσκουμε και τα παιδιά του νέου κόμβου ενώ στη συνέχεια επιστρέφουμε και πάλι στον κόμβο από τον οποίο αρχίσαμε για να βρούμε επιπλέον παιδιά του αν υπάρχουν. Εφόσον το χρονικό αντικείμενο T2 έχει επιπλέον ένα πιθανό ταίριασμα το οποίο δεν χρησιμοποιήσαμε, το T7, δημιουργούμε ένα νέο παιδί της ρίζας χρησιμοποιώντας τα αντικείμενα T2 και T7.

Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζουμε τη διαδικασία μέχρι να ολοκληρωθεί το δέντρο περιοδικότητας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάθε φορά που θα προσθέτουμε ένα νέο παιδί σε κάποιο κόμβο θα πρέπει να ελέγχουμε αν σε κάποιο από τα υποδέντρα που βρίσκονται κάτω από τον κόμβο υπάρχει ήδη ο ίδιος κόμβος. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο ισχύει τότε η προσθήκη του νέου κόμβου δε γίνεται τελικά.

Επιπλέον, κατά την αναζήτηση πιθανών ταιριασμάτων για το πρώτο χρονικό αντικείμενο του κόμβου για τον οποίο αναζητούνται τα παιδιά (κόμβος πατέρας) δεν μπορεί να επιλεγεί ως ταιρίασμα το δεύτερο χρονικό αντικείμενο του κόμβου πατέρα ακόμη και αν ανήκει στα πιθανά ταιριάσματα. Αν για παράδειγμα ψάχνουμε να βρούμε κάποιο παιδί του κόμβου με τα χρονικά αντικείμενα T2 και T7, το πρώτο αντικείμενο του ζεύγους αντικειμένων του παιδιού θα είναι το T3. Ένα από τα πιθανά ταιριάσματα του T3 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.5.1 είναι το T7. Ωστόσο επειδή αυτό είναι το δεύτερο αντικείμενο από το ζεύγος χρονικών αντικειμένων του πατέρα δεν μπορεί να προστεθεί ως παιδί κόμβος που να περιέχει τα χρονικά αντικείμενα T3 και T7. Κάτι ανάλογο ισχύει και για το T6, το οποίο είναι επίσης πιθανό ταιρίασμα για το T3. Δεν μπορεί να γίνει προσθήκη νέου παιδιού που να περιέχει τα χρονικά αντικείμενα T3 και T6, λόγω του ότι το T6 προηγείται χρονικά του T7 και επομένως είναι αδύνατο να προκύψει περιοδικό περιστατικό στο οποίο να εμφανίζεται το T7 πριν το T6.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στο συγκεκριμένο αλγόριθμο, εκτός από τα αντικείμενα που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή της ενότητας 5.5, αφαιρούνται από την όλη διαδικασία και τα χρονικά αντικείμενα τα οποία έχουν κενό σύνολο πιθανών ταιριασμάτων. Αν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αφαίρεσης τέτοιων χρονικών αντικειμένων το μήκος κάποιας από τις δύο ακολουθίες χρονικών αντικειμένων γίνει μικρότερο από δύο, τότε η διαδικασία σταματά, εφόσον δεν υπάρχει περίπτωση να προκύψει κάποιο περιοδικό περιστατικό με βάση τις συγκεκριμένες ακολουθίες. Για το σκοπό αυτό, δεδομένων δύο ακολουθιών, είναι σωστότερο προτού αρχίσει η διαδικασία εφαρμογής των βημάτων του αλγορίθμου να υπολογίζεται το βάθος του δένδρου περιοδικότητας που πρόκειται να κατασκευαστεί με βάση τις δεδομένες ακολουθίες και αν αυτό είναι μικρότερο του 2 η διαδικασία κατασκευής του δέντρου να εγκαταλείπεται. Το βάθος μπορεί να υπολογιστεί με τον ακόλουθο τύπο : $LS1 - |C1| - |C2| - |C3| - \dots - |Cn| + n$, όπου LS1 είναι το μήκος της μικρότερης σε αριθμό χρονικών αντικειμένων

ακολουθίας, C_i , $i=1,2,3\dots n$ είναι οι ομάδες χρονικών αντικειμένων από τη μικρότερη σε μήκος ακολουθία που μοιράζονται το μοναδικό τους πιθανό ταίριασμα.

Να σημειωθεί ότι εάν:

- κάθε χρονικό αντικείμενο που ανήκει στη μικρότερη σε μήκος ακολουθία έχει μη κενό σύνολο πιθανών ταιριασμάτων και
- κάθε χρονικό αντικείμενο το οποίο έχει ένα και μοναδικό ταίριασμα αυτό δεν αποτελεί το μοναδικό ταίριασμα για κάποιο άλλο χρονικό αντικείμενο που προέρχεται από την ίδια ακολουθία,

τότε αυτόματα προκύπτει από τον πιο πάνω τύπο ότι το βάθος του δένδρου περιοδικότητας είναι ίσο με τον αριθμό των χρονικών αντικειμένων της μικρότερης σε μήκος ακολουθίας.

Αν επομένως οι δύο πιο πάνω προϋποθέσεις ισχύουν τότε δεν είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το βάθος του δένδρου με τον τύπο που αναφέρθηκε πιο πάνω, αφού εξυπακούεται ότι το βάθος του δένδρου δεν είναι μικρότερο από δύο και μπορούμε να προχωρήσουμε με τα στάδια του αλγορίθμου.

Σε περίπτωση που το βάθος του δένδρου περιοδικότητας που πρόκειται να κατασκευαστεί δεν είναι μικρότερο του 2 και συνεπώς υπάρχει λόγος ο αλγόριθμος να εκτελεστεί, τότε δημιουργείται το δέντρο περιοδικότητας και στη συνέχεια εφαρμόζονται τα υπόλοιπα βήματα του αλγορίθμου για περιοδικότητα τάξεως 1. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόζονται οι συναρτήσεις και οι σχέσεις σε όλους τους κόμβους του δένδρου και ονομάζονται έτσι τα βέλη που οδηγούν σε κάθε κόμβο με κάποια τιμή (αν πρόκειται για συνάρτηση) ή με T (true) ή F (false) ετικέτες (αν πρόκειται για σχέση).

Στο σημείο όπου πρέπει να ελεγχθούν όλα τα κλαδιά του δένδρου περιοδικότητας και να αφαιρεθούν αυτά που δεν παρουσιάζουν αληθοφανή περιοδικά περιστατικά υπάρχει μια διαφοροποίηση σε σχέση με τον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1. Σε αυτόν τον αλγόριθμο, όσον αφορά τις σχέσεις, ένα κλαδί θεωρείται μη αληθοφανές και αφαιρείται από το δέντρο περιοδικότητας εάν δεν περιέχει τουλάχιστον 2 αληθής ετικέτες (true labels), όχι όμως απαραίτητα συνεχόμενες όπως ίσχυε στον προηγούμενο αλγόριθμο. Επιπλέον όσον αφορά τις συναρτήσεις, ένα κλαδί θεωρείται μη αληθοφανές

αν δεν περιέχει τουλάχιστον δύο ίδιες, αλλά επίσης όχι απαραίτητα συνεχόμενες, ετικέτες.

Αφού ολοκληρωθεί και η αφαίρεση των μη αληθοφανών περιστατικών από το δέντρο περιοδικότητας, ακολούθως γίνεται η αιτιολόγηση των αποκλεισμών ορισμένων αντικειμένων από τα υπονήφια περιοδικά περιστατικά και στη συνέχεια επιλύονται οι συγκρούσεις μεταξύ των περιοδικών περιστατικών που έχουν προκύψει μέχρι στιγμής με σκοπό να απομείνουν τα καλύτερα όπως και στον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1.

Τέλος πρέπει κάθε ένα από τα τελικά περιοδικά περιστατικά να περιγραφεί σε ένα πιο αφαιρετικό επίπεδο, να δοθεί δηλαδή το επαναληπτικό του στοιχείο, το μοτίβο επανάληψης και το μοτίβο προόδου του σε περίπτωση που υπάρχει. Για τα περιοδικά περιστατικά τάξεως μεγαλύτερης του 1 που παράγονται με βάση το συγκεκριμένο αλγόριθμο, το επαναληπτικό στοιχείο κάθε περιοδικού περιστατικού είναι μια σύνθετη οντότητα (σύνθεση ιδιοτήτων) που αποτελείται από απλούστερες οντότητες. Όσον αφορά το μοτίβο επανάληψης, τον αλγόριθμο δηλαδή που δεδομένης μιας ύπαρξης του περιστατικού μπορεί να προβλέψει την επόμενη εμφάνισή του, αυτό μπορεί ουσιαστικά να προκύψει έμμεσα από την σχέση που διέπει όλα τα ζεύγη αντικειμένων του περιοδικού περιστατικού. Στην περίπτωση που μόνο μία από τις ακολουθίες χρονικών αντικειμένων που συμμετέχουν στον αλγόριθμο παρουσιάζει ένα περιοδικό περιστατικό τότε το μοτίβο επανάληψης υπαγορεύεται από το μοτίβο επανάληψης του συγκεκριμένου περιοδικού περιστατικού. Σε περίπτωση που και οι δύο ακολουθίες παρουσιάζουν κάποιο περιοδικό περιστατικό, τότε το μοτίβο επανάληψης προκύπτει με διαφορετικό τρόπο. Ο τρόπος αυτός παρουσιάζεται αναλυτικά αμέσως πιο κάτω.

Καταρχάς ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο ακολουθίες χρονικών αντικειμένων. Η μια ακολουθία αναπαριστά ένα περιοδικό περιστατικό που σχετίζεται με την ιδιότητα 1 και η άλλη ακολουθία αναπαριστά ένα περιοδικό περιστατικό που σχετίζεται με την ιδιότητα 2. Ας διαχωρίσουμε τρεις πιθανές περιπτώσεις :

1. Έστω ότι η ιδιότητα που σχετίζεται με την πρώτη ακολουθία είναι κάποια ενέργεια και συγκεκριμένα η χορήγηση ενός φαρμακευτικού σκευάσματος και

ότι η ιδιότητα που σχετίζεται με τη δεύτερη ακολουθία είναι κάποια δυσλειτουργία. Ας υποθέσουμε επίσης ότι υπάρχει μια σχέση αιτιότητας (causality relation) από τη μεριά της πρώτης ακολουθίας προς τη δεύτερη, δηλαδή τα χρονικά αντικείμενα που αποτελούν τη δεύτερη είναι αποτελέσματα των χρονικών αντικειμένων της πρώτης. Το μοτίβο επανάληψης στην περίπτωση αυτή καθορίζεται από αυτό της πρώτης ακολουθίας, της λεγόμενης κυρίαρχης (dominant) ακολουθίας στην όλη διαδικασία αφού έχει τη δύναμη και προκαλεί την ύπαρξη των χρονικών αντικειμένων από την άλλη ακολουθία.

2. Έστω ότι και οι δύο ακολουθίες χρονικών αντικειμένων αντιστοιχούν σε κάποια δυσλειτουργία. Και στη συγκεκριμένη περίπτωση, ακολουθείται ο ίδιος συλλογισμός έχοντας πάντοτε υπόψη μας την κυρίαρχη ακολουθία χρονικών αντικειμένων. Επομένως το μοτίβο επανάληψης θα καθοριστεί και σε αυτή την περίπτωση από το μοτίβο επανάληψης της ακολουθίας που σχετίζεται με τη δυσλειτουργία που έχει τη δύναμη να προκαλεί την εμφάνιση της άλλης δυσλειτουργίας.
3. Έστω ότι οι ακολουθίες χρονικών αντικειμένων αντιστοιχούν και οι δύο σε ενέργειες. Όπως είναι γνωστό, όταν έχουμε δύο ενέργειες δε μπορεί να υπάρξει σχέση αιτιότητας (causality relation) μεταξύ τους αφού μια ενέργεια δε μπορεί να προκαλέσει άμεσα την ύπαρξη μιας άλλης ενέργειας, παρά μόνο μπορεί να προκαλέσει την ενεργοποίησή της. Ο συλλογισμός στη συγκεκριμένη περίπτωση διαφέρει κάπως από το συλλογισμό που έγινε στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις. Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι για να γίνει μια χειρουργική επέμβαση (ενέργεια), είναι απαραίτητο να μειωθεί η τιμή κάποιας παραμέτρου (π.χ. κάποιο συστατικό του αίματος) και για να γίνει αυτό θα πρέπει να ληφθεί κάποια φαρμακευτική αγωγή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα θεωρηθεί ως κυρίαρχη ακολουθία αντικειμένων, αυτή που αναπαριστά τη χειρουργική επέμβαση, αφού αυτή ήταν η αρχική επιθυμία που προκάλεσε έμμεσα την ενεργοποίηση της χορήγησης φαρμακευτικής αγωγής. Ουσιαστικά αν δε υπήρχε ανάγκη να γίνει η επέμβαση δε θα γινόταν ούτε και η χορήγηση της φαρμακευτικής αγωγής. Επομένως το μοτίβο επανάληψης θα είναι αυτό του περιοδικού περιστατικού που αναπαριστά τη χειρουργική επέμβαση.

Μέχρι στιγμής έχουν περιγραφεί τα διάφορα βήματα τα οποία εφαρμόζονται με δεδομένες δύο ακολουθίες από χρονικά αντικείμενα με σκοπό τον εντοπισμό των περιοδικοτήτων που υπάρχουν μεταξύ των χρονικών αντικειμένων που τις αποτελούν και έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στον τρόπο κατασκευής του δέντρου περιοδικότητας και τον καθορισμό των τελικών περιοδικών περιστατικών σε ένα πιο αφαιρετικό επίπεδο. Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστεί πιο αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται αναδρομικά τα βήματα αυτά (με τη χρήση πολλαπλών ζευγών ακολουθιών) με σκοπό να προκύψουν όλα τα δυνατά περιοδικά περιστατικά κάποιας δεδομένης επιθυμητή τάξης περιοδικότητας με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα.

Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα ότι η επιθυμητή τάξη περιοδικότητας είναι 4. Σε μια τέτοια περίπτωση σαν πρώτο βήμα θα πρέπει να εκτελεστεί ο αλγόριθμος που αφορά τον εντοπισμό περιοδικοτήτων τάξεως 1. Στη συνέχεια, θα εφαρμοστούν τα βήματα του αλγορίθμου όπως παρουσιάστηκαν πιο πάνω για κάθε ένα από τους συνδυασμούς που προκύπτουν μεταξύ:

- δύο ακολουθιών που αντιστοιχούν σε περιοδικά περιστατικά τάξεως 1
- δύο ακολουθιών που αποτελούνται από ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0
- ακολουθιών που αντιστοιχούν σε περιοδικά περιστατικά τάξεως 1 και ακολουθιών που περιέχουν ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0.

Με τον τρόπο αυτό θα προκύψουν όλα τα περιοδικά περιστατικά τάξεως 2. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει εφαρμογή του αλγορίθμου και πάλι με σκοπό να δημιουργηθούν περιοδικά περιστατικά τάξεως 3. Αυτή τη φορά οι συνδυασμοί που θα γίνουν μεταξύ των ακολουθιών δεν θα είναι ίδιοι με αυτούς που έγιναν στην περίπτωση παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 2. Για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 3 θα εφαρμοστούν τα βήματα που περιγράφηκαν για κάθε ένα από τους συνδυασμούς που προκύπτουν μεταξύ:

- ακολουθιών που αναπαριστούν περιοδικά περιστατικά τάξεως 2 και ακολουθιών που αναπαριστούν περιοδικά περιστατικά τάξεως 1
- ακολουθιών που αναπαριστούν περιοδικά περιστατικά τάξεως 2 και ακολουθιών που περιέχουν ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0

Η όλη διαδικασία θα τερματιστεί όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση του αλγορίθμου μεταξύ δύο ακολουθιών για όλους τους συνδυασμούς που μπορούν να προκύψουν μεταξύ των ακολουθιών που αντιστοιχούν σε περιοδικά περιστατικά τάξεως 3 με τις ακολουθίες περιοδικών περιστατικών τάξεως 1 αλλά και τους συνδυασμούς που μπορούν να προκύψουν μεταξύ των ακολουθιών που αντιστοιχούν σε περιοδικά περιστατικά τάξεως 3 με τις ακολουθίες που αποτελούνται από ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0.

5.5.2.1 Συνοπτική περιγραφή Αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n

Λεδομένα Εισόδου: Τάξη περιοδικότητας που πρόκειται να έχουν τα περιοδικά περιστατικά που θα παραχθούν, τα δύο χαμηλότερα επίπεδα περιοδικότητας του χάρτη περιοδικότητας (ακολουθίες χρονικών αντικειμένων τάξεως 0 και περιοδικά περιστατικά τάξεως 1) και μοτίβα τακτικότητας σε σειρά προτεραιότητας.

Λεδομένα Εξόδου : Αξιόπιστα περιοδικά περιστατικά τάξεως n

Για $n=2$

Εφαρμόζεται ο αλγόριθμος μεταξύ δύο ακολουθιών από χρονικά αντικείμενα, για κάθε ζεύγος ακολουθιών που προκύπτει από τους πιο κάτω συνδυασμούς:

- και οι δύο ακολουθίες αντιστοιχούν σε περιοδικά περιστατικά τάξεως 1
- και οι δύο ακολουθίες αποτελούνται από ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0
- η μια ακολουθία περιέχει ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0 και η άλλη αντιστοιχεί σε περιοδικό περιστατικό τάξεως 1.

Για $n>2$

Εφαρμόζεται αναδρομικά ο αλγόριθμος για να παραχθούν περιοδικά περιστατικά τάξεως $n-1$ και για κάθε συνδυασμό μεταξύ του κάθε ενός από αυτά με μια ακολουθία περιοδικού περιστατικού τάξεως 1 ή μια ακολουθία από ασυσχέτιστα μεταξύ τους χρονικά αντικείμενα τάξεως 0 εφαρμόζεται ο αλγόριθμος μεταξύ δύο ακολουθιών από χρονικά αντικείμενα.

6. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε ζητήματα που αφορούν τα μοτίβα τακτικότητας τα οποία χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση και περιγράφονται τα αρχεία από τα οποία λαμβάνονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούν οι αλγόριθμοι. Περιγράφονται επίσης οι σύνθετοι τύποι και οι δομές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στον κώδικα υλοποίησης.

6.1 Γενικά Στοιχεία

Η υλοποίηση που έχει γίνει στη γλώσσα προγραμματισμού C ενσωματώνει ουσιαστικά τους δύο αλγορίθμους για παραγωγή περιοδικοτήτων που περιγράφηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, αυτού για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1 και αυτού για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n (όπου $n \geq 2$) και εφαρμόζει μια μη κατευθυνόμενη μέθοδο αφαιρετικότητας. Η συγκεκριμένη υλοποίηση, με την εφαρμογή των αλγορίθμων, αποσκοπεί απλά στην επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν την κατάσταση της υγείας κάποιου ασθενή και στον εντοπισμό όλων των δυνατών αφαιρετικοτήτων που μπορούν να προκύψουν με βάση αυτά.

6.2 Μοτίβα τακτικότητας

Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή των αλγορίθμων κατέχουν τα μοτίβα τακτικότητας που θα πρέπει να ικανοποιούνται από τα παραγόμενα περιοδικά περιστατικά.

Τα αποδεκτά μοτίβα τακτικότητας που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση είναι ορισμένες από τις χρονικές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων οι οποίες περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 5 (βλ. 5.3) και ο καθορισμός τους γίνεται από τον χρήστη μέσω ενός αρχείου, η μορφή του οποίου περιγράφεται στο Κεφάλαιο αυτό (βλ.6.3.2).

Όσον αφορά τις σχέσεις 5.3.1.1 (equal), 5.3.1.3 (overlap), 5.3.1.4 (start), 5.3.1.5 (finish), 5.3.1.6 (during) και 5.3.1.7 (meet) είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή περιοδικών περιστατικών τάξεως 1. Για να γίνει αντιληπτό αυτό, ας ασχοληθούμε για παράδειγμα με τη σχέση που αφορά την ταυτόχρονη ύπαρξη δύο χρονικών αντικειμένων (σχέση 5.3.1.1) και ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιείται ως μοτίβο τακτικότητας στην εκτέλεση του αλγορίθμου για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1. Όπως γνωρίζουμε ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιεί χρονικά αντικείμενα που έχουν κοινή ιδιότητα. Δεν υπάρχει επομένως περίπτωση κάποιο ζεύγος του δέντρου περιοδικότητας να ικανοποιεί τη σχέση ταυτόχρονης ύπαρξης, εφόσον δεν είναι λογικό να καταχωρηθεί στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή κάποιο ιατρικό περιστατικό (ασθένεια, σύμπτωμα, χειρουργική επέμβαση, θεραπευτική ενέργεια κ.ο.κ) που να έχει την ίδια ιδιότητα και τους ίδιους χρόνους έναρξης και τερματισμού με κάποιο άλλο που είναι ήδη καταχωρημένο στο αρχείο μιας και κάτι τέτοιο θα σήμαινε διπλή καταχώρηση του ίδιου περιστατικού. Είναι επομένως αυτονόητο ότι δεν μπορούν να δημιουργηθούν περιοδικότητες τάξεως 1 με βάση τη συγκεκριμένη χρονική σχέση. Για παρόμοιους λόγους το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες πέντε σχέσεις που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Το γεγονός ότι οι συγκεκριμένες σχέσεις δεν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή περιοδικών περιστατικών τάξεως 1 δε σημαίνει ότι δεν είναι σημαντικές και χρήσιμες και δεν είναι κάτι που οφείλεται σε καμία περίπτωση σε δική τους αδυναμία αλλά στα ίδια τα δεδομένα όπως επεξηγήθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν, έγιναν οι κατάλληλες προσαρμογές στην υλοποίηση έτσι ώστε όταν εφαρμόζεται ο αλγόριθμος για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1, να χρησιμοποιείται ως μοτίβο τακτικότητας μόνο η σχέση before, που βασίζεται στην χρονική απόσταση μεταξύ των χρονικών αντικειμένων (σχέση 5.3.1.2), ενώ όταν εφαρμόζεται ο αλγόριθμος για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n , να χρησιμοποιούνται ως μοτίβα τακτικότητας ορισμένες από τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5 (βλ. 5.3.1), οι οποίες θα καθορίζονται από τον χρήστη μέσω του αρχείου μοτίβων τακτικότητας.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στη συγκεκριμένη υλοποίηση, όταν χρησιμοποιείται ως μοτίβο τακτικότητας η σχέση *before*, χρησιμοποιείται κάποιος περιορισμός απόστασης μεταξύ των χρονικών αντικειμένων. Συγκεκριμένα για κάθε μία από τις ιδιότητες που υπάρχουν στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή, υπάρχει καταχωρημένη σε άλλο αρχείο η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για αυτήν (βλ 6.3.2). Η συγκεκριμένη απόσταση χρησιμοποιείται στο βήμα του αλγορίθμου στο οποίο ονομάζονται τα βέλη των κόμβων του δέντρου περιοδικότητας. Συγκεκριμένα, για κάθε κόμβο, ελέγχεται εάν η απόσταση μεταξύ των χρονικών αντικείμενων που υπάρχουν σε αυτόν, ξεπερνά τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση που αφορά την ιδιότητα με την οποία συσχετίζονται τα χρονικά αντικείμενα και εάν κάτι τέτοιο ισχύει το βέλος του συγκεκριμένου κόμβου ονομάζεται *false*. Στόχος με τον περιορισμό αυτό είναι να μην εντοπίζονται περιοδικά περιστατικά για τα οποία οι εμφανίσεις του επαναληπτικού στοιχείου απέχουν μεταξύ τους μεγαλύτερη απόσταση από την μέγιστη επιτρεπόμενη η οποία καθορίζεται από την ιδιότητα ή τις ιδιότητες του περιοδικού περιστατικού. Σε περίπτωση που τα χρονικά αντικείμενα ενός κόμβου είναι σύνθετα και συνεπώς έχουμε να κάνουμε με περισσότερες από μία ιδιότητες, τότε η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση καθορίζεται ως η μικρότερη από τις μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις των ιδιοτήτων που συμμετέχουν στη διαδικασία.

6.3 Αρχεία εισόδου

Στο σημείο αυτό ακολουθεί η περιγραφή των διαφόρων αρχείων τα οποία περιέχουν τα διάφορα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή των αλγορίθμων.

6.3.1 Αρχείο ιατρικών δεδομένων ασθενή

Τα δεδομένα που αφορούν την υγεία του ασθενή και τα οποία επεξεργάζονται οι αλγόριθμοι, είναι ουσιαστικά ένα σύνολο από εγγραφές της μορφής **ιδιότητα <χρόνος έναρξης, χρόνος τερματισμού>**. Η συγκεκριμένη μορφή υποδηλώνει την ύπαρξη μιας συγκεκριμένης ιδιότητας η οποία εμφανίζεται τη χρονική στιγμή που προσδιορίζεται από το χρόνο έναρξης και παύει να ισχύει τη χρονική στιγμή που προσδιορίζεται από το χρόνο τερματισμού.

Κάθε μια εγγραφή του αρχείου, περιγράφει ουσιαστικά την ύπαρξη κάποιας ιδιότητας, και καταχωρείται σε μια νέα άδεια γραμμή. Για το συγκεκριμένο αρχείο, τα δεδομένα θα πρέπει να καταχωρούνται ανά ιδιότητα με τη σειρά λήψης τους και να είναι ταξινομημένα κατά αύξουσα σειρά με βάση τη χρονική στιγμή της έναρξής τους. Πρώτα δηλαδή καταχωρείται το δεδομένο με την πιο μικρή χρονική έναρξη και τα υπόλοιπα το ακολουθούν, ενώ ταυτόχρονα τα δεδομένα είναι ομαδοποιημένα ανά ιδιότητα. Έτσι πρώτα καταχωρούνται όλα τα δεδομένα που αφορούν μια συγκεκριμένη ιδιότητα σε αύξουσα χρονική σειρά όπως ήδη αναφέρθηκε και αφού δεν υπάρχουν άλλα δεδομένα της συγκεκριμένης ιδιότητας καταχωρούνται δεδομένα επόμενης ιδιότητας κ.ο.κ..

Για κάθε ένα από τα δεδομένα του αρχείου αυτού δημιουργείται ένα χρονικό αντικείμενο το οποίο έχει ως χαρακτηριστικά του την ιδιότητα, το χρόνο έναρξης της εμφάνισής της και τον χρόνο τερματισμού της. Αφού δημιουργηθούν όλα τα χρονικά αντικείμενα, τότε ομαδοποιούνται με βάση την ιδιότητα που μοντελοποιούν έτσι ώστε η επεξεργασία τους να είναι ευκολότερη.

6.3.2 Αρχείο μοτίβων τακτικότητας

Στο αρχείο αυτό αποθηκεύονται με σειρά προτεραιότητας τα μοτίβα τακτικότητας που θέλουμε να ικανοποιούνται από τα παραγόμενα περιοδικά περιστατικά. Στην υλοποίηση που έχει γίνει ως μοτίβα τακτικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι χρονικές σχέσεις μεταξύ χρονικών αντικειμένων που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5. Ουσιαστικά, κάθε φορά που κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου κατασκευάζεται ένα δέντρο περιοδικότητας, οι σχέσεις που βρίσκονται στο συγκεκριμένο αρχείο εφαρμόζονται με τη σειρά που εμφανίζονται σε αυτό στους κόμβους του δέντρου, με σκοπό να ονομαστούν όλα τα βέλη του με true ή false ετικέτες. Μετά την εφαρμογή κάθε σχέσης αφαιρούνται από το δέντρο περιοδικότητας με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 5 όλα τα κλαδιά που θεωρούνται ότι παρουσιάζουν μη αληθοφανή περιοδικά περιστατικά (με βάση τη συγκεκριμένη σχέση) και αποθηκεύονται σε κάποια δομή τα περιοδικά περιστατικά που απεικονίζονται στα

κλαδιά που έχουν απομείνει σε αυτό. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να εφαρμοστούν όλες οι σχέσεις που υπάρχουν στο αρχείο.

Ο τρόπος αναπαράστασης των διαφόρων σχέσεων στη συγκεκριμένη υλοποίηση γίνεται με τη χρήση αριθμών όπως φαίνεται πιο κάτω.

Σχέση meet → 1
Σχέση finish → 2
Σχέση before → 3
Σχέση equal → 4
Σχέση start → 5

Με βάση τη συγκεκριμένη αναπαράσταση, εάν για παράδειγμα στην πρώτη γραμμή του αρχείου βρίσκεται ο αριθμός 1 και στην δεύτερη ο αριθμός 4 αυτό σημαίνει ότι κάθε φορά που κατασκευάζεται ένα δέντρο περιοδικότητας θα εφαρμόζονται διαδοχικά στους κόμβους του με σκοπό να εντοπιστούν τα αληθοφανή περιοδικά περιστατικά οι σχέσεις meet και equal.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι σχέσεις που αποθηκεύονται στο αρχείο αυτό, χρησιμοποιούνται μόνο κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν εκτελείται ο αλγόριθμος για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1 (χρησιμοποιείται δηλαδή μόνο μία ακολουθία), μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο η σχέση before για τους λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί (βλ.6.2). Επομένως μιας και η σχέση αυτή είναι πάντοτε η ίδια, δεν χρειάζεται να δίνεται μέσω του αρχείου. Βέβαια η σχέση before μπορεί να καταχωρηθεί στο αρχείο εάν θέλουμε να χρησιμοποιηθεί στην εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1.

6.3.3 Αρχείο μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων

Για κάθε μια από τις ιδιότητες που υπάρχουν στο αρχείο με τα ιατρικά δεδομένα του ασθενή καταγράφεται στο αρχείο αυτό η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για τα αντικείμενα της συγκεκριμένης ιδιότητας. Η σημασία της συγκεκριμένης απόστασης για κάποια ιδιότητα είναι ότι τα χρονικά αντικείμενα που σχετίζονται με αυτή και τα οποία θα συνδυαστούν για την παραγωγή ενός περιοδικού περιστατικού δε θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους απόσταση μεγαλύτερη από την απόσταση αυτή. Για παράδειγμα αν για την ιδιότητα πυρετός η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση έχει καθοριστεί ως 3 μονάδες χρόνου, τότε χρονικά αντικείμενα που αφορούν τη συγκεκριμένη ιδιότητα, δε θα επιτρέπεται να θεωρηθούν ως περιοδικό περιστατικό εάν η μεταξύ τους απόσταση ξεπερνά τις 3 μονάδες χρόνου. Σε περίπτωση που τα χρονικά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται αφορούν διαφορετικές ιδιότητες, τότε μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση θεωρείται η μικρότερη από τις μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις των ιδιοτήτων.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση χρησιμοποιείται από τον αλγόριθμο όταν ως μοτίβο τακτικότητας χρησιμοποιείται η σχέση before, η οποία βασίζεται στην απόσταση μεταξύ των χρονικών αντικειμένων, με σκοπό όπως έχουμε ήδη αναφέρει να περιοριστούν οι συνδυασμοί μεταξύ χρονικών αντικειμένων και να μην προκύπτουν περιοδικά περιστατικά στα οποία οι εμφανίσεις του επαναληπτικού στοιχείου απέχουν χρονικά πάρα πολύ.

6.4 Σύνθετοι τύποι και δομές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν

Ακολουθεί αναφορά στους σύνθετους τύπους δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και μια σύντομη περιγραφή της λειτουργικότητας του κάθε ενός.

6.4.1 Επεξήγηση Σύνθετων Τύπων Δεδομένων

Για την υλοποίηση των δύο αλγορίθμων που έχουν μελετηθεί, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι σύνθετοι τύποι δεδομένων:

6.4.1.1 subject

```
struct subject
{
    char subjectName[MAX_SUBJECT_NAME_CHARS];
    struct timeObject *next;
    struct subject *down;
};
```

Η μεταβλητή subjectName ενός κόμβου υποδηλώνει το όνομα της ιδιότητας με την οποία σχετίζονται τα χρονικά αντικείμενα που βρίσκονται στην λίστα στην οποία δείχνει ο κόμβος ο δείκτης next .

Ο δείκτης next δείχνει στη λίστα με τα χρονικά αντικείμενα που σχετίζονται με την ιδιότητα που περιγράφεται από τη μεταβλητή subjectName.

Ο δείκτης down δείχνει στην επόμενη ιδιότητα της δομής.

Με βάση το συγκεκριμένο τύπο δεδομένων κατασκευάζεται η λίστα που περιέχει τα χρονικά αντικείμενα που βρίσκονται στο αρχείο με τα ιατρικά δεδομένα του ασθενή, ομαδοποιημένα ανά ιδιότητα.

6.4.1.2 timeObject

```
struct timeObject
{
    int objects[MAX_IDS];
    int listOfObjects[MAX_IDS];
    float compoundTimes[MAX_SIZE];
    float existenceStartTime;
    float existenceFinishTime;
    float distanceFromNext;
    float distanceFromPrevious;
    int extraId;
    int numOfObjects;
    struct timeObject *next;
    struct timeObject *compound;
};
```

Η μεταβλητή `objects` είναι ένας πίνακας στον οποίο αποθηκεύονται οι ταυτότητες των χρονικών αντικειμένων που υπάρχουν σε κάθε κόμβο της δομής.

Η μεταβλητή `listOfObjects` είναι ένας πίνακας στον οποίο αποθηκεύονται οι ταυτότητες των χρονικών αντικειμένων που αποτελούν το χρονικό αντικείμενο σε περίπτωση που αυτό είναι σύνθετο. Αν το χρονικό αντικείμενο είναι απλό τότε ο πίνακας αυτός δεν περιέχει κανένα στοιχείο.

Η μεταβλητή `compoundTimes` είναι ένας πίνακας που περιέχει τους χρόνους έναρξης και τερματισμού για κάθε ένα από τα χρονικά αντικείμενα που αποτελούν το σύνθετο χρονικό αντικείμενο αν αυτό είναι τέτοιο. Διαφορετικά, αν το χρονικό αντικείμενο είναι απλό τότε ο συγκεκριμένος πίνακας δεν περιέχει κανένα στοιχείο.

Η μεταβλητή `existenceStartTime` περιέχει τη χρονική στιγμή έναρξης της ύπαρξης του χρονικού αντικειμένου και η μεταβλητή `existenceFinishTime` περιέχει τη χρονική στιγμή τερματισμού της ύπαρξης του χρονικού αντικειμένου.

Η μεταβλητή `distanceFromNext` περιέχει για κάθε χρονικό αντικείμενο τη χρονική απόσταση του από το επόμενο χρονικό αντικείμενο δεδομένου ότι αυτό είναι μέρος μιας ακολουθίας από χρονικά αντικείμενα. Η μεταβλητή `distanceFromPrevious` από την άλλη περιέχει για κάθε χρονικό αντικείμενο τη χρονική απόσταση του από το προηγούμενο χρονικό αντικείμενο δεδομένου επίσης ότι αυτό είναι μέρος μιας ακολουθίας από χρονικά αντικείμενα. Οι δύο συγκεκριμένες μεταβλητές, χρησιμοποιούνται μετά το τέλος της όλης διαδικασίας που γίνεται από τον αλγόριθμο για τον εντοπισμό σύνθετων περιοδικοτήτων όπου το επαναληπτικό στοιχείο είναι το ίδιο από μόνο του περιοδικό περιστατικό (βλ. 7.4)

Η μεταβλητή `compound` είναι δείκτης σε λίστα που περιέχει τα χρονικά αντικείμενα που αποτελούν το σύνθετο χρονικό αντικείμενο.

Η μεταβλητή `extraId` περιέχει μια επιπλέον ταυτότητα η οποία χρησιμοποιείται για παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 2. Συγκεκριμένα η χρήση της είναι βοηθητική για τη δημιουργία του δέντρου.

Η μεταβλητή `numOfObjects` περιέχει το συνολικό αριθμό των αντικειμένων που αποτελούν ένα σύνθετο χρονικό αντικείμενο και χρησιμοποιείται για να μπορούν να εντοπιστούν περιοδικά περιστατικά το επαναληπτικό στοιχεία των οποίων αποτελείται από μια δυάδα χρονικών αντικειμένων (βλ.7.4)

Ο δείκτης `next` δείχνει στο επόμενο χρονικό αντικείμενο της λίστας.

Με βάση το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων δημιουργούνται τα διάφορα χρονικά αντικείμενα, τα οποία με τη σειρά τους συμμετέχουν στη δημιουργία περιοδικών περιστατικών.

6.4.1.3 timeObjects

```
struct timeObjects
{
    int objectId;
    int value;
    struct timeObjects *next;
};
```

Η μεταβλητή objectId περιέχει την ταυτότητα ενός χρονικού αντικειμένου και ο δείκτης next δείχνει σε κόμβο που περιέχει την ταυτότητα του επόμενου χρονικού αντικειμένου.

Η μεταβλητή value παίρνει τιμές 1 και 0 και χρησιμοποιείται στην διαδικασία αποθήκευσης των περιοδικών περιστατικών που αναπαρίστανται σε κάποιο κλαδί του δένδρου περιοδικότητας.

Με το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων δημιουργείται σε κάθε φύλλο του δέντρου περιοδικότητας μια λίστα που περιέχει τις ταυτότητες όλων των χρονικών αντικειμένων που συμμετέχουν στο περιοδικό περιστατικό που αντιστοιχεί στο κλαδί που καταλήγει το φύλλο αυτό και μια λίστα που για κάθε ζεύγος χρονικών αντικειμένων περιέχει 1 (true) αν η σχέση που χρησιμοποιείται τη δεδομένη στιγμή ικανοποιείται από το συγκεκριμένο ζεύγος αντικειμένων και 0 (false) αν δεν ικανοποιείται. .

6.4.1.4 periodicOccurence

```
struct periodicOccurence
{
    struct periodicOccurence *next;
    int value;
};
```

Η μεταβλητή value περιέχει τιμή 0 ή 1 και ο δείκτης next δείχνει στον επόμενο κόμβο της λίστας.

Με το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων μπορούμε να δημιουργήσουμε μια λίστα για κάθε κόμβο που να περιέχει τιμές 0 και 1, οι οποίες αντιστοιχούν στη σειρά των βελών των κόμβων που ανήκουν στο κλαδί που αρχίζει από τη ρίζα και φτάνει στο συγκεκριμένο κόμβο.

6.4.1.5 periodicityTreeNode

```
struct periodicityTreeNode
{
    struct periodicityTreeNode*child[MAX_CHILDNODES];
    int object1Id;
    int object2Id;
    float existenceStartTime1;
    float existenceFinishTime1;
    float existenceStartTime2;
    float existenceFinishTime2;
    int arch;
    struct periodicOccurence *pointer;
    struct timeObjects *timeObjectsList;
    int deleted;
    int sent;
};
```

Ο πίνακας child είναι ένας πίνακας με δείκτες στα παιδιά του ενός κόμβου στο δέντρο περιοδικότητας.

Η μεταβλητή `object1Id` περιέχει την ταυτότητα του πρώτου χρονικού αντικειμένου του ζεύγους και η μεταβλητή `object2Id` περιέχει την ταυτότητα του δεύτερου χρονικού αντικειμένου του ζεύγους.

Η μεταβλητή `existenceStartTime1` περιέχει τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στην έναρξη της εμφάνισης του πρώτου αντικειμένου του ζεύγους, ενώ η μεταβλητή `existenceFinishTime1` περιέχει την χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στον τερματισμό του πρώτου χρονικού αντικειμένου του ζεύγους.

Η μεταβλητή `existenceStartTime2` περιέχει τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στην έναρξη της εμφάνισης του δεύτερου αντικειμένου του ζεύγους, ενώ η μεταβλητή `existenceFinishTime2` περιέχει τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στον τερματισμό του δεύτερου χρονικού αντικειμένου του ζεύγους .

Η μεταβλητή `arch` για κάθε κόμβο παίρνει τιμές 1 (`true`) ή 0 (`false`) ανάλογα με το αν μια σχέση ή συνάρτηση που εφαρμόζεται στον συγκεκριμένο κόμβο είναι αληθής ή όχι.

Ο δείκτης `pointer` δείχνει σε μια λίστα στην οποία περιέχονται τιμές 1 (`true`) και 0 (`false`). Για κάθε κόμβο η λίστα αντιστοιχεί στις ονομασίες των βελών όπως αυτά εμφανίζονται ξεκινώντας από τη ρίζα και καταλήγοντας στο συγκεκριμένο κόμβο.

Ο δείκτης `autós` για κάποιο κόμβο δείχνει σε μια λίστα με τις ταυτότητες χρονικών αντικειμένων που βρίσκονται στους κόμβους που υπάρχουν στο μονοπάτι από τη ρίζα μέχρι το συγκεκριμένο κόμβο. Έτσι η συγκεκριμένη λίστα κάποιου φύλλου στο δένδρο περιοδικότητας θα περιέχει όλα τα χρονικά αντικείμενα που συναντούνται αν ακολουθήσουμε το κλαδί που καταλήγει στο συγκεκριμένο φύλλο.

Η μεταβλητή `deleted` παίρνει την τιμή 1 αν μετά από την εφαρμογή κάποιας σχέσης ή συνάρτησης σε κάποιο κόμβο διαπιστωθεί ότι ο κόμβος αυτός πρέπει να αφαιρεθεί από το δέντρο περιοδικότητας.

Η μεταβλητή `sent` είναι χρήσιμη μόνο για τους κόμβους φύλλα του δέντρου περιοδικότητας και παίρνει τιμές 1 και 0 ανάλογα με το αν το περιοδικό περιστατικό

που αντιστοιχεί στο κλαδί που καταλήγει στο συγκεκριμένο φύλλο έχει αποθηκευτεί στη δομή με τα περιοδικά περιστατικά που έχουν προκύψει από την όλη διαδικασία ή όχι ακόμη.

Ο πιο πάνω σύνθετος τύπος δεδομένων χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του δέντρου περιοδικότητας κάθε φορά που εκτελείται ο αλγόριθμος και η επεξεργασία του οποίου θα έχει ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό των διαφόρων περιοδικών περιστατικών.

6.4.1.6 allPlausiblePeriodicOccurence

```
struct allPlausiblePeriodicOccurrences
{
    char subjectName[MAX_SUBJECT_NAME_CHARS];
    float startTime;
    float finishTime;
    struct plausiblePeriodicOccurence *next;
    struct allPlausiblePeriodicOccurrences *down;
    int compound;
    int timeFound;
    int numOfObjects;
    int justTwo;
};
```

Η μεταβλητή subjectName περιέχει το όνομα της ιδιότητας που σχετίζεται με το περιοδικό περιστατικό.

Η μεταβλητή startTime περιέχει τη χρονική στιγμή έναρξης του περιοδικού περιστατικού και η μεταβλητή finishTime περιέχει τη χρονική στιγμή τερματισμού του όπως αυτά υπολογίζονται με βάση το πρώτο και το τελευταίο χρονικό αντικείμενο στην λίστα στην οποία δείχνει ο δείκτης next.

Ο δείκτης next δείχνει σε μια λίστα με τις ταυτότητες των χρονικών αντικειμένων που συμμετέχουν στο περιοδικό περιστατικό και αποτελούν τα στοιχεία σύνθεσής του.

Ο δείκτης down δείχνει στο επόμενο περιοδικό περιστατικό μέσα στη λίστα.

Η μεταβλητή compound έχει τιμή 0 για τις ακολουθίες περιοδικών περιστατικών τάξεως-1, 1 για περιοδικά περιστατικά τάξεως-2, 2 για περιοδικά περιστατικά τάξεως-3 κ.ο.κ.

Η μεταβλητή timeFound περιέχει 1 αν για το συγκεκριμένο περιοδικό περιστατικό έχει ήδη βρεθεί ο χρόνος έναρξης και ο χρόνος τερματισμού και 0 αν όχι.

Η μεταβλητή numOfObjects περιέχει το συνολικό αριθμό των χρονικών αντικειμένων τα οποία αποτελούν το περιοδικό περιστατικό.

Η μεταβλητή justTwo περιέχει 1 αν το περιοδικό περιστατικό αποτελείται από μόνο δύο χρονικά αντικείμενα και 0 αν περιέχει περισσότερα. Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιήθηκε για να υπάρξει δυνατότητα χειρισμού περιοδικοτήτων της μορφής που παρουσιάζεται στο Παράδειγμα 7.3 του Κεφαλαίου 7.

Με βάση το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων δημιουργείται μια λίστα η οποία περιέχει περιοδικά περιστατικά διαφόρων τάξεων για κάθε ένα από τα οποία υπάρχει αποθηκευμένος ο χρόνος έναρξης και ο χρόνος τερματισμού του.

6.4.1.7 plausiblePeriodicOccurence

```
struct plausiblePeriodicOccurence
{
    float object1StartTime;
    float object1FinishTime;
    float object2StartTime;
    float object2FinishTime;
    int listOfObjects[MAX_IDS]
    int objectId;
    struct plausiblePeriodicOccurence *next;
    float startTime;
    float finishTime;
    float compoundTimes[MAX_SIZE];
};
```

Οι μεταβλητές `object1StartTime` και `object1FinishTime` περιέχουν τους χρόνους έναρξης και τερματισμού αντίστοιχα του πρώτου χρονικού αντικειμένου.

Οι μεταβλητές `object2StartTime` και `object2FinishTime` περιέχουν τον χρόνο έναρξης και τον χρόνο τερματισμού αντίστοιχα του δεύτερου χρονικού αντικειμένου.

Ο πίνακας `listOfObjects` περιέχει τις ταυτότητες όλων των χρονικών αντικειμένων που υπάρχουν στο συγκεκριμένο κόμβο. Ο συγκεκριμένος πίνακας χρησιμοποιείται μόνο για περιοδικά περιστατικά όπου τα χρονικά αντικείμενα που τα αποτελούν δεν είναι ατομικά αλλά σύνθετα, δηλαδή αποτελούνται από 2 ή περισσότερα άλλα χρονικά αντικείμενα.

Η μεταβλητή `objectId` περιέχει την ταυτότητα του χρονικού αντικειμένου σε περιπτώσεις περιοδικών περιστατικών που αποτελούνται από ατομικά χρονικά αντικείμενα και όχι σύνθετα.

Η μεταβλητή `next` είναι δείκτης που δείχνει στο επόμενο χρονικό αντικείμενο στη λίστα.

Οι μεταβλητές `startTime` και `finishTime` χρησιμοποιούνται για να διατηρούν το χρόνο έναρξης και τερματισμού κάθε χρονικού αντικειμένου που εμφανίζεται σε ένα περιοδικό περιστατικό.

Η μεταβλητή `compoundTimes` περιέχει τους χρόνους έναρξης και τερματισμού για όλα τα χρονικά αντικείμενα που συμπεριλαμβάνονται στο περιοδικό περιστατικό.

Με βάση το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων δημιουργείται λίστα για κάθε περιοδικό περιστατικό η οποία περιέχει αναλυτικά τα στοιχεία που το χαρακτηρίζουν. Πιο συγκεκριμένα περιέχουν το επαναληπτικό στοιχείο, τις ιδιότητες δηλαδή που χαρακτηρίζουν το περιοδικό περιστατικό και το μοτίβο επανάληψης του, δηλαδή το χρόνο έναρξης και το χρόνο τερματισμού για κάθε εμφάνιση του επαναληπτικού στοιχείου του.

6.4.1.8 distancesStructure

```
struct distancesStructure
{
    char property[MAX_CHARACTERS];
    float distance;
    struct distancesStructure *next;
};
```

Η μεταβλητή `property` αποθηκεύει το όνομα μιας ιδιότητας και η μεταβλητή `distance` τη μέγιστη απόσταση που θα επιτρέπεται να έχουν ένα σύνολο χρονικών αντικειμένων της συγκεκριμένης ιδιότητας για να μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν περιοδικό περιστατικό.

Ο δείκτης `next` δείχνει στην επόμενη ιδιότητα μέσα στη λίστα.

Με βάση το συγκεκριμένο σύνθετο τύπο δεδομένων δημιουργείται μια λίστα που περιέχει όλες τις ιδιότητες που υπάρχουν στο αρχείο των δεδομένων του ασθενή και για κάθε μια από αυτές τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ χρονικών αντικειμένων για να μπορεί να υπάρξει περιοδικό περιστατικό.

6.4.2 Επεξήγηση Δομών Δεδομένων

Οι βασικές δομές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα είναι οι ακόλουθες :

6.4.2.1 Λίστα χρονικών αντικειμένων ανά ιδιότητα

Η δομή αυτή αποτελείται από κόμβους που αντιστοιχούν στις ιδιότητες που βρίσκονται στο αρχείο με τα δεδομένα που περιγράφουν την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Πιο συγκεκριμένα κάθε κόμβος της συγκεκριμένης δομής αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ιδιότητα και δείχνει σε λίστα στην οποία τοποθετούνται όλα τα χρονικά αντικείμενα που υπάρχουν στο αρχείο δεδομένων και αφορούν κάποιο στιγμιότυπο της συγκεκριμένης ιδιότητας. Για κάθε ένα από τα χρονικά αντικείμενα της συγκεκριμένης λίστας διατηρούνται πληροφορίες που το περιγράφουν, όπως η χρονική στιγμή έναρξης της ύπαρξής του, η χρονική στιγμή τερματισμού της ύπαρξής του και η ταυτότητά του.

Η συγκεκριμένη δομή δημιουργείται με τη χρήση των σύνθετων τύπων 6.5.1.1 και 6.5.1.2.

6.4.2.2 Δέντρο Περιοδικότητας

Το δέντρο αυτό αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων και έχει τη μορφή που φαίνεται στα Σχήματα 5.2 και 5.6. Κάθε ένας από τους κόμβους του δέντρου περιέχει τις ταυτότητες δύο χρονικών αντικειμένων, τις χρονικές στιγμές έναρξης και τερματισμού τους, τις τιμές που τα περιγράφουν και ένα δείκτη στους κόμβους παιδιά του. Επίσης για κάθε κόμβο υπάρχει μια λίστα η οποία περιέχει τις ταυτότητες όλων των χρονικών αντικειμένων που υπάρχουν στους κόμβους του κλαδιού που αρχίζει από τη ρίζα και

καταλήγει στο συγκεκριμένο κόμβο. Επιπλέον σε κάθε κόμβο του δέντρου υπάρχει μια ακόμη λίστα, η οποία περιέχει τιμές 0 και 1. Η σειρά με την οποία εμφανίζονται στη συγκεκριμένη λίστα οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στη σειρά των βελών των κόμβων που ανήκουν στο κλαδί που αρχίζει από τη ρίζα και φτάνει στο συγκεκριμένο κόμβο. Το βέλος που ανήκει στον κάθε κόμβο του δέντρου περιοδικότητας είναι το βέλος που καταλήγει στον κόμβο αυτό. Η λίστα αυτή στα φύλλα του δέντρου χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί κατά πόσο ένα συγκεκριμένο κλαδί που καταλήγει στο φύλλο αυτό αναπαριστά ή όχι αληθοφανή περιοδικά περιστατικά.

Η συγκεκριμένη δομή δημιουργείται με τη χρήση των σύνθετων τύπων 6.5.1.3, 6.5.1.4 και 6.5.1.5.

6.4.2.3 Λίστα περιοδικών περιστατικών

Στη λίστα αυτή τοποθετούνται όλα τα περιοδικά περιστατικά που κρίνονται αληθοφανή από την εκτέλεση του αλγορίθμου. Συγκεκριμένα για κάθε περιοδικό περιστατικό, διατηρούνται στη δομή αυτή, το όνομα του περιοδικού περιστατικού, η χρονική στιγμή έναρξης και η χρονική στιγμή τερματισμού του και η τάξη περιοδικότητάς του.

Η συγκεκριμένη δομή δημιουργείται με τη χρήση των σύνθετων τύπων 6.5.1.5, 6.5.1.6 και 6.5.1.7.

6.4.2.4 Λίστα μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων ανά ιδιότητα

Στη λίστα αυτή αποθηκεύεται για κάθε ιδιότητα που υπάρχει στο αρχείο με τα ιατρικά δεδομένα του ασθενή η μέγιστη απόσταση που επιτρέπεται να έχουν τα χρονικά αντικείμενα της συγκεκριμένης ιδιότητας μεταξύ τους για να μπορεί να προκύψει ένα περιοδικό περιστατικό που να αφορά τη συγκεκριμένη ιδιότητα.

Η συγκεκριμένη δομή δημιουργείται με τη χρήση του σύνθετου τύπου 6.5.1.8.

7. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι μέσω της παρουσίασης πολλαπλών παραδειγμάτων να δοθούν αρκετές μορφές περιοδικοτήτων που μπορούν να εντοπιστούν με τη χρήση των αλγορίθμων που έχουν υλοποιηθεί και να σχολιαστούν ορισμένες ιδιαιτερότητες που ενδεχομένως υπάρχουν σε ορισμένα από αυτά.

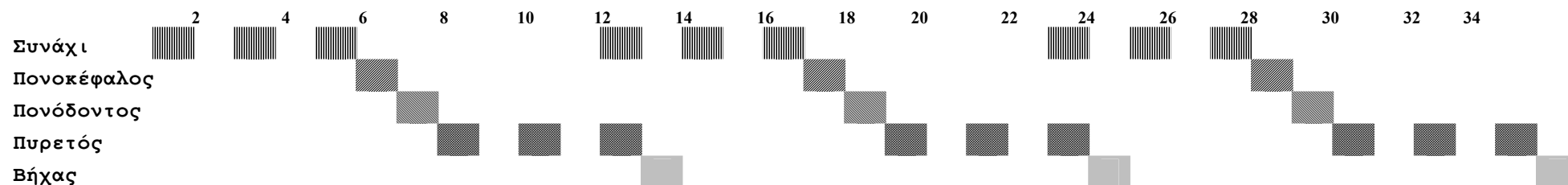
Για κάθε ένα από τα παραδείγματα δίνεται το αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή σε διαγραμματική μορφή έτσι ώστε τυχόν περιοδικά περιστατικά που θέλουμε να εντοπιστούν να είναι πιο ευδιάκριτα. Δίδονται επίσης και τα δεδομένα του αρχείου μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων και η τάξη περιοδικότητας που ζητείται. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εξόδου της εκτέλεσης του αλγορίθμου που είναι ουσιαστικά ένα σύνολο από περιοδικά περιστατικά. Συγκεκριμένα, για κάθε ένα από τα περιοδικά περιστατικά προσδιορίζονται οι ιδιότητες με τις οποίες αυτό σχετίζεται και οι οποίες αποτελούν ουσιαστικά το επαναληπτικό του στοιχείο και δίνεται ο χρόνος έναρξης και ο χρόνος τερματισμού του. Επιπλέον όσον αφορά το μοτίβο επανάληψης του κάθε περιοδικού περιστατικού, προσδιορίζονται οι χρόνοι έναρξης και τερματισμού για κάθε μια από τις εμφανίσεις του επαναληπτικού του στοιχείου. Τέλος το κάθε ένα από τα παραδείγματα ακολουθείται από ένα συνοπτικό σχολιασμό των αποτελεσμάτων εξόδου.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στα πρώτα πέντε παραδείγματα εκτέλεσης του αλγορίθμου, κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων μεγαλύτερης τάξεως του 1, χρησιμοποιήθηκε ως μοτίβο τακτικότητας η σχέση *meet* (η χρονική στιγμή τερματισμού του ενός χρονικού αντικειμένου είναι ίση με την χρονική στιγμή έναρξης του άλλου αντικειμένου). Υπενθυμίζεται επίσης ότι για την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 χρησιμοποιείται ως μοτίβο τακτικότητας η σχέση *before* (τα δύο χρονικά αντικείμενα έχουν μεταξύ τους κάποια χρονική απόσταση), μιας και είναι η μοναδική από τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο αλγόριθμο, για τους λόγους που επεξηγήθηκαν στο Κεφάλαιο 6. (βλ.6.2). Μάλιστα, λόγω του ότι η σχέση αυτή χρησιμοποιείται πάντοτε στον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικών περιστατικών τάξεως

1, έχει ενσωματωθεί στον κώδικα υλοποίησής του και δε χρειάζεται να δίνεται μέσω του αρχείου μοτίβων τακτικότητας εκτός και αν επιθυμείται η χρήση της και στον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1. Επιπλέον στα πρώτα πέντε παραδείγματα, ο περιορισμός μέγιστης επιτρεπόμενης απόστασης δεν ισχύει κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1, αλλά μόνο κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1.

Στο έκτο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1 η σχέση before ενώ επιπλέον αυτού ο περιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης απόστασης ισχύει και κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1.

7.1 Παράδειγμα 1



Σχήμα 7.1 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Συνάχι	1 μέρα
Πονοκέφαλος	1 μέρα
Πονόδοντος	1 μέρα
Πυρετός	1 μέρα
Βήχας	1 μέρα

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει δοθεί ως επιθυμητή τάξη περιοδικότητας το 5 και συνεπώς δημιουργούνται περιοδικά περιστατικά τα οποία περιλαμβάνουν το πολύ 5 συμπτώματα. Κάτι που ισχύει σε όλα τα παραδείγματα είναι ότι ο αριθμός που δίνει ο χρήστης δεν έχει νόημα να ξεπερνά το συνολικό αριθμό των διαφορετικών ιδιοτήτων (συμπτωμάτων) που υπάρχουν στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή. Επιπλέον σε όλα τα παραδείγματα, η σχέση before χρησιμοποιείται ως μοτίβο τακτικότητας όταν εκτελείται ο αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 αφού είναι η μοναδική σχέση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτόν (βλ.6.2).

Αποτελέσματα εξόδου

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 6

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 2

Έναρξη: 3 Τερματισμός: 4

Έναρξη: 5 Τερματισμός: 6

Περιοδικό Περιστατικό 2

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι

Έναρξη: 12

Τερματισμός: 17

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 13

Έναρξη: 14 Τερματισμός: 15

Έναρξη: 16 Τερματισμός: 17

Περιοδικό Περιστατικό 3

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι

Έναρξη: 23

Τερματισμός: 28

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 24

Έναρξη: 25 Τερματισμός: 26

Έναρξη: 27 Τερματισμός: 28

Περιοδικό Περιστατικό 4

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Πονοκέφαλος

Έναρξη: 6

Τερματισμός: 29

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 7

Έναρξη: 17 Τερματισμός: 18

Έναρξη: 28 Τερματισμός: 29

Περιοδικό Περιστατικό 5

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Πονόδοντος

Έναρξη: 7

Τερματισμός: 30

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 7 Τερματισμός: 8

Έναρξη: 18 Τερματισμός: 19

Έναρξη: 29 Τερματισμός: 30

Περιοδικό Περιστατικό 6

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας

Έναρξη: 8

Τερματισμός: 13

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 9

Έναρξη: 10 Τερματισμός: 11

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 13

Περιοδικό Περιστατικό 7

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας

Έναρξη: 19

Τερματισμός: 24

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 20

Έναρξη: 21 Τερματισμός: 22

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 24

Περιοδικό Περιστατικό 8

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας

Έναρξη: 30

Τερματισμός: 35

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 30 Τερματισμός: 31

Έναρξη: 32 Τερματισμός: 33

Έναρξη: 34 Τερματισμός: 35

Περιοδικό Περιστατικό 9

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Πυρετός

Έναρξη: 13

Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 13 Τερματισμός: 14

Έναρξη: 24 Τερματισμός: 25

Έναρξη: 35 Τερματισμός: 36

Περιοδικό Περιστατικό 10

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 7

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 7

Περιοδικό Περιστατικό 11

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος

Έναρξη: 12

Τερματισμός: 18

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 17

Έναρξη: 17 Τερματισμός: 18

Περιοδικό Περιστατικό 12

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος

Έναρξη: 23

Τερματισμός: 29

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 28

Έναρξη: 28 Τερματισμός: 29

Περιοδικό Περιστατικό 13

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Βήχας-Πυρετός

Έναρξη: 8
Τερματισμός: 14

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 13
Έναρξη: 13 Τερματισμός: 14

Περιοδικό Περιστατικό 14

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Βήχας-Πυρετός

Έναρξη: 19
Τερματισμός: 25

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 24
Έναρξη: 24 Τερματισμός: 25

Περιοδικό Περιστατικό 15

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Βήχας-Πυρετός

Έναρξη: 30
Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 30 Τερματισμός: 35
Έναρξη: 35 Τερματισμός: 36

Περιοδικό Περιστατικό 16

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 8

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 7
Έναρξη: 7 Τερματισμός: 8

Περιοδικό Περιστατικό 17

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος

Έναρξη: 12
Τερματισμός: 19

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 18
Έναρξη: 18 Τερματισμός: 19

Περιοδικό Περιστατικό 18

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος

Έναρξη: 23
Τερματισμός: 30

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 29
Έναρξη: 29 Τερματισμός: 30

Περιοδικό Περιστατικό 19

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας-Πυρετός—Συνάχι

Έναρξη: 8

Τερματισμός: 15

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 14

Έναρξη: 14 Τερματισμός: 15

Περιοδικό Περιστατικό 20

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας-Πυρετός--Συνάχι

Έναρξη: 19

Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 25

Έναρξη: 25 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 21

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 13

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 8

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 13

Περιοδικό Περιστατικό 22

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας-

Έναρξη: 12

Τερματισμός: 24

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 19

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 24

Περιοδικό Περιστατικό 23

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας

Έναρξη: 23

Τερματισμός: 35

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 30

Έναρξη: 30 Τερματισμός: 35

Περιοδικό Περιστατικό 24

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας--Πυρετός--

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 14

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 13

Έναρξη: 13 Τερματισμός: 14

Περιοδικό Περιστατικό 25

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας--Πυρετός

Έναρξη: 12

Τερματισμός: 25

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 24

Έναρξη: 24 Τερματισμός: 25

Περιοδικό Περιστατικό 26

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας--Πυρετός--

Έναρξη: 23

Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 35

Έναρξη: 35 Τερματισμός: 36

Περιοδικό Περιστατικό 27

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 28

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 17

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 28

Περιοδικό Περιστατικό 28

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Βήχας

Έναρξη: 8

Τερματισμός: 35

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 13

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 24

Έναρξη: 30 Τερματισμός: 35

Περιοδικό Περιστατικό 29

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 29

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 7

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 18

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 29

Περιοδικό Περιστατικό 30

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Βήχας-Πυρετός

Έναρξη: 8

Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 14

Έναρξη: 19 Τερματισμός: 25

Έναρξη: 30 Τερματισμός: 36

Περιοδικό Περιστατικό 31

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Συνάχι-Πονοκέφαλος—Πονόδοντος

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 30

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 8
Έναρξη: 12 Τερματισμός: 19
Έναρξη: 23 Τερματισμός: 30

Περιοδικό Περιστατικό 32

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Βήχας-Πυρετός--Συνάχι

Έναρξη: 8
Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 15
Έναρξη: 19 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 33

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:
Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 35

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 13
Έναρξη: 12 Τερματισμός: 24
Έναρξη: 23 Τερματισμός: 35

Περιοδικό Περιστατικό 34

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:

Συνάχι-Πονοκέφαλος--Πονόδοντος--Βήχας--Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 14

Έναρξη: 12 Τερματισμός: 25

Έναρξη: 23 Τερματισμός: 36

Στο Σχήμα 7.1 φαίνονται διαγραμματικά τα διάφορα περιστατικά που υπάρχουν στο αρχείο με τα δεδομένα που αφορούν την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι χρονικές στιγμές που ο ασθενής παρουσίασε κάποια συμπτώματα. Για όλα τα συμπτώματα η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των χρονικών αντικειμένων που αποτελούν ένα περιοδικό περιστατικό είναι 1. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο παράδειγμα πέραν της σχέσης before που χρησιμοποιείται πάντοτε κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1, χρησιμοποιείται επίσης και η σχέση meet (είναι αποθηκευμένη στο αρχείο με τα μοτίβα τακτικότητας) κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1.

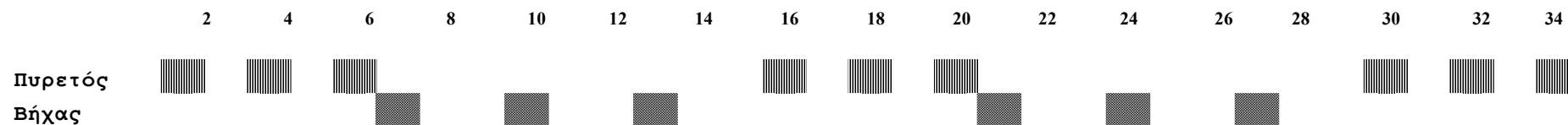
Όπως φαίνεται ξεκάθαρα στο σχήμα, υπάρχει ένα περιοδικό περιστατικό που καλύπτει και τα 5 συμπτώματα και συνεπώς είναι περιοδικό περιστατικό τάξεως-5 (περιοδικό περιστατικό 34). Το συγκεκριμένο περιοδικό περιστατικό, που στο συγκεκριμένο παράδειγμα παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, όντως εντοπίζεται από τον αλγόριθμο όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα εξόδου, αφού βέβαια εντοπιστούν πρώτα όλα τα περιοδικά περιστατικά μικρότερων τάξεων, η σημασία των οποίων στην όλη διαδικασία είναι μεγάλη.

Το επαναληπτικό στοιχείο του συγκεκριμένου περιοδικού περιστατικού είναι ένα σύνολο από πέντε συμπτώματα (συνάχι, πονοκέφαλο, πονόδοντο, βήχα, πυρετό) και το στοιχείο αυτό επαναλαμβάνεται τρεις φορές. Η πρώτη εμφάνιση αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 14, η δεύτερη αρχίζει τη χρονική

στιγμή 12 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 25 και η τρίτη αρχίζει τη χρονική στιγμή 23 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 36. Ο λόγος που αυτό το περιοδικό περιστατικό θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι καταρχάς καλύπτει τα υπόλοιπα με την ύπαρξη του και επιπλέον το επαναληπτικό του στοιχείο αποτελεί σύζευξη όλων των συμπτωμάτων που παρουσιάζονται στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή, πράγμα που σημαίνει ότι η περιοδικότητα που παρουσιάζει είναι πολύ σημαντική και δεν πρέπει να αγνοηθεί.

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό περιοδικό περιστατικό είναι και το περιοδικό περιστατικό 33, το επαναληπτικό στοιχείο του οποίου είναι επίσης αρκετά σύνθετο (συνάχι, πονοκέφαλος, πονόδοντος, βήχας).

7.2 Παράδειγμα 2



Σχήμα 7.2 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Πυρετός 1 μέρα
Βήχας 2 μέρες

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει δοθεί ως επιθυμητή τάξη περιοδικότητας το 2 και συνεπώς δημιουργούνται περιοδικά περιστατικά τα οποία περιλαμβάνουν το πολύ 2 συμπτώματα.

Αποτελέσματα εξόδου

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 6

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1	Τερματισμός: 2
Έναρξη: 3	Τερματισμός: 4
Έναρξη: 5	Τερματισμός: 6

Περιοδικό Περιστατικό 2

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός

Έναρξη: 15
Τερματισμός: 20

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 15	Τερματισμός: 16
Έναρξη: 17	Τερματισμός: 18
Έναρξη: 19	Τερματισμός: 20

Περιοδικό Περιστατικό 3

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός

Έναρξη: 29
Τερματισμός: 34

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 29	Τερματισμός: 30
Έναρξη: 31	Τερματισμός: 32
Έναρξη: 33	Τερματισμός: 34

Περιοδικό Περιστατικό 4

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας

Έναρξη: 6
Τερματισμός: 13

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 7
Έναρξη: 9 Τερματισμός: 10
Έναρξη: 12 Τερματισμός: 13

Περιοδικό Περιστατικό 5

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας

Έναρξη: 20
Τερματισμός: 27

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 20 Τερματισμός: 21
Έναρξη: 23 Τερματισμός: 24
Έναρξη: 26 Τερματισμός: 27

Περιοδικό Περιστατικό 6

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 13

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6
Έναρξη: 6 Τερματισμός: 13

Περιοδικό Περιστατικό 7

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 15

Τερματισμός: 27

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 15 Τερματισμός: 20

Έναρξη: 20 Τερματισμός: 27

Περιοδικό Περιστατικό 8

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 34

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6

Έναρξη: 15 Τερματισμός: 20

Έναρξη: 29 Τερματισμός: 34

Περιοδικό Περιστατικό 9

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Βήχας

Έναρξη: 6

Τερματισμός: 27

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 13

Έναρξη: 20 Τερματισμός: 27

Περιοδικό Περιστατικό 10

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 27

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 13

Έναρξη: 15 Τερματισμός: 27

Στο Σχήμα 7.2 απεικονίζονται κάποια συμπτώματα που παρουσίασε ο ασθενής σε κάποιες συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Για το σύμπτωμα πυρετός, όπως μπορούμε να δούμε και από το αρχείο μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων, η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση είναι 1 ενώ για το σύμπτωμα βήχας είναι 2. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα έτσι και σε αυτό πέραν της σχέσης *before* που χρησιμοποιείται πάντοτε κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως του 1, χρησιμοποιείται επίσης και η σχέση *meet* (είναι αποθηκευμένη στο αρχείο με τα μοτίβα τακτικότητας) κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1.

Στο σχήμα διακρίνεται έντονα μια περιοδικότητα που αφορά τον πυρετό και η οποία αρχίζει από την χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 34. Το επαναληπτικό στοιχείο εμφανίζεται τις χρονικές στιγμές 1 μέχρι 6, 15 μέχρι 20 και 29 μέχρι 34. Μια άλλη σημαντική περιοδικότητα είναι αυτή που αφορά το συνδυασμό του βήχα και του πυρετού. Η συγκεκριμένη περιοδικότητα αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 27 με το επαναληπτικό της στοιχείο να κάνει δύο εμφανίσεις, την πρώτη από 1 μέχρι 13 και τη δεύτερη από 15 μέχρι 27.

Όντως, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα εκτέλεσης του αλγορίθμου για το συγκεκριμένο παράδειγμα εντοπίζονται οι περιοδικότητες αυτές αφού εντοπιστούν βέβαια προηγουμένως οι πιο απλές περιοδικότητες που τα συνθέτουν.

7.3 Παράδειγμα 3



Σχήμα 7.3 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Πυρετός 1 μέρα

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει δοθεί ως επιθυμητή τάξη περιοδικότητας το 1 εφόσον στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή υπάρχουν εμφανίσεις μόνο μίας ιδιότητας και έτσι δεν υπάρχει νόημα να εκτελεστεί ο αλγόριθμος με διαφορετική είσοδο από αυτήν του 1. Επιπλέον, το αρχείο με τα μοτίβα τακτικότητας στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι άδαιο αφού λόγω του ότι υπάρχει μία μοναδική ακολουθία χρονικών αντικειμένων, θα εκτελεστεί μόνο ο αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 ο οποίος περιέχει ενσωματωμένη στον κώδικα υλοποίησης του τη μοναδική σχέση (before) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοτίβο τακτικότητας κατά την εκτέλεσή του.

Αποτελέσματα εξόδου

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 18

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 4

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 11

Έναρξη: 15 Τερματισμός: 18

Περιοδικό Περιστατικό 2

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 28

Τερματισμός: 45

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 28 Τερματισμός: 31

Έναρξη: 35 Τερματισμός: 38

Έναρξη: 42 Τερματισμός: 45

Περιοδικό Περιστατικό 3

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 45

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 18

Έναρξη: 28 Τερματισμός: 45

Αναλυτικότερα

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 4

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 11

Έναρξη: 15 Τερματισμός: 18

Έναρξη: 28 Τερματισμός: 31

Έναρξη: 35 Τερματισμός: 38

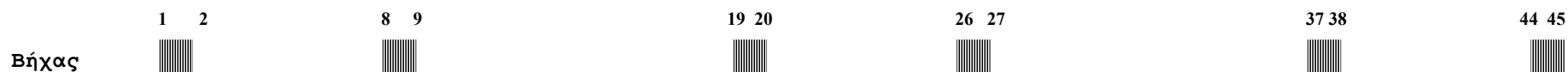
Έναρξη: 42 Τερματισμός: 45

Στο Σχήμα 7.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα το οποίο έχει κάποια ιδιαιτερότητα. Όπως έχει αναφερθεί και επεξηγηθεί στην υποενότητα 5.5.1 για να υπάρξει περιοδικότητα είναι απαραίτητο να υπάρχουν τουλάχιστον 3 χρονικά αντικείμενα. Αν ο αλγόριθμος εφαρμοστεί αυστηρά, στη συγκεκριμένη περίπτωση δε θα εντοπιστεί η περιοδικότητα που φαίνεται ξεκάθαρα να υπάρχει. Ο λόγος είναι γιατί με βάση τον περιορισμό αυτό τα ζεύγη χρονικών αντικειμένων που φαίνονται να ξεχωρίζουν (1 μέχρι 2 με 3 μέχρι 4, 8 μέχρι 9 με 10 μέχρι 11, 15 μέχρι 16 με 17 μέχρι 18 κ.ο.κ) δε θα θεωρηθούν περιοδικά περιστατικά και συνεπώς χωρίς αυτά δε θα εντοπιστούν ούτε και οι περιοδικότητες οι οποίες προκύπτουν από τη σύνθεσή τους. Πιο συγκεκριμένα δε θα εντοπιστεί η περιοδικότητα που αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 18 ούτε η περιοδικότητα που αρχίζει τη χρονική στιγμή 28 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 45 με αποτέλεσμα να μην εντοπιστεί επιπλέον ούτε η περιοδικότητα που αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 45 και η οποία περιλαμβάνει τις δύο πιο απλές περιοδικότητες.

Για τον εντοπισμό και τέτοιας μορφής περιοδικών περιστατικών, έγινε κάποια τροποποίηση των αλγορίθμων έτσι ώστε να κρατούνται ακόμη και ζεύγη χρονικών αντικειμένων τα οποία στη συνέχεια αν με βάση και τα υπόλοιπα στοιχεία που υπάρχουν στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή δεν μπορούν να ενταχθούν σε κάποιο περιοδικό περιστατικό να αγνοούνται.

Με βάση τη συγκεκριμένη τροποποίηση όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα του αλγορίθμου παρόλο που τα διάφορα ζεύγη δεν παρουσιάζονται ως περιοδικά περιστατικά από μόνα τους, ωστόσο εντοπίζονται και παρουσιάζονται αρχικά τα δύο περιοδικά περιστατικά που αποτελούνται από τη σύνθεση 3 δυάδων από χρονικά αντικείμενα το κάθε ένα και έπειτα ένα πιο σύνθετο περιοδικό περιστατικό το οποίο περιλαμβάνει τα δύο αυτά περιοδικά περιστατικά. Το συγκεκριμένο σύνθετο περιοδικό περιστατικό αποτελεί μάλιστα και φωλιασμένη περιοδικότητα (TTFTT).

7.4 Παράδειγμα 4



Σχήμα 7.4 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Βήχας 1 μέρα

Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα και σ' αυτό έχει δοθεί ως επιθυμητή τάξη περιοδικότητας το 1 εφόσον στο αρχείο με τα δεδομένα του ασθενή υπάρχουν εμφανίσεις μόνο μίας ιδιότητας και έτσι δεν υπάρχει νόημα να εκτελεστεί ο αλγόριθμος με διαφορετική είσοδο από αυτήν του 1. Επιπλέον, το αρχείο με τα μοτίβα τακτικότητας και σ' αυτή την περίπτωση είναι άδειο αφού λόγω του ότι υπάρχει μία μοναδική ακολουθία χρονικών αντικειμένων, θα εκτελεστεί απλά ο αλγόριθμος παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 ο οποίος περιέχει ενσωματωμένη στον κώδικα υλοποίησης του τη μοναδική σχέση (before) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοτίβο τακτικότητας κατά την εκτέλεσή του.

Αποτελέσματα εξόδου

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Βήχας

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 45

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 9

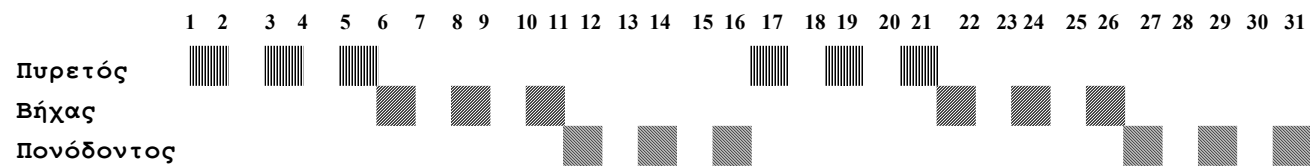
Έναρξη: 19 Τερματισμός: 27

Έναρξη: 37 Τερματισμός: 45

Το Σχήμα 7.4 παρουσιάζει ένα παράδειγμα στο οποίο διαφαίνεται άλλη μια ιδιαίτερη περίπτωση. Η περιοδικότητα που παρουσιάζεται σε αυτό είναι της μορφής TFTFT. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο ο εντοπισμός τέτοιων μορφών περιοδικότητας είναι μια αδυναμία του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1. Ο λόγος που δεν μπορεί να εντοπιστεί η συγκεκριμένη περιοδικότητα είναι επειδή η ακολουθία TFTFT δεν περιέχει τουλάχιστον 2 συνεχόμενες αληθείς ετικέτες, πράγμα που ο συγκεκριμένος αλγόριθμος απαιτεί (σε περίπτωση που χρησιμοποιείται σχέση) ως προϋπόθεση για να παραμείνει στη διαδικασία το κλαδί του δένδρου περιοδικότητας το οποίο αναπαριστά τη συγκεκριμένη ακολουθία.

Για να γίνει εφικτός ο εντοπισμός της συγκεκριμένης περιοδικότητας έχει συμπεριληφθεί στην υλοποίηση ένα επιπλέον βήμα, το οποίο πραγματοποιείται πριν την έναρξη εκτέλεσης των αλγορίθμων και το οποίο είναι υπεύθυνο για τον εντοπισμό τέτοιων περιοδικοτήτων. Ουσιαστικά το βήμα αυτό περιλαμβάνει ένα πέρασμα όλων των δεδομένων με σκοπό να εντοπιστούν περιοδικότητες αυτού του είδους. Τα περιοδικά περιστατικά που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη διαδικασία αποθηκεύονται για να χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο για την εξαγωγή επιπλέον περιοδικοτήτων.

7.5 Παράδειγμα 5



Σχήμα 7.5 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Βήχας 1 μέρα
 Πονόδοντος 1 μέρα
 Πυρετός 1 μέρα

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει δοθεί ως επιθυμητή περιοδικότητα το 3 και συνεπώς δημιουργούνται περιοδικά περιστατικά τα οποία θα περιλαμβάνουν το πολύ 3 συμπτώματα.

Αποτελέσματα εξόδου

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 6

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 2

Έναρξη: 3 Τερματισμός: 4

Έναρξη: 5 Τερματισμός: 6

Περιοδικό Περιστατικό 2

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 16

Τερματισμός: 21

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 16 Τερματισμός: 17

Έναρξη: 18 Τερματισμός: 19

Έναρξη: 20 Τερματισμός: 21

Περιοδικό Περιστατικό 3

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Βήχας

Έναρξη: 6

Τερματισμός: 11

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 7

Έναρξη: 8 Τερματισμός: 9

Έναρξη: 10 Τερματισμός: 11

Περιοδικό Περιστατικό 4

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας

Έναρξη: 21
Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 21 Τερματισμός: 22
Έναρξη: 23 Τερματισμός: 24
Έναρξη: 25 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 5

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πονόδοντος

Έναρξη: 11
Τερματισμός: 16

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 11 Τερματισμός: 12
Έναρξη: 13 Τερματισμός: 14
Έναρξη: 15 Τερματισμός: 16

Περιοδικό Περιστατικό 6

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πονόδοντος

Έναρξη: 26
Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 26 Τερματισμός: 27
Έναρξη: 28 Τερματισμός: 29
Έναρξη: 30 Τερματισμός: 31

Περιοδικό Περιστατικό 7

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 11

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6
Έναρξη: 6 Τερματισμός: 11

Περιοδικό Περιστατικό 8

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 16
Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 16 Τερματισμός: 21
Έναρξη: 21 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 9

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας-Πονόδοντος

Έναρξη: 6
Τερματισμός: 16

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 11
Έναρξη: 11 Τερματισμός: 16

Περιοδικό Περιστατικό 10

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας-Πονόδοντος

Έναρξη: 21
Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 21 Τερματισμός: 26
Έναρξη: 26 Τερματισμός: 31

Περιοδικό Περιστατικό 11

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πονόδοντος-Πυρετός

Έναρξη: 11
Τερματισμός: 17

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 11 Τερματισμός: 16
Έναρξη: 16 Τερματισμός: 17

Περιοδικό Περιστατικό 12

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας--Πονόδοντος

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 16

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 11
Έναρξη: 11 Τερματισμός: 16

Περιοδικό Περιστατικό 13

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας--Πονόδοντος

Έναρξη: 16
Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 16 Τερματισμός: 26
Έναρξη: 26 Τερματισμός: 31

Περιοδικό Περιστατικό 14

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας-Πονόδοντος--Πυρετός

Έναρξη: 6
Τερματισμός: 21

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 16
Έναρξη: 16 Τερματισμός: 21

Περιοδικό Περιστατικό 15

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 21

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 6
Έναρξη: 16 Τερματισμός: 21

Περιοδικό Περιστατικό 16

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Βήχας

Έναρξη: 6

Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 11

Έναρξη: 21 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 17

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πονόδοντος

Έναρξη: 11

Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 11 Τερματισμός: 16

Έναρξη: 26 Τερματισμός: 31

Περιοδικό Περιστατικό 18

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 26

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 11

Έναρξη: 16 Τερματισμός: 26

Περιοδικό Περιστατικό 19

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας-Πονόδοντος

Έναρξη: 6
Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 6 Τερματισμός: 16
Έναρξη: 21 Τερματισμός: 31

Περιοδικό Περιστατικό 20

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας--Πονόδοντος

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 31

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 16
Έναρξη: 16 Τερματισμός: 31

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα πέραν της σχέσης before που όπως ήδη αναφέρθηκε χρησιμοποιείται πάντοτε κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1, χρησιμοποιείται επίσης και η σχέση meet (είναι αποθηκευμένη στο αρχείο με τα μοτίβα τακτικότητας) κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1.

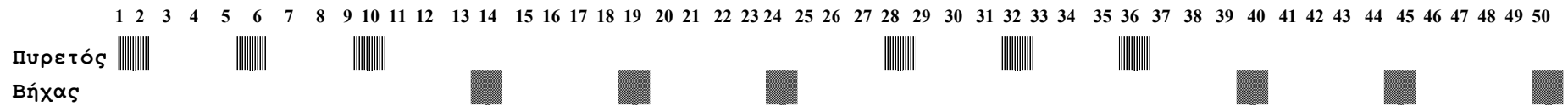
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από τα αποτελέσματα εξόδου, το τελευταίο περιοδικό περιστατικό από αυτά που εντοπίζονται καλύπτει ολόκληρο το χρονικό πλαίσιο για το οποίο υπάρχουν δεδομένα αναφορικά με την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Το επαναληπτικό στοιχείο αυτού του περιοδικού περιστατικού αποτελεί μια σύνθεση συμπτωμάτων (πυρετός, βήχας, πονόδοντος) και επαναλαμβάνεται δύο φορές. Η πρώτη εμφάνιση του αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική

στιγμή 16 και η δεύτερη εμφάνιση του αρχίζει τη χρονική στιγμή 16 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 31.

Όπως διαφαίνεται στα παραδείγματα που έχουν ήδη παρουσιαστεί οι αλγόριθμοι περιοδικότητας που υλοποιήθηκαν μαζί με ορισμένες τροποποιήσεις που έγιναν στην υλοποίηση τους είναι σε θέση να εντοπίσουν τις πλείστες μορφές περιοδικότητας. Ωστόσο μέχρι στιγμής παρουσιάστηκαν μόνο παραδείγματα στα οποία για την παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1 χρησιμοποιήθηκε η σχέση meet (ο χρόνος έναρξης του δεύτερου χρονικού αντικειμένου να είναι ίσος με το χρόνο τερματισμού του πρώτου).

Στη συνέχεια, ακολουθεί ένα παράδειγμα στο οποίο κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου για παραγωγή περιοδικών περιστατικών τάξεως μεγαλύτερης του 1, χρησιμοποιείται η σχέση before αντί η σχέση meet που χρησιμοποιόταν στα προηγούμενα παραδείγματα.

7.6 Παράδειγμα 6



Σχήμα 7.6 – Συμπτώματα ασθενή

Μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις

Βήχας 4 μέρες

Πυρετός 3 μέρες

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει δοθεί ως είσοδος το 2 και συνεπώς δημιουργούνται περιοδικά περιστατικά τα οποία περιλαμβάνουν το πολύ 2 συμπτώματα.

Παρατηρώντας το Σχήμα 7.6 βλέπουμε να υπάρχει μια σύνθετη περιοδικότητα η οποία εκδηλώνεται από την χρονική στιγμή 1 και διαρκεί μέχρι τη χρονική στιγμή 50. Το επαναληπτικό της στοιχείο είναι σύνθεση πυρετού και βήχα, με τον πυρετό να εκδηλώνεται πρώτος σε κάθε επανάληψη. Ο εντοπισμός ωστόσο της συγκεκριμένης περιοδικότητας δε μπορεί να γίνει με τη χρήση της σχέσης *meet* που χρησιμοποιόταν μέχρι στιγμής. Για παράδειγμα, το περιοδικό περιστατικό που αφορά τον πυρετό και αρχίζει τη χρονική στιγμή 1 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 10 δε μπορεί να συνδεθεί με το περιοδικό περιστατικό που αφορά επίσης τον πυρετό και αρχίζει τη χρονική στιγμή 13 και ολοκληρώνεται τη χρονική στιγμή 24 με βάση τη συγκεκριμένη σχέση διότι υπάρχει μια απόσταση μεταξύ τους. Για τον ίδιο λόγο δε μπορούν να συνδεθούν και να δημιουργήσουν νέες περιοδικότητες ούτε τα υπόλοιπα απλά περιοδικά περιστατικά που έχουν προκύψει από την εκτέλεση του αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1 με αποτέλεσμα να μην εντοπίζεται η περιοδικότητα που καλύπτει ολόκληρο το χρονικό πλαίσιο για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για την κατάσταση της υγείας του ασθενή.

Για τον εντοπισμό τέτοιων περιοδικοτήτων όπως αυτές που απεικονίζονται στο Σχήμα 7.6, στις οποίες δηλαδή υπάρχει μια απόσταση ανάμεσα στα περιοδικά περιστατικά που έχουν ήδη παραχθεί θα πρέπει να χρησιμοποιείται η σχέση *before*, που βασίζεται στην χρονική απόσταση των αντικειμένων (σχέση 5.3.1.2).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο περιορισμός των μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων χρησιμοποιείται όχι μόνο κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικών περιστατικών τάξεως 1 αλλά κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και στην επεξήγηση της υλοποίησης (βλ. 6.3) όταν εκτελείται ο αλγόριθμος ανάμεσα σε διαφορετικές ακολουθίες που έχουν συνεπώς διαφορετικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται ο περιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης απόστασης ως μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση χρησιμοποιείται η μικρότερη από τις μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις των ιδιοτήτων που συμμετέχουν στη διαδικασία. Όσον αφορά το συγκεκριμένο παράδειγμα η απόσταση που θα χρησιμοποιηθεί από τον αλγόριθμο όταν αυτός εκτελείται μεταξύ των περιοδικών περιστατικών Πυρετός: 1 μέχρι 10 και Βήχας:

13 μέχρι 24 είναι 3 μονάδες χρόνου, η μικρότερη δηλαδή από τις μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις των δύο ιδιοτήτων.

Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου για το αρχείο που αναπαρίσταται στο Σχήμα 7.6 με βάση την πιο πάνω προσέγγιση είναι τα ακόλουθα :

Περιοδικό Περιστατικό 1

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 10

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 2

Έναρξη: 5 Τερματισμός: 6

Έναρξη: 9 Τερματισμός: 10

Περιοδικό Περιστατικό 2

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός

Έναρξη: 27

Τερματισμός: 36

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 27 Τερματισμός: 28

Έναρξη: 31 Τερματισμός: 32

Έναρξη: 35 Τερματισμός: 36

Περιοδικό Περιστατικό 3

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας

Έναρξη: 13
Τερματισμός: 24

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 13 Τερματισμός: 14
Έναρξη: 18 Τερματισμός: 19
Έναρξη: 23 Τερματισμός: 24

Περιοδικό Περιστατικό 4

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Βήχας

Έναρξη: 39
Τερματισμός: 50

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 39 Τερματισμός: 40
Έναρξη: 44 Τερματισμός: 45
Έναρξη: 49 Τερματισμός: 50

Περιοδικό Περιστατικό 5

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ
Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1
Τερματισμός: 24

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 10
Έναρξη: 13 Τερματισμός: 24

Περιοδικό Περιστατικό 6

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 27

Τερματισμός: 50

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 27 Τερματισμός: 36

Έναρξη: 39 Τερματισμός: 50

Περιοδικό Περιστατικό 7

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Βήχας-Πυρετός

Έναρξη: 13

Τερματισμός: 28

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 13 Τερματισμός: 24

Έναρξη: 27 Τερματισμός: 28

Περιοδικό Περιστατικό 8

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Πυρετός-Βήχας

Έναρξη: 1

Τερματισμός: 50

Μοτίβο Επανάληψης

Έναρξη: 1 Τερματισμός: 24

Έναρξη: 27 Τερματισμός: 50

Όπως μπορούμε να δούμε και από τα αποτελέσματα το περιοδικό περιστατικό που καλύπτει ολόκληρο το πλαίσιο για το οποίο υπάρχουν ιατρικά δεδομένα για τον ασθενή (από 1 μέχρι 50) εντοπίζεται τελικά. Είναι σημαντικό να παρατηρηθεί ότι εξετάζοντας

το Σχήμα 6.6 ίσως να ανέμενε κανείς ότι ο αλγόριθμος θα εντόπιζε δύο επιπλέον περιοδικά περιστατικά. Το ένα θα είχε ως επαναληπτικό στοιχείο τον Πυρετό και χρόνους έναρξης και τερματισμού τις χρονικές στιγμές 1 και 36 αντίστοιχα και το άλλο το Βήχα και χρόνους έναρξης και τερματισμού τις χρονικές στιγμές 13 και 50 αντίστοιχα. Το ότι δεν εντοπίζονται τα συγκεκριμένα περιοδικά περιστατικά δεν οφείλεται σε κάποιο σφάλμα. Ο λόγος μη εντοπισμού του πρώτου από αυτά είναι επειδή οι εμφανίσεις των επαναληπτικών του στοιχείων απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με 17 μονάδες χρόνου, απόσταση μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για τον Πυρετό που είναι 3 μονάδες χρόνου. Όσον αφορά το δεύτερο, ο λόγος που δεν εντοπίζεται είναι το γεγονός ότι οι εμφανίσεις των επαναληπτικών του στοιχείων απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με 15 μονάδες χρόνου, απόσταση μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για τον Πυρετό που είναι 4 μονάδες χρόνου.

Κάτι τέτοιο δεν ίσχυε στα πρώτα έξι παραδείγματα όπως έχουμε ήδη αναφέρει αφού ο περιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης απόστασης ίσχυε μόνο κατά την εκτέλεση περιοδικοτήτων τάξεως 1. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του αρχείου δεδομένων που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.2 παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος εντοπίζει δύο περιοδικά περιστατικά τα οποία δε θα εντοπίζονταν αν υπήρχε ο περιορισμός σχετικά με την μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση. Στην ουσία αν υπήρχε ο συγκεκριμένος περιορισμός και κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως μεγαλύτερης του 1 τότε το περιοδικό περιστατικό 8 δε θα εντοπιζόταν εφόσον η απόσταση μεταξύ των εμφανίσεων του επαναληπτικού του στοιχείου που είναι ο Βήχας είναι 7 μονάδες χρόνου και η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για το Βήχα είναι 2 μονάδες χρόνου όπως φαίνεται στο αρχείο μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων. Για παρόμοιο λόγο δε θα εντοπιζόταν ούτε και το περιοδικό περιστατικό 9 εφόσον η απόσταση μεταξύ των εμφανίσεων του επαναληπτικού του στοιχείου που είναι ο Πυρετός είναι 9 μονάδες χρόνου και η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση για τον Πυρετό είναι 1 χρονική μονάδα όπως φαίνεται στο αρχείο μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι εμφανές ότι οι αλγόριθμοι που έχουν υλοποιηθεί μπορούν με τη χρήση πολλαπλών μοτίβων τακτικότητας να εντοπίσουν διαφορετικές μορφές περιοδικότητας ανάλογα με το τι θεωρείται επιθυμητό κάθε φορά.

Στην υλοποίηση που έχει γίνει έχουν ληφθεί υπόψη ορισμένες αδυναμίες των αλγορίθμων ως προς τον εντοπισμό συγκεκριμένων μορφών περιοδικότητας και έχουν συμπεριληφθεί κάποια επιπλέον βήματα που έχουν ακριβώς ως στόχο να εντοπίζουν τις μορφές περιοδικότητας τις οποίες οι αλγόριθμοι δεν είναι σε θέση να εντοπίσουν. Συγκεκριμένα, έχουν γίνει κατάλληλες προσαρμογές, με στόχο τον εντοπισμό περιοδικοτήτων που αναπαρίστανται από ακολουθίες της μορφής TFTFTFT (αδυναμία αλγορίθμου για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1) (βλ.7.4) αλλά και τον εντοπισμό περιοδικών περιστατικών το επαναληπτικό στοιχείο των οποίων αποτελείται από δυνάδες χρονικών αντικειμένων (βλ.7.3) και τα οποία δε μπορούν να εντοπιστούν λόγω του περιορισμού που αφορά τον ελάχιστο αριθμό χρονικών αντικειμένων που απαιτούνται για να υπάρξει ένα περιοδικό περιστατικό.

Από τη μελέτη και την υλοποίηση των δύο αλγορίθμων για παραγωγή περιοδικοτήτων έχουν διαφανεί ορισμένοι περιορισμοί που αφορούν τα μοτίβα τακτικότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την εκτέλεσή τους. Όσον αφορά τον αλγόριθμο για εξαγωγή περιοδικοτήτων τάξεως 1 έχει διαφανεί ότι η μόνη σχέση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοτίβο τακτικότητας είναι η σχέση που βασίζεται στη χρονική απόσταση μεταξύ των αντικειμένων (σχέση before) σε αντίθεση με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται με σκοπό την παραγωγή περιοδικοτήτων τάξεως n (όπου $n \geq 2$) στον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από τη συγκεκριμένη σχέση και όλες οι υπόλοιπες σχέσεις που έχουν παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 5 (βλ. 5.3.1). Οι λόγοι για τους οποίους υπάρχει ο συγκεκριμένος περιορισμός όσον αφορά τον αλγόριθμο παραγωγής περιοδικοτήτων τάξεως 1 επεξηγούνται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6 (βλ. 6.2).

Ένα άλλο σημαντικό σημείο που προέκυψε από την υλοποίηση των αλγορίθμων είναι η ανάγκη περιορισμού της απόστασης που θεωρείται επιτρεπτή ανάμεσα στα χρονικά αντικείμενα που συνθέτουν ένα περιοδικό περιστατικό. Η ανάγκη αυτή προκύπτει σε σχέση με τη χρήση της σχέσης before. Η συγκεκριμένη σχέση, δεδομένων δύο χρονικών αντικειμένων, ικανοποιείται όταν το ένα προηγείται του άλλου. Είναι φυσικό επομένως σε ένα αρχείο στο οποίο βρίσκονται αποθηκευμένα πολλά δεδομένα ο αριθμός των ζευγών αντικειμένων που την ικανοποιούν να είναι μεγάλος. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει ανάγκη ο αριθμός αυτός να μειωθεί και αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση της μέγιστης επιτρεπόμενης απόστασης για κάθε ιδιότητα που συμμετέχει στην όλη διαδικασία.(βλ.6.3.2). Με βάση τον περιορισμό αυτό, εάν για παράδειγμα κάποιο σύνθετο συμβάν επαναλαμβάνεται σε περίπου ίδια χρονικά διαστήματα αλλά η χρονική απόσταση μεταξύ των επαναλήψεων του είναι μεγάλη, τότε αυτό δε θα θεωρηθεί περιοδικό περιστατικό. Μπορούμε να πούμε ότι στο ευρύτερο πεδίο της εξόρυξης δεδομένων (data mining), το οποίο ασχολείται με οποιασδήποτε μορφής δεδομένα, ίσως ακόμη και τέτοιου είδους περιοδικότητες με μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στις εμφανίσεις των επαναληπτικών τους στοιχείων να είναι καλό να εντοπίζονται. Ωστόσο, στο πεδίο της ιατρικής, ο μη εντοπισμός τέτοιων περιοδικών περιστατικών ίσως να μη δημιουργεί πρόβλημα εάν τέτοιου είδους συμβάντα δεν τείνουν να εμφανίζονται σε σχέση με κάποιες ασθένειες. Σημασία βέβαια έχει το γεγονός ότι με βάση την υλοποίηση που έχει γίνει τέτοια συμβάντα μπορούν, είτε να θεωρούνται, είτε να μη θεωρούνται περιοδικά περιστατικά ανάλογα με το τι θεωρείται επιθυμητό κάθε φορά. Αυτό επιτυγχάνεται, με την κατάλληλη προσαρμογή των τιμών των αποστάσεων του αρχείου μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων. Αν υπάρχει ανάγκη εντοπισμού ακόμη και περιπτώσεων περιοδικών περιστατικών με μεγάλες χρονικές αποστάσεις μεταξύ του επαναληπτικού στοιχείου τότε οι τιμές των αποστάσεων του αρχείου θα είναι μεγάλες, διαφορετικά θα είναι μικρές.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι δύο αλγόριθμοι που έχουν υλοποιηθεί είναι αρκετά χρήσιμοι στον τομέα της ιατρικής. Με βάση αυτούς μπορεί για παράδειγμα να δημιουργηθεί ένα σύστημα το οποίο να έχει ως στόχο την υποβοήθηση των γιατρών στις διαγνωστικές και προγνωστικές διαδικασίες. Το σύστημα αυτό εφαρμόζοντας τους αλγορίθμους πάνω σε διαθέσιμα δεδομένα που περιγράφουν την κατάσταση της υγείας κάποιου ασθενή θα είναι σε θέση, με βάση τις περιοδικότητες που θα εντοπίζονται, να

προβλέπει την εμφάνιση κάποιων συμπτωμάτων στον ασθενή. Με τη σειρά του ο γιατρός έχοντας υπόψη του τα αποτελέσματα του συστήματος θα προτείνει στον ασθενή κάποια φαρμακευτική αγωγή, την οποία θα λαμβάνει κάποιες μέρες πριν εμφανιστούν τα συμπτώματα έτσι ώστε να αποτρέπεται τελικά η εμφάνισή τους. Επιπλέον το σύστημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με κάποιο άλλο σύστημα το οποίο θα διαθέτει γνώση αναφορικά με τα συμπτώματα που οι διάφορες ασθένειες προκαλούν, τη σειρά με την οποία αυτά εμφανίζονται και το μοτίβο εξέλιξης τους με σκοπό να διαπιστώνεται κάθε φορά εάν οι παραγόμενες περιοδικότητες μπορούν να ταυτιστούν με κάποια ασθένεια, έτσι ώστε να δίνεται στον ασθενή η κατάλληλη θεραπευτική αγωγή.

Βιβλιογραφία

- [1] E. Keravnou, “Temporal abstraction of medical data: Deriving periodicity” In: “Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology”, N. Lavrac, E.T. Keravnou and B. Zupan, eds, Kluwer Academic Publishers, 1997, pages 3-6, 62-79.
- [2] E. Keravnou, “Temporal Diagnostic Reasoning Based on Time Objects”, Artificial Intelligent in Medicine, 1996, Vol. 8, No. 3, pp. 235-265
- [3] E. Keravnou, “Temporal Reasoning in Medicine” In: “Artificial Intelligent in Medicine”, 1996, Vol. 8, No. 3, pages 187-191.
- [4] E. Keravnou and Y. Shahr, “Temporal Reasoning in Medicine”, Fisher M. Handbook of Temporal Reasoning in Artificial Intelligence, 2005, Elsevier Science B.V, pp. 587-653.
- [5] E. Keravnou, “A Multidimensional and Multigranular Model of Time for Medical Knowledge-Based Systems” In: “Journal of Intelligent Information Systems”, Kluwer Academic Publishers., 1999, pages 73-120.
- [6] J. F. Allen, “Towards a general theory of action and time”, Artificial Intelligence, 1984, vol.23, pp. 123-154.
- [7] N. Lavrac, I. Kononenko, E. Keravnou, M. Kukar, and B. Zupan, “Intelligent Data Analysis for Medical Diagnosis: using machine learning and temporal abstraction”, AI Communications, 1998, Vol 11, pp. 191-218.
- [8] S. Miksch, W. Horn, C. Popow, F. Paky, “Context-Sensitive and Expectation-Guided Temporal Abstraction of High-Frequency Data” In “Proceedings of the Tenth International Workshop for Qualitative Reasoning”, Stanford Sierra Camp, Fallen Leaf Lake, California.

- [9] Y. Shahar, "A knowledge-based method for temporal abstraction of clinical data" In: Ph.D. dissertation, Program in Medical Information Sciences, Stanford University School of Medicine, 1994.
- [10] Y. Shahar and M. Musen, "Knowledge-Based Temporal Abstraction in Clinical Domains" In: "Artificial Intelligent in Medicine", Elsevier Science Publishers, 2005, pp. 267-298.