

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



**Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Κατεύθυνση «Ηλεκτρονικής Μάθησης»**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
«Οντολογία Εκπαιδευτικών Σημασιολογικών Τροχιών»**

Σακέτου Παναγιώτα-Αργυρώ ΜΗΜ1624

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Βούρος

Πειραιάς, Οκτώβριος 2018

Περίληψη

Στόχος της διπλωματικής αυτής είναι η ανάπτυξη οντολογίας καταγραφής σημασιολογικών μαθησιακών τροχιών των εκπαιδευομένων. Σκοπός της καταγραφής των μαθησιακών τροχιών είναι να παρέχει πληροφορίες που αφορούν τη πορεία των μαθητών κατά τη μαθησιακή διαδικασία ή την πορεία τους στη μάθηση στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Άρα η οντολογία παρέχει πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση προγραμμάτων σπουδών, για τη διαμόρφωση της αξιολόγησης των μαθητών, για τη δημιουργία αναφορών που αφορούν τη πορεία των μαθητών σε μία μαθησιακή διαδικασία, για το σχεδιασμό εκπαιδευτικών πρακτικών και για την ομαλή ένταξη συγκεκριμένων ομάδων εκπαιδευομένων όπως οι πρόσφυγες. Έτσι μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τους εκπαιδευτικούς, τους ερευνητές και τους ειδικούς στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

Η οντολογία εκτός από την καταγραφή των μαθησιακών τροχιών μπορεί επίσης να αποτυπώσει και προσχεδιασμένη τροχιά του μαθητή όπως προτείνεται στην εκπαιδευτική πρακτική που ακολουθεί.

Στη διπλωματική αυτή αξιοποιήθηκε η οντολογία για την καταγραφή μαθησιακών τροχιών μαθητών οι οποίοι παρακολούθησαν ένα online μάθημα. Συγκεκριμένα καταγράφηκαν οι μαθησιακές τροχιές των μαθητών με σκοπό τη τελική αξιολόγηση του μαθήματος καθώς δημιουργούνται αναφορές σχετικά με το πως ακριβώς κατέκτησαν οι μαθητές τους στόχους του μαθήματος και αποτυπώνονται οι ενέργειες των μαθητών που επηρέασαν τη τροχιά τους, άρα και τη μαθησιακή διαδικασία. Επίσης συγκρίθηκαν μαθησιακές τροχιές δύο μαθητών ώστε να αντιπαραβάλλουμε τις πορείες τους με τα μαθησιακά αποτελέσματά τους. Αφού καταγράψαμε τις μαθησιακές τροχιές των μαθητών μέσω υποβολής ερωτημάτων που συντάχθηκαν στη γλώσσα SPARQL μέσα από το εργαλείο Protégé , καταλήγουμε ότι η οντολογία μπορεί να απαντήσει με επιτυχία τα ερωτήματα αυτά.

Τέλος, η οντολογία αυτή θα μπορούσε να επεκταθεί μελλοντικά σε διάφορα επίπεδα της ώστε να διευρυνθεί το πεδίο αξιοποίησής της ή να συνδεθεί με ήδη υπάρχουσες οντολογίες οι οποίες αφορούν το λεξιλόγιο και τη δομή της, όπως το προφίλ των μαθητών, τα μαθησιακά αντικείμενα, τις εκπαιδευτικές πρακτικές και τους στόχους ή τα πρότυπα των αναλυτικών προγραμμάτων.

Abstract

This thesis aims to develop an ontology for recording semantic learning trajectories of students. The purpose of recording learning trajectories is to provide information about the students' route during the learning process or their route in learning at the various levels of education. Consequently the ontology provide collateral information for the assessment of curricula, the modification of the assessment of students, the composition of reports about the trajectory of the students during a learning process, the development of learning designs, and the smooth integration of specific groups of trainees such as immigrants.

The ontology not only can record the learning trajectories, but also imprint the predesigned trajectory of a student by recording his sequence of actions as suggested by the learning design to be followed.

In this thesis, the ontology was used for recording the learning trajectories of students who attended an online course. Specifically, the learning trajectories of the students were recorded in order to evaluate the course, so we created reports about how they achieved the goals of the course and recorded the actions that had an impact on their trajectory. Furthermore, we compare the learning trajectories of two students so as to contrast their trajectory with their learning results. After recording the learning trajectories of students through queries written in SPARQL, in the Protégé ontology editor, we notice that the ontology can successfully give answers to these questions.

Finally, this ontology can be expanded at its various levels in order to broaden the field of its use or to connect it with already existing ontologies that concern its vocabulary and its structure, such as the profile of the students, the learning objects, the learning designs and the goals or the standards of analytical programs.

Keywords: learning trajectory, learning progression, predesigned trajectory, semantic ontology, actual learning trajectory

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Βούρο, για την αναθεση της εργασίας, την πολύτιμη καθοδήγηση και τη συνεχή ανατροφοδότηση καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους καθηγητές του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ηλεκτρονικής Μάθησης» του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς για τις πολύτιμες γνώσεις και δεξιότητες που μου προσέφεραν.

Τέλος, ολόψυχα θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και την υποστήριξή τους καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός και Συνεισφορά Εργασίας	1
1.2 Δομή Εργασίας	3
Κεφάλαιο 2 : Τροχιές.....	4
2.1 Η έννοια της τροχιάς στην εκπαίδευση	4
2.1.1 Αναφορές στη βιβλιογραφία με τον όρο learning trajectory	6
2.1.2 Χρήσεις των μαθησιακών τροχιών	7
2.2 Τροχιές αντικειμένων στο χώρο και χρόνο.....	14
2.2.1 Σημασιολογικές τροχιές αντικειμένων (semantic trajectories).....	16
2.3 Η οντολογία datAcron	17
2.3.1 Βασικό λεξιλόγιο και δομή της οντολογίας datAcron	18
2.3.2 Διάταξη των σημασιολογικών τροχιών της οντολογίας	19
Κεφάλαιο 3 : Θεωρητικό Υπόβαθρο Σχεδίασης Εκπαιδευτικών Πρακτικών...	26
3.1 Η έννοια του εκπαιδευτικού σχεδιασμού.....	26
3.2 Μοντέλα εκπαιδευτικού σχεδιασμού	27
3.2.1 Το μοντέλο διδασκαλίας κατάκτησης της γνώσης (Mastery Learning)	31
3.2 Προδιαγραφή σχεδίασης εκπαιδευτικών πρακτικών IMS-LD.....	33
3.2.1 Εννοιολογική δομή της προδιαγραφής IMS-LD	35
3.2.2 Τα επίπεδα της προδιαγραφής IMS-LD.....	37
Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Οντολογίας Σημασιολογικών Μαθησιακών Τροχιών .	38
4.1 Βασικό λεξιλόγιο και δομή της οντολογίας	38
4.2 Διάταξη των σημασιολογικών μαθησιακών τροχιών	42
4.3 Αξιοποίηση της οντολογίας.....	46
4.4 Υποβολή ερωτημάτων	62
Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις της οντολογίας	78
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	79

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και Συνεισφορά Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη οντολογίας η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή των μαθησιακών τροχιών των εκπαιδευόμενων στην εκπαίδευση. Έτσι θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπαιδευτικούς, ερευνητές και ειδικούς στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η μαθησιακή τροχιά είναι μια δομή ενεργειών του μαθητή κατά τη διαδικασία μάθησης, με την οντολογία προσπαθούμε να αναπαραστήσουμε τη δομή αυτή ως χρονικές ακολουθίες των ενεργειών του μαθητή που σχετίζονται είτε με γεγονότα είτε με άλλες πληροφορίες που τις αφορούν.

Οι έννοιες και η διάταξη της οντολογίας έχουν αναπτυχθεί σχετικά α) με το πως ορίζουν οι ειδικοί της εκπαίδευσης τις μαθησιακές τροχιές και συγκεκριμένα με τον όρο *learning trajectory*, β) με το πως ορίζονται οι τροχιές κινούμενων αντικειμένων καθώς οι περισσότερες εργασίες που υπάρχουν στον τομέα αυτό σχετίζονται με την καταγραφή και την ανάλυση τέτοιων τροχιών, γ) την εκπαιδευτική πρακτική που ακολουθούν οι μαθητές και συγκεκριμένα το διδακτικό μοντέλο που ακολουθείται από τους μαθητές κατά τη μαθησιακή διαδικασία και δ) με τις έννοιες της προδιαγραφής σχεδίασης εκπαιδευτικών πρακτικών IMS-LD ώστε να περιέχονται στην καταγραφή των μαθησιακών τροχιών οι ενέργειες που εκτελούν οι μαθητές που ακολουθούν εκπαιδευτικές πρακτικές οι οποίες έχουν σχεδιαστεί και αποτυπώνονται από τη προδιαγραφή.

Επειδή η οντολογία περιλαμβάνει έννοιες της προδιαγραφής σχεδίασης εκπαιδευτικών πρακτικών IMS-LD θα μπορούσε να καταγράψει και τις μαθησιακές τροχιές των μαθητών όπως αποτυπώνονται στο σχεδιασμό της εκπαιδευτικής πρακτικής που ακολουθούν. Άρα θα μπορούσε να καταγράψει την ακολουθία των ενεργειών του μαθητή όπως προτείνεται από την εκπαιδευτική πρακτική. Επίσης θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε τις πραγματικές τροχιές των μαθητών που ακολούθησαν μια πρακτική με τη τροχιά των μαθητών που προτείνεται κατά το σχεδιασμό της ώστε να διαπιστώσουμε αν ακολουθήθηκαν από τους μαθητές οι ενέργειες που είχαν σχεδιαστεί στην πρακτική αλλά και να δημιουργήσουμε αναφορές σχετικά με αυτές όπως ποιες δραστηριότητες προτίμησαν οι μαθητές ή ποιες από αυτές τους δυσκόλεψαν.

Οι ερευνητές στην εκπαίδευση μιλούν περισσότερο για υποθετικές μαθησιακές τροχιές δηλαδή για το πως είναι δυνατόν να κινείται ο μαθητής σε έναν τομέα χωρίς να αναλύουν τις πραγματικές τροχιές. Άρα η ανάπτυξη μιας οντολογίας μέσω της οποίας καταγράφονται οι πραγματικές τροχιές των μαθητών μπορεί να παρέχει βοηθητικές πληροφορίες:

- ✓ στην αξιολόγηση Προγραμμάτων Σπουδών
- ✓ στη διαμόρφωση μικρής και ευρείας κλίμακας αξιολόγησης των μαθητών ως προς τους στόχους που τίθενται είτε από τον εκπαιδευτικό είτε από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών με σκοπό τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.
- ✓ στη τελική αξιολόγηση της διδασκαλίας.
- ✓ στη δημιουργία αναφορών για τον μαθητή που να αφορούν στην πορεία του μέσα σε μια μαθησιακή διαδικασία ,όπως ποιους στόχους κατέκτησε, ποιους πόρους και ποιες δραστηριότητες βρήκε πιο ενδιαφέρουσες. Οι αναφορές αυτές μπορούν να αφορούν και τη πορεία του από βαθμίδα σε βαθμίδα.
- ✓ κατά το σχεδιασμό ενός μαθήματος ή μιας εκπαιδευτικής πρακτικής από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιεί πληροφορίες από επιτυχημένες τροχιές που έχουν ακολουθήσει μαθητές για να κατακτήσουν τον στόχο που θέτει.
- ✓ στη καθοδηγητική λειτουργία του εκπαιδευτικού γνωρίζοντας σε ποιο σημείο βρίσκεται κάθε φορά ο εκπαιδευόμενος.
- ✓ στην ομαλή ένταξη συγκεκριμένων ομάδων εκπαιδευόμενων όπως οι πρόσφυγες στην τυπική εκπαίδευση όπου διεθνής αξιολογήσεις δείχνουν αδυναμία στην εκπαίδευση μεταναστών που διαφέρει στις ευρωπαϊκές χώρες (Schnepf, 2007).
Ήδη μάλιστα έχει διατυπωθεί η ανάγκη να εξετάζονται οι μαθησιακές τροχιές των μεταναστών σε σχέση με τις κοινωνικές τους δεσμεύσεις τόσο στη χώρα εγκατάστασής τους όσο και σε διακρατικούς χώρους , δηλαδή χώρους που ξεπερνούν τα εθνικά σύνορα και συνδέουν ανθρώπους που κατοικούν ή κατοικούσαν σε τουλάχιστον δύο ή περισσότερες διαφορετικές κοινωνίες (Alenius, 2016).

Τα ερωτήματα που αναπτύχθηκαν κατά την εφαρμογή της οντολογίας αφορούν

- την αναζήτηση και ανάκτηση πραγματικών μαθησιακών τροχιών, με σκοπό τη τελική αξιολόγηση του μαθήματος αν δηλαδή οι μαθητές που το παρακολούθησαν πέτυχαν τους εκπαιδευτικούς στόχους που είχαν τεθεί.
- την ακολουθία των στοιχείων που τις απαρτίζουν, ώστε να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με το πως κατέκτησαν τους στόχους αυτούς και με τι μαθησιακά αντικείμενα.
- τη σύγκριση μαθησιακών τροχιών δύο εκπαιδευόμενων, ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε την πορεία τους κατά τη διδασκαλία του μαθήματος με τα μαθησιακά αποτελέσματά τους.
- την καταγραφή ενεργειών που σχετίζονται με πληροφορίες και γεγονότα που σχετίζονται με τη τροχιά, με σκοπό τη δημιουργία αναφορών για κάθε συμμετέχοντα, δηλαδή που δυσκολεύτηκε κατά τη

μαθησιακή διαδικασία, ποιους στόχους κατέκτησε και πως αξιολογήθηκε.

1.2 Δομή Εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία αναπτύσσεται στα παρακάτω κεφάλαια όπου μελετώνται τα εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφία που αφορά στην έννοια της τροχιάς στην εκπαίδευση, όπου δίνονται αναφορές σχετικά με τον όρο *learning trajectory* και τις χρήσεις των μαθησιακών τροχιών, αλλά περιγράφεται και η έννοια της τροχιάς των κινούμενων αντικειμένων, με παρουσίαση και περιγραφή οντολογίας που αφορά τέτοιες τροχιές.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της σχεδίασης εκπαιδευτικών πρακτικών σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα. Οι εκπαιδευτικές πρακτικές αναπαριστούν με συμβολική μορφή διδακτικές και μαθησιακές πρακτικές. Δίνονται έτσι ορισμοί για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό καθώς μέσα από αυτόν συνδέονται οι αρχές της μάθησης με τις εκπαιδευτικές πρακτικές και έπειτα αναφερόμαστε στα μοντέλα διδασκαλίας, καθώς αυτά χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς κατά το σχεδιασμό ενός μαθήματος. Τα μοντέλα διδασκαλίας αποτελούνται από φάσεις που περιέχουν μία ποικιλία από μαθησιακές δραστηριότητες οι οποίες είναι χρονικά και λογικά οργανωμένες και που εκτελεί ο εκπαιδευόμενος κατά τη μαθησιακή διδασκαλία, άρα αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τη σχεδίαση των εκπαιδευτικών πρακτικών και αποτελούν ένα από τα στοιχεία της οντολογίας που αναπτύχθηκε με σκοπό να αναλύσουμε τη πραγματική τροχιά σύμφωνα με την κίνησή των μαθητών σε κάθε φάση του μοντέλου. Ύστερα αναπτύσσεται περισσότερο το μοντέλο *Mastery Learning*, το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για την καταγραφή πραγματικών μαθησιακών τροχιών μαθητών οι οποίοι ακολουθούν το μοντέλο αυτό κατά τη παρακολούθηση ενός online μαθήματος. Έπειτα παρουσιάζεται το εννοιολογικό μοντέλο σχεδίασης της προδιαγραφής σχεδίασης *IMS-LD*, με το οποίο σχεδιάζονται εκπαιδευτικές πρακτικές σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το βασικό λεξιλόγιο και η διάταξη της οντολογίας του αναπτύχθηκε. Παρουσιάζονται οι περιπτώσεις αξιοποίησης της οντολογίας, περιγράφεται συγκεκριμένα η εφαρμογή της για την καταγραφή των μαθησιακών τροχιών δύο εκπαιδευόμενων που παρακολουθούν ένα online μάθημα με σκοπό να κατακτήσουν την έννοια της εξίσωσης α' βαθμού και τέλος παρουσιάζονται τα ερωτήματα με τα αποτελέσματά τους όπως εμφανίζονται από το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη και έλεγχο της οντολογίας (*Protégé*).

Στο πέμπτο κεφάλαιο που είναι και το καταληκτικό της εργασίας αυτής παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι μελλοντικές επεκτάσεις της οντολογίας που αναπτύχθηκε.

Κεφάλαιο 2 : Τροχιές

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην έννοια της τροχιάς των κινούμενων αντικειμένων όπως ορίζεται χωροχρονικά και στις σημασιολογικές τροχιές αντικειμένων – καθώς οι περισσότερες εργασίες σχετικά με τροχιές αναφέρονται σε αυτόν το τομέα που υπήρξε για εμάς το εναρκτήριο σημείο - , και στην έννοια της μαθησιακής τροχιάς όπως χρησιμοποιείται στον χώρο της εκπαίδευσης. Ξεκινάμε με το τελευταίο στο οποίο εστιάζει η παρούσα εργασία.

2.1 Η έννοια της τροχιάς στην εκπαίδευση

Η έννοια της τροχιάς στην εκπαίδευση ορίζεται ως «μαθησιακή τροχιά» και εστιάζεται στο πως κινείται η σκέψη, η λογική και η πρόοδος του μαθητή κατά τη διαδικασία της μάθησης. Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται από τους σύγχρονους μελετητές στο διεθνή χώρο για το σχεδιασμό συναφών και διδακτικά χρήσιμων προτύπων διδασκαλίας, για την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών, αξιολογήσεων και την επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες ονομασίες που αναφέρονται στον όρο «μαθησιακή τροχιά» , όπως στην έκθεση το 2009 του National Research Council (NRC) οι Cross, Woods και Schweingruber χρησιμοποιούν τον όρο «teaching-learning paths» (διδακτικές-μαθησιακές διαδρομές) και αναφέρονται στη πρώιμη μάθηση στο πεδίο των μαθηματικών, δηλαδή στη διδασκαλία των μαθητών στα πρώτα χρόνια της σχολικής φοίτησης. Παρουσίασαν έτσι διαδρομές από βασικά σημεία (milestones) που θα πρέπει να ακολουθήσουν μαθητές ηλικίας 2-7 ετών και αφορούν έννοιες για τους αριθμούς, τη γεωμετρία και τη μέτρηση. Τις διαδρομές αυτές τις ονόμασαν «teaching-learning paths».

Στο πρόγραμμα TAL Project το οποίο εκτελείται από το Ινστιτούτο Freudenthal της Ολλανδίας με σκοπό τη περιγραφή των μαθηματικών οι μαθησιακές τροχιές χρησιμοποιούνται με τον όρο «learning-teaching trajectories». Οι τροχιές στο πρόγραμμα αυτό παρουσιάζουν τους εκπαιδευτικούς στόχους (goals) που θα επιτευχθούν από τους μαθητές αλλά και τη σύνδεσή τους στις διάφορες σχολικές τάξεις. Περιγράφουν τα ορόσημα (landmarks) τα οποία θα ακολουθήσουν οι μαθητές για να πετύχουν τους στόχους αυτούς αλλά και τις βασικές δραστηριότητες (key activities) με τις οποίες κατακτούνται τα ορόσημα κατά τη διδασκαλία. Ακόμα αποτελούνται από μια ακολουθία από όλο και πιο πολύπλοκα επίπεδα κατανόησης (levels of understanding) στα οποία κατακτούνται τα ορόσημα. Άρα οι μαθησιακές τροχιές στο πρόγραμμα αυτό περιγράφουν τη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθούν οι μαθητές, αποτελούν διδακτικές υποδείξεις με σκοπό τον σχεδιασμό αποτελεσματικότερης διδασκαλίας και χρησιμοποιούνται ως μια

θεματική περιγραφή υποδεικνύοντας τους εκπαιδευτικούς στόχους των προγραμμάτων σπουδών (Van den Heuven-Panguizen ,2001).

Το National Research Council (2007) αναφέρθηκε στην έννοια αυτή με τον όρο «learning progressions», και περιγράφεται ως «διαδοχικά πιο εξελιγμένους τρόπους σκέψης για ένα θέμα, που μπορεί να ακολουθήσει και να οικοδομήσει το ένα το άλλο, καθώς τα παιδιά μαθαίνουν και διερευνούν το θέμα αυτό για μεγάλο χρονικό διάστημα».

Οι Mohan, Chen, and Anderson (2008) βασισμένοι στον παραπάνω ορισμό προσδιόρισαν τις μαθησιακές τροχιές με τον όρο «learning progressions» ως ένα μονοπάτι το οποίο περιέχει ένα κατώτερο σταθερό σημείο (Lower Anchor), ένα υψηλότερο σταθερό σημείο (Upper Anchor) και τα ενδιάμεσα στάδια μάθησης (Intermediate levels). Το κατώτερο σημείο αντιπροσωπεύει τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για μία έννοια όταν εισέρχονται στη μαθησιακή διαδικασία, το υψηλότερο σημείο αντιπροσωπεύει τον εκπαιδευτικό σκοπό δηλαδή μια γενική περιγραφή των ικανοτήτων του εκπαιδευόμενου μετά από την εκπαιδευτική παρέμβαση, και τα ενδιάμεσα στάδια αποτελούνται από όλα εκείνα τα στοιχεία (έννοιες, δραστηριότητες) που ακολουθούν οι μαθητές κατά τη μαθησιακή διαδικασία για να κατακτήσουν το υψηλότερο σταθερό σημείο (Upper Anchor) και καθορίζουν τις επιδόσεις τους.

Στόχος των μαθησιακών τροχιών είναι δηλαδή:

- να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν τους σημαντικούς εκπαιδευτικούς στόχους του κάθε τομέα και να καθορίσουν την ακολουθία των δραστηριοτήτων που θα εκτελέσουν οι μαθητές για να τους κατακτήσουν,
- να χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της προόδου των μαθητών αλλά και να εντοπίζουν το σημείο στο οποίο βρίσκονται οι μαθητές στη τροχιά παρακολουθώντας τις επιδόσεις τους και το επίπεδο σκέψης τους (level of thinking), ώστε να καθορίσουν τα επόμενα βήματα για τη διδασκαλία.

Ο όρος «learning progressions» χρησιμοποιείται από τους ερευνητές για την έννοια της μαθησιακής τροχιάς περισσότερο στο πεδίο της επιστήμης και είναι πλέον συνώνυμος με τον όρο «learning trajectories»(Empson,2011). Μία έκθεση του κέντρου Center for Continuous Improvement in Instruction (Daro, et al.,2011) ισχυροποιεί την παραπάνω πρόταση γιατί αντιμετωπίζει τον όρο «learning trajectories», ο οποίος αναφέρεται περισσότερο στο πεδίο των Μαθηματικών, ως εναλλακτικός του όρου «learning progressions» αντανακλώντας τη γενική τάση που υπάρχει στο διεθνή χώρο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στη διπλωματική αυτή χρησιμοποιούμε τον όρο learning trajectories (LTs) ως συνώνυμο του learning progressions (LPs) όταν αναφερόμαστε στις μαθησιακές τροχιές και αναλύεται περισσότερο παρακάτω.

2.1.1 Αναφορές στη βιβλιογραφία με τον όρο learning trajectory

Ο όρος «learning trajectory» φαίνεται να έχει χρησιμοποιηθεί πρώτη φορά για την εκπαίδευση των Μαθηματικών στο έγγραφο του Marty Simon το 1995 «Reconstructing Mathematics Pedagogy from Constructivist Perspective» (Empson,2011). Συγκεκριμένα ο Simon στο παραπάνω έγγραφο αναφέρθηκε σε υποθετικές μαθησιακές τροχιές (**hypothetical learning trajectories**) για να αναπαραστήσει τα «μονοπάτια» από τα οποία μπορεί να προχωρήσει η μάθηση.

Σύμφωνα με τον Simon (1995) η υποθετική μαθησιακή τροχιά (hypothetical learning trajectory) είναι μία ακολουθούμενη διαδρομή διδασκαλίας, κάτι που ένας εκπαιδευτικός θεωρεί ως έναν τρόπο να κατανοεί το που βρίσκονται οι μαθητές του και που μπορεί ο ίδιος να τους οδηγήσει. Ονομάζονται υποθετικές καθώς η πραγματική τροχιά (**actual learning trajectory**) δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων.

Οι μεταγενέστεροι ερευνητές βασιζόμενοι στον όρο του Simon και ότι ο όρος τροχιά συνεπάγεται μια ακολουθούμενη διαδρομή, προσπάθησαν να εστιάσουν την προσοχή τους στον πολυδιάστατο χαρακτήρα τους. Έτσι οι Clements & Sarama (2004), όρισαν τις μαθησιακές τροχιές (LTs) ως «περιγραφές της σκέψης και της μάθησης των παιδιών σε ένα συγκεκριμένο μαθηματικό τομέα και ως μια σχετική υποθετική διαδρομή μέσω ενός συνόλου διδακτικών έργων που έχουν σχεδιαστεί για να προκαλέσουν αυτές τις διανοητικές διεργασίες ή ενέργειες που μετακινούν τα παιδιά μέσα από την ανάπτυξη των επιπέδων της σκέψης τους (levels of thinking) η οποία δημιουργείται για την υποστήριξη της επίδοσης των μαθητών σε συγκεκριμένους στόχους.»

Επιπλέον οι Clements & Sarama (2009) ανέφεραν ότι οι μαθησιακές τροχιές έχουν τρία μέρη: α) ένα μαθηματικό στόχο (goal), β) ένα αναπτυξιακό μονοπάτι (developmental progression) κατά μήκος του οποίου τα παιδιά εξελίσσουν τη σκέψη τους για να πετύχουν το στόχο και γ) ένα σύνολο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ή έργων (instructional activities), που ταιριάζουν σε καθένα από τα επίπεδα σκέψης σε αυτό το μονοπάτι και βοηθούν τα παιδιά να αναπτύξουν υψηλότερα επίπεδα σκέψης.

Οι στόχοι αφορούν μεγάλες ιδέες των Μαθηματικών (Big Ideas) , όπου όπως αναφέρεται είναι συστάδες εννοιών και δεξιοτήτων που είναι σύμφωνες με τη σκέψη του παιδιού και δημιουργοί μελλοντικής μάθησης. Οι ιδέες αυτές προέρχονται από μεγάλα project του National Council of Teachers of Mathematics (2006) και του National Math Panel (2008).

Για να κατακτήσει ο μαθητής ένα στόχο (goal) ακολουθεί μία διαδρομή από διαδοχικά επίπεδα σκέψης (the developmental progress) εκτελώντας εκπαιδευτικές δραστηριότητες (instructional activities) που αποσκοπούν στην πρόκληση των διανοητικών διεργασιών που ενεργοποιούν τη σκέψη σε κάθε επίπεδο. Για παράδειγμα αν ο στόχος είναι τα παιδιά να είναι ικανά να

μετρούν, η αναπτυξιακή διαδρομή (developmental progression) τους θα περιγράψει το μονοπάτι που θα ακολουθήσουν για να κατακτήσουν τη δεξιότητα της καταμέτρησης. Έτσι ένα επίπεδο σκέψης (level of thinking) της διαδρομής που θα κατακτήσουν αφορά στην έννοια του πλήθους. Άρα τα επίπεδα σκέψης της διαδρομής περιλαμβάνουν βασικές έννοιες και δεξιότητες και παρέχουν έτσι στον εκπαιδευτικό αναφορές για την αξιολόγηση του μαθητή (Clements&Sarama, 2011).

Αργότερα οι Confrey et al. (2009) προσδιόρισαν τη μαθησιακή τροχιά ως «μια ερευνητικά-υποτιθέμενη, εμπειρικά υποστηριζόμενη περιγραφή του διατεταγμένου δικτύου των κατασκευών που συναντά ο μαθητής μέσω της διδασκαλίας (δραστηριότητες, εργασίες, εργαλεία, τύποι αλληλεπίδρασης και μεθόδους αξιολόγησης), προκειμένου να προχωρήσει από άτυπες ιδέες, μέσω διαδοχικών βελτιώσεων της αναπαράστασης, της άρθρωσης και του προβληματισμού προς όλο και πιο σύνθετες έννοιες με την πάροδο του χρόνου».

Επίσης οι Corcoran et. al (2009) προσδιόρισαν τις μαθησιακές τροχιές με ορισμό που συνάδει με τους προηγούμενους, καθώς αναφέρονται σε αυτές ως «εμπειρικά τεκμηριωμένες και δοκιμασμένες υποθέσεις σχετικά με τον τρόπο που κατανοούν οι μαθητές και την ικανότητα χρησιμοποίησης βασικών επιστημονικών εννοιών, εξηγήσεων και σχετικών επιστημονικών πρακτικών που αναπτύσσονται και εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου». Οι υποθέσεις αυτές περιγράφουν μονοπάτια που είναι πιθανό να ακολουθήσουν οι μαθητές καθώς προχωρούν στη μαθησιακή διαδικασία, με τον αριθμό και τη φύση των μονοπατιών να είναι εμπειρικά δοκιμασμένα και επηρεασμένα από τη διδασκαλία.

Από τις αναφορές στη βιβλιογραφία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μαθησιακές τροχιές εστιάζουν στη διδασκαλία με σκοπό να προδιαγράψουν, προκαλέσουν και να ενισχύσουν τη μάθηση. Αποτελούν «μονοπάτια» ή σύνολα μονοπατιών στα οποία καθορίζεται α) ο στόχος (goal) δηλαδή ένας εκπαιδευτικός σκοπός, αλλά και β) η αρχή δηλαδή οι πρότερες γνώσεις του μαθητή για την ιδέα που θα διδαχθεί. Κάθε τέτοιο μονοπάτι περιλαμβάνει διαδοχικά επίπεδα ανάπτυξης του συλλογισμού του μαθητή και των εννοιών που στοχεύουν στη κατάκτηση του εκπαιδευτικού σκοπού, τα οποία κατακτιούνται μέσα από εκπαιδευτικές δραστηριότητες που ταιριάζουν σε κάθε επίπεδο.

2.1.2 Χρήσεις των μαθησιακών τροχιών

Οι μαθησιακές τροχιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα εργαλείο υποστήριξης για τη διαμόρφωση πιο εστιασμένων προτύπων (standards), για το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών, για τη δημιουργία κατάλληλων αξιολογήσεων και τη διαμόρφωση αποτελεσματικότερης διδασκαλίας (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009).

Όσον αφορά στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών, οι μαθησιακές τροχιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πλαίσιο για την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών, βοηθώντας τους υπεύθυνους ανάπτυξης τους να καταλάβουν πότε και με ποια σειρά πρέπει να διδάσκεται συγκεκριμένο περιεχόμενο και δεξιότητα (Cocoran et al., 2009).

Ως εργαλείο για την ανάπτυξη προτύπων ο Gotwals (2012) προσδιόρισε τέσσερα χρήσιμα στοιχεία των μαθησιακών τροχιών:

- Να καλύπτει ευρύ φάσμα περιεχομένου και να επικεντρώνεται σε βασικές ιδέες που πιστεύουν οι επιστήμονες ότι είναι σημαντικές.
- Να λαμβάνονται υπόψιν οι προκαθορισμένες αντιλήψεις των μαθητών για έναν τομέα, οι οποίες αποτελούν το χαμηλό σταθερό σημείο (lower anchor).
- Να περιέχει έναν υψηλό σταθερό σημείο (upper anchor), το οποίο αφορά εκπαιδευτικούς σκοπούς που είναι εμπειρικά επιτεύξιμοι.
- Να περιλαμβάνει ορόσημα (milestones), τα οποία αντιπροσωπεύουν τα κύρια στάδια που αναπτύσσονται από το χαμηλό (lower anchor) προς το υψηλότερο σταθερό σημείο (upper anchor).

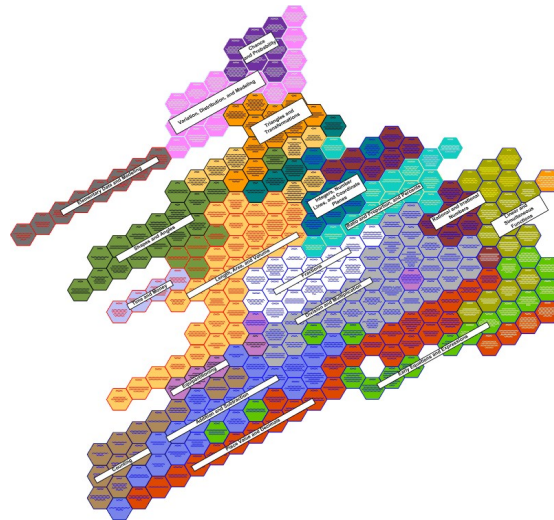
Για να είναι χρήσιμη η μαθησιακή τροχιά στην ενημέρωση προτύπων θα πρέπει να έχει σχετικά μεγάλο ίχνος, δηλαδή να καλύπτει όλες τις έννοιες που θα κατακτήσουν οι μαθητές και να εκτείνεται σε πολλαπλά έτη διδασκαλίας ή επίπεδα βαθμίδας (Gotwals, 2012).

Οι επιστήμονες που ασχολούνται με τη μάθηση στα βασικά πεδία των Μαθηματικών, της Επιστήμης και της Γλώσσας έχουν μελετήσει και χαρτογραφήσει τους τρόπους με τους οποίους μαθαίνουν οι μαθητές τις βασικές έννοιες.

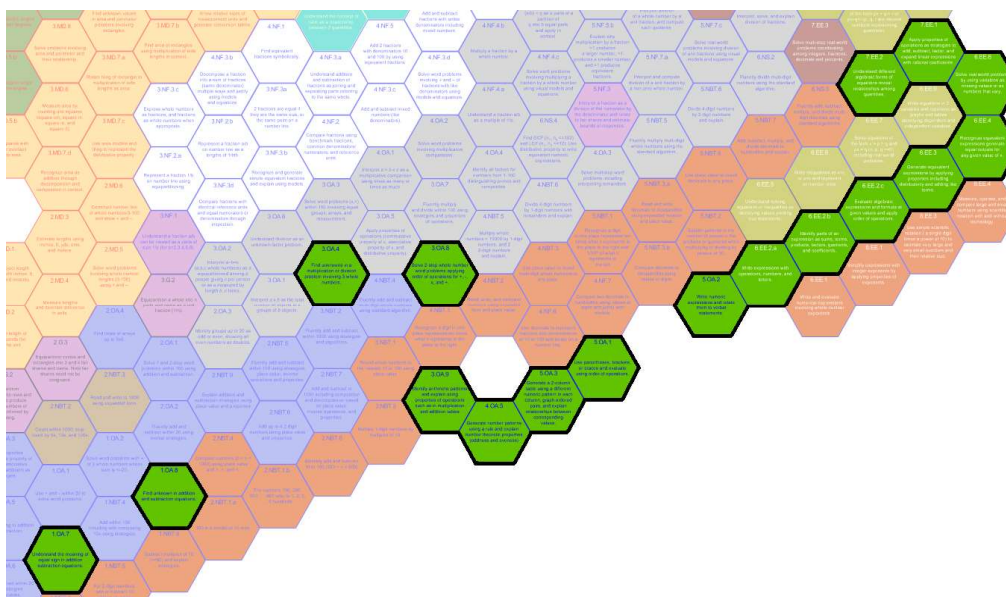
Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα πρότυπα για τα μαθηματικά, Common Core State Standards for Mathematics (CCSS-M) έχουν υιοθετηθεί ευρέως και βασίζονται στην έρευνα για τη μάθηση και ειδικότερα στην έρευνα για τις μαθησιακές τροχιές (Confrey et al., 2014).

Η ερευνητική ομάδα GISMO του Πανεπιστημίου της Βόρειας Καρολίνας έχει αναπτύξει 18 μαθησιακές τροχιές για όλα τα K-8 εκπαιδευτικά πρότυπα του Common Core State Standards for Mathematics. Τα εκπαιδευτικά πρότυπα ορίζουν τι έννοιες και τι δεξιότητες πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές καθώς μελετούν στο πεδίο των μαθηματικών. Έχουν δημιουργήσει έναν εξάγωνο χάρτη (Εικόνα.1α) που απεικονίζει τις μαθησιακές τροχιές από πρότυπο σε πρότυπο, ο οποίος είναι διαθέσιμος στο <https://turnonccmath.net/>

Εικόνα.1α Hexagon map of the K-8 Common Core State Standards for Mathematics



Κάθε εξάγωνο αντιπροσωπεύει ένα μοναδικό πρότυπο και η κάθε τροχιά απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα ώστε να διακρίνεται η ακολουθία των προτύπων που θα ακολουθήσει ο μαθητής στις τάξεις του δημοτικού. Οι τροχιές εξελίσσονται από κάτω αριστερά προς πάνω δεξιά έτσι ώστε να αποδίδουν οπτικά την αυξανόμενη πολυπλοκότητα του συλλογισμού των μαθητών και την πολυπλοκότητα του περιεχομένου με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα η τροχιά Early Equations & Expressions παρουσιάζεται στο χάρτη για την κατάκτηση της έννοια των αριθμητικών παραστάσεων και εξισώσεων. Όπως παρατηρούμε στη παρακάτω εικόνα οι μαθητές θα πρέπει να ακολουθήσουν τη παρακάτω τροχιά η οποία ξεκινά από την πρώτη τάξη του δημοτικού (Grade 1) και καταλήγει στην έβδομη τάξη (Grade 7).



Εικόνα.1β: Μαθησιακή τροχιά για την κατάκτηση της έννοιας των εξισώσεων.

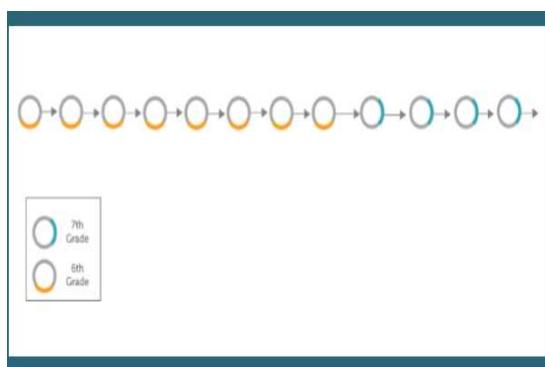
Όπως αναφέραμε και πιο πάνω οι τροχιές εξελίσσονται από κάτω αριστερά προς τα πάνω δεξιά παρουσιάζοντας την πολυπλοκότητα του περιεχομένου και του συλλογισμού του μαθητή για την κατάκτηση του στόχου. Το πρώτο και το δεύτερο εξάγωνο αποτελούν εκπαιδευτικά πρότυπα τα οποία κατακτούν οι μαθητές στη πρώτη τάξη και αφορούν στην κατανόηση του συμβόλου της ισότητας και τη χρησιμοποίησή του σε εξισώσεις πρόσθεσης και αφαίρεσης. Τα τρία επόμενα εξάγωνα αποτελούν πρότυπα της τρίτης τάξης του δημοτικού και αφορούν την κατάκτηση της έννοιας του αγνώστου και την διατύπωση προβλημάτων χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε γράμμα για την άγνωστη ποσότητα, και ούτω καθεξής, μέχρι να φτάσει στο τελευταίο πρότυπο της τροχιάς που κατακτά στην έβδομη τάξη και είναι να μπορεί ο μαθητής να χρησιμοποιεί την έννοια του αγνώστου x , ιδιότητες και αριθμητικές πράξεις για να σχηματίσει ισοδύναμες αριθμητικές παραστάσεις .

Όσον αφορά την βοήθεια των μαθησιακών τροχιών ως εργαλείο διαμόρφωσης διδασκαλίας και αξιολόγησης έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες και προγράμματα. Ένα από αυτά είναι και η δημιουργία ενός προγράμματος του μη κερδοσκοπικού οργανισμού Achieve στις αρχές του 2015, στο οποίο παρουσιάζουν τον ρόλο των μαθησιακών τροχιών στην προσέγγιση ότι η μάθηση βασίζεται στην απόκτηση ικανοτήτων (competency-based learning). Στην προσέγγιση αυτή οι μαθητές εργάζονται πάνω σε μία δεξιότητα κάθε φορά. Αυτή αποτελεί ένα μικρό στοιχείο ενός μεγαλύτερου μαθησιακού στόχου. Οι μαθητές αξιολογούνται με βάση την δεξιότητά αυτή και προχωρούν σε επόμενες υψηλότερες δεξιότητες όταν έχουν καταφέρει να την αποκτήσουν. Οι μαθητές μαθαίνουν κατακτώντας βασικές έννοιες και δεξιότητες, για παράδειγμα για την ανάπτυξη του γλωσσικού γραμματισμού θα πρέπει να κατακτηθούν περίπλοκες έννοιες όπως η «επιχειρηματολογία» σε συνδυασμό με την ικανότητα να μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες αυτές σε όλο και πιο περίπλοκα πλαίσια κειμένου.

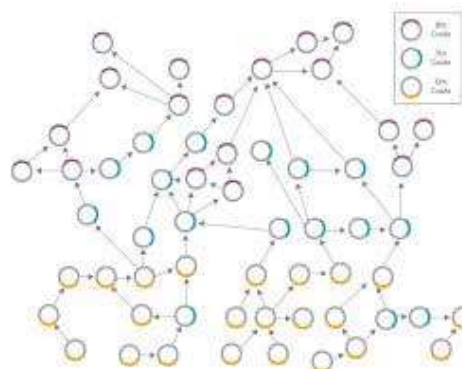
Τα εκπαιδευτικά πρότυπα όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω περιγράφουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες που θα πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές σε κάθε τάξη ώστε να κινηθούν προς το τελικό μαθησιακό στόχο (learning goal). Προσδιορίζοντας τις τροχιές ως μία ακολουθία όλο και πιο πολύπλοκων μαθησιακών δεξιοτήτων από τις οποίες κατακτιούνται πρότυπα μέσα από τις κατάλληλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που εκτελούν οι μαθητές κατά τη μαθησιακή διαδικασία, στο πρόγραμμα του οργανισμού Achieve υποστήριξαν ότι:

- οι τροχιές μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να διαμορφώσουν τη διδασκαλία τους κατανοώντας α) την ενδιάμεση διδασκαλία που θα πρέπει να προσφερθεί στους μαθητές κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς και β) τις καταλληλότερες διαδρομές που θα πρέπει να ακολουθήσει ο κάθε μαθητής ξεχωριστά για να κατακτήσει τους μαθησιακούς στόχους.
- οι τροχιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο αξιολόγησης από τους εκπαιδευτικούς καθώς κατανοούν τις έννοιες και τις δεξιότητες που πρέπει να αξιολογηθούν και πότε κατά τη μαθησιακή διαδικασία.

Έτσι δημιουργήθηκαν αίθουσες που ονομάζονται «New Classrooms», όπου σε κάθε αίθουσα ομάδες ειδικών σχεδίασης προτύπων σχεδίασαν μια ακολουθία από μαθηματικές δεξιότητες που αναμένονται να κατακτήσουν οι μαθητές καθώς κινούνται στις διάφορες τάξεις του δημοτικού ακολουθώντας όλοι την ίδια τροχιά (Εικόνα.2). Έπειτα αφού μελέτησαν οι ομάδες τον τρόπο με τον οποίο ανταποκρίθηκαν οι μαθητές στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες που είχαν σχεδιαστεί για την κατάκτηση των δεξιοτήτων αυτών, κατέγραψαν τη σειρά των διαδρομών που ακολούθησαν οι μαθητές για να καταγράψουν πιθανές διασυνδέσεις μεταξύ των μαθηματικών δεξιοτήτων δημιουργώντας έναν χάρτη με χιλιάδες διασυνδεδεμένους κόμβους και πιθανές διαδρομές που ακολουθούν οι μαθητές (Εικόνα.3). Οι κόμβοι αποτελούν σημεία της τροχιάς (δεξιότητες) τα οποία συναντιούνται μέσω διαφορετικών τροχιών, δηλαδή είναι μαθηματικές δεξιότητες που χρειάζονται για την κατάκτηση διαφορετικών προτύπων. Ο χάρτης αυτός βελτιώνεται συνεχώς με βάση τη δραστηριότητα των μαθητών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εντοπίζεται η τρέχουσα θέση του μαθητή από τον εκπαιδευτικό, παρατηρώντας ποιες μαθησιακές δεξιότητες έχει κατακτήσει, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στη διδασκαλία όσο και στην αξιολόγηση των μαθητών.



Εικόνα.2: Γραμμική ακολουθία δεξιοτήτων



Εικόνα.3: Χάρτης διασυνδεδεμένων δεξιοτήτων

Τέλος, The Institute for Personalized Learning, που εδρεύει στην πολιτεία Wisconsin των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, χρησιμοποιεί την έννοια της μαθησιακής τροχιάς στο μοντέλο Honeycomb που έχουν αναπτύξει με σκοπό την σχεδίαση εξατομικευμένης διδασκαλίας (Cooperative Educational Service Agency #1, 2015). Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στον καθορισμό στόχων, στο σχεδιασμό μαθησιακών διαδρομών (learning paths), στην παρακολούθηση της προόδου και στον καθορισμό του τρόπου με τον οποίο θα αποτιμηθεί η μάθηση. Το μοντέλο αυτό παρουσιάζεται σε μορφή

κυψέλης όπου στο κέντρο της υπάρχουν τα τρία βασικά στοιχεία σε μορφή κελιών :

- **το προφίλ του μαθητή (Learner profile)**, το οποίο δημιουργείται σε συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών και περιλαμβάνει τέσσερα στοιχεία: δημογραφικά δεδομένα, τις ακαδημαϊκές επιδόσεις, τις δεξιότητες που έχει κατακτήσει ο μαθητής και αφορούν στη μάθηση, και τέλος τις προσδοκίες και τα κίνητρα του μαθητή που θα επηρεάσουν τη διδασκαλία.
- **τα διαμορφωμένα μαθησιακά μονοπάτια (Customized learning paths)**, τα οποία επιτρέπουν στους μαθητές να σχεδιάσουν με τους εκπαιδευτικούς τη μάθησή τους. Τα μονοπάτια αυτά σχεδιάζονται σε τέσσερα βήματα.

Βήμα 1: Ανάπτυξη ατομικών μαθησιακών στόχων. Ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής εργάζονται για την ανάπτυξη βραχυπρόθεσμων, ενδιάμεσων και μακροπρόθεσμων ατομικών μαθησιακών στόχων.

Βήμα 2: Επιλογή δραστηριοτήτων και πόρων για την υποστήριξη της μάθησης. Ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής προτείνουν δραστηριότητες και πόρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη των στόχων.

Βήμα 3: Καθορισμός δεικτών προόδου. Ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής εντοπίζουν δείκτες που δείχνουν πρόοδο προς την επίτευξη κάθε στόχου. Οι δείκτες βασίζονται σε δεδομένα διαμορφωτικής αξιολόγησης και επιτρέπουν στον εκπαιδευτικό και το μαθητή να εντοπίζουν τα σημεία που θα πρέπει να γίνουν αλλαγές στο μαθησιακό μονοπάτι αν χρειαστεί ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι.

Βήμα 4: Πως αποτιμάται η επίτευξη της μάθησης. Στο τελευταίο βήμα καθορίζεται το πως θα αποδειχθεί η γνώση που κατακτήθηκε. Οι μαθητές συνήθως έχουν την τάση να αποδέχονται τις προτάσεις των εκπαιδευτικών που αφορούν στην αξιολόγηση, αλλά καθώς δεσμεύονται για την επίτευξη των στόχων μπορεί οι ίδιοι να ορίσουν ακόμα πιο αυστηρούς τρόπους αξιολόγησης και από αυτούς που προτείνουν οι εκπαιδευτικοί.

- **η ανάπτυξη προόδου βασισμένη σε υψηλού επιπέδου ικανότητες και δεξιότητες (Proficiency-based progress)**, η οποία βασίζεται στα εκπαιδευτικά πρότυπα. Τα πρότυπα παρέχουν σαφείς στόχους για τη μάθηση και συμβάλλουν στην σχεδίαση ενδιάμεσων εκπαιδευτικών στόχων και τον καθορισμό των αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων. Επομένως καθορίζουν τι θα μάθουν οι μαθητές, πόσο βαθιά ή ευρεία θα είναι η μάθηση και πώς θα αποδειχθεί και θα μετρηθεί το αποτέλεσμα της μαθησιακής διαδικασίας.

2.2 Τροχιές αντικειμένων στο χώρο και χρόνο

Πολλοί ερευνητές ασχολούνται με την έννοια της τροχιάς και συγκεκριμένα με τον ορισμό και την ανάλυση τροχιές κινούμενων αντικειμένων στο χώρο και χρόνο λόγω της αυξανόμενης τάσης στη σημερινή εποχή ως προς τη χρήση συσκευών και διάφορων τεχνολογιών που συλλέγουν, εντοπίζουν και καταγράφουν θέσεις κινούμενων αντικειμένων. Ως συνέπεια της μεγάλης διαθεσιμότητας τέτοιων δεδομένων έχει εστιαστεί η προσοχή στα δεδομένα κίνησης. Οι έρευνες αυτές αποτέλεσαν το εναρκτήριο σημείο για να μπορέσουμε να αναπτύξουμε την οντολογία που θα καταγράφει μαθησιακές τροχιές αυτή τη φορά.

Πηγές δεδομένων που συμβάλλουν στην ανάλυση των δεδομένων κίνησης είναι αυτά που συλλέγονται από τα κινητά, από συσκευές εντοπισμού θέσης (GPS) ή από δίκτυα αισθητήρων. Η διαθεσιμότητα αυτών των δεδομένων αναμένεται να δημιουργήσει εφαρμογές που βασικό στόχο έχουν την ανακάλυψη της γνώσης σχετικά με τον τρόπο και το λόγο της κίνηση ενός αντικειμένου χωροχρονικά. Αυτά τα δεδομένα που καταγράφονται από τις συσκευές που αναφέραμε προηγουμένως ονομάζονται ακατέργαστα δεδομένα (raw data).

Η ιδέα της τροχιάς (trajectory) καταγράφει τη κίνηση ενός αντικειμένου, το οποίο κινείται σε ένα γεωγραφικό χώρο σε μια ορισμένη χρονική περίοδο. Επομένως, μπορούμε να ορίσουμε ότι τροχιά είναι η ακολουθία όλων εκείνων των σημείων της θέσης του αντικειμένου στο χώρο και η καταγραφή της κίνησης ενός αντικειμένου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της τροχιάς του.

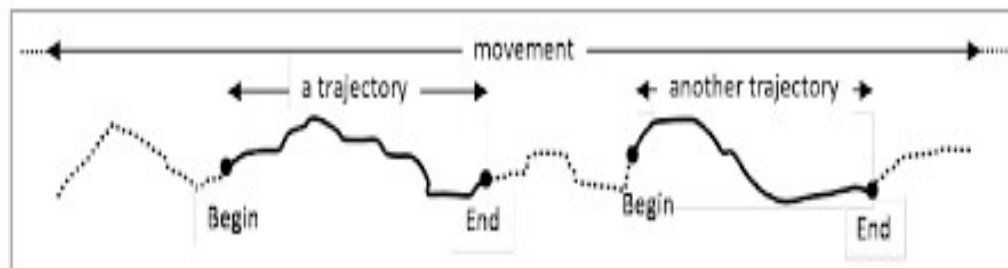
Κάθε ίχνος κίνησης του αντικειμένου συνίσταται από μία χρονική ακολουθία των χωροχρονικών του θέσεων και καταγράφεται με το ζευγάρι (instant,point). Αναλόγως όμως με τις δυνατότητες της συσκευής μπορούν να προστεθούν επιπλέον δεδομένα όπως η στιγμιαία ταχύτητα του αντικειμένου ή η ακινησία, η επιτάχυνση, η περιστροφή και η κατεύθυνση του αντικειμένου.

Αρκετές εφαρμογές χρησιμοποιούν τμήματα της διαδρομής της κίνησης του αντικειμένου που παρουσιάζουν ενδιαφέρον γι' αυτές. Αυτά τα τμήματα ονομάζονται τροχιές και ερευνώνται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, στον τουρισμό για να μελετηθούν οι ενέργειες ενός τουρίστα κατά τη παραμονή του στο Παρίσι, θα πρέπει ολόκληρο το ίχνος που αφήνει ο τουρίστας να θεωρηθεί ως μια ενιαία τροχιά που έχει χωρικό κριτήριο το εσωτερικό της πόλης του Παρισιού. Ενώ για να αναλυθεί τι κάνουν οι τουρίστες μέσα σε μια μέρα ή τι κάνουν σε συγκεκριμένες μέρες, θα πρέπει να θεωρήσουμε κάθε ημερήσια διαδρομή τους ως ξεχωριστή τροχιά (Εικόνα.5).



Εικόνα.5: 2D χάρτης με τη διαδρομή ενός τουρίστα κατά τη διάρκεια μίας μέρας στο Παρίσι.

Κάθε τροχιά τη προσδιορίζουμε με δύο συγκεκριμένες χωροχρονικές θέσεις, οι οποίες ονομάζονται Begin και End (Εικόνα.6). Οι θέσεις αυτές αποτελούν τη πρώτη (Begin) και τη τελευταία θέση (End) της τροχιάς του αντικειμένου (Spacciapetra et al.,2008).



Εικόνα.6: Τροχιές που εξάγονται από ένα ίχνος κίνησης.

Η ακατέργαστη τροχιά αποτελεί μια χρονική ακολουθία ακατέργαστων δεδομένων που ορίζουν τις χωροχρονικές θέσεις ενός κινούμενου αντικειμένου. Όταν τα ακατέργαστα δεδομένα συγκεντρωθούν, αναλυθούν και επισημειωθούν σημασιολογικά, είναι δυνατόν πολλαπλές τμηματοποιήσεις μιας τροχιάς ανάλογα με τη διάρκεια, την ταχύτητα κοκ, ή και συνδυασμών των χαρακτηριστικών κίνησης. Οι ακατέργαστες τροχιές είναι χρήσιμες για εκείνες τις εφαρμογές που έχουν ως στόχο τον εντοπισμό κάποιου κινούμενου αντικειμένου, όπως για παράδειγμα που ήταν ο «x» στις 8 π.μ. στις 8 Μαρτίου του 2012 ή στον υπολογισμό των στατιστικών στοιχείων που αφορούν τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά των τροχιών, όπως το ποσοστό των τροχιών που δείχνουν μέση ταχύτητα πάνω από 20 km/h.

2.2.1 Σημασιολογικές τροχιές αντικειμένων (semantic trajectories)

Η τροχιά ενός αντικειμένου όπως ορίστηκε παραπάνω καλύπτει ένα συγκεκριμένο μέρος απαιτήσεων στην ανάλυση δεδομένων κίνησης γιατί απουσιάζει η σημασιολογική πληροφορία της τροχιάς, όπως για παράδειγμα τα ονόματα των σημείων ενδιαφέροντος, οι εκδηλώσεις, ο σκοπός της κίνησης των αντικειμένων κτλ. Η σημασιολογική πληροφορία δηλαδή αποτελεί τις ιδιότητες που επισημειώνονται σε κάθε θέση της τροχιάς.

Η διαδικασία με την οποία πραγματοποιούμε την προσθήκη της πληροφορίας στις ακατέργαστες τροχιές είναι γνωστή ως διαδικασία σημασιολογικού εμπλουτισμού (semantic enrichment process) και αφορά είτε συνολικά την τροχιά ή τμήματά της. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι η καταγραφή του σκοπού του ταξιδιού ενός ανθρώπου που αφορά είτε σε επαγγελματικούς λόγους είτε σε λόγους αναψυχής σχετίζεται με τη συνολική τροχιά της κίνησής του, ενώ αν καταγράψουμε τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποίησε σε διάφορα σημεία της κίνησής του, αυτά αφορούν σε τμήματα της τροχιάς.

Κατά τη διαδικασία του σημασιολογικού εμπλουτισμού τα υπάρχοντα δεδομένα ενισχύονται με πρόσθετα, τα οποία ονομάζονται σχολιασμοί ή επισημειώσεις (annotations). Οι σχολιασμοί μπορεί να συνδεθούν είτε με τη τροχιά συνολικά είτε με κάποια από τα τμήματά της. Η κάθε σημασιολογική πληροφορία μπορεί να προστεθεί σαν τιμή κάποιας ιδιότητας τμημάτων της τροχιάς, πχ. η ιδιότητα «Μεταφορικό Μέσο» με τιμή «λεωφορείο».

Οι τιμές της κάθε ιδιότητας (annotation values) αποτελούν δηλαδή ένα προσδιορισμό που εμπλουτίζει τα δεδομένα με πληροφορία που μπορεί να προσδιοριστεί είτε από ακατέργαστα δεδομένα, όπως η απόσταση από το σημείο θέσης Begin, είτε μπορεί να εξαχθεί από άλλα σχετιζόμενα δεδομένα όπως ο τοπικός καιρός, ή προκύπτουν από σχετιζόμενα δεδομένα μέσα από συλλογισμούς. Για παράδειγμα το μέσο μεταφοράς μπορεί να συμπεραίνεται από τα δεδομένα ταχύτητας και επιτάχυνσης σε συνδυασμό με τη γνώση σχετικά με τα μεταφορικά και οδικά δίκτυα σε συγκεκριμένο τόπο (Guc et al., 2008).

Ένας ακόμη τρόπος με τον οποίο ενισχύουμε τις γνώσεις μας σχετικά με τις τροχιές είναι ο λογικός διαχωρισμός της σε ομοιογενή τμήματα σε σχέση με συγκεκριμένα κριτήρια τμηματοποίησης που έχουν νόημα για τις εφαρμογές, όπως προείπαμε. Αυτά τα ομοιογενή τμήματα ονομάζονται «επεισόδια» και καθένα από αυτά ορίζεται ως μία μέγιστη υπο-ακολουθία μιας τροχιάς ώστε όλες οι χωροχρονικές τους θέσεις να συμφωνούν με ένα κατηγορημα (predicate) (Mountain & Raper, 2001). Το κατηγορημα παρέχει συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται από τις χωροχρονικές συντατεγμένες των θέσεων του αντικειμένου, τους σχολιασμούς των θέσεων ή τις χωροχρονικές σχέσεις τους με τα σχετιζόμενα δεδομένα (contextual data). Για παράδειγμα μία τροχιά μπορεί να χωριστεί σε επεισόδια που καθορίζονται από την ιδιότητα «Μέσα Μεταφοράς»: Στο πρώτο επεισόδιο η τιμή της

ιδιότητας μπορεί να είναι «λεωφορείο» και στο δεύτερο επεισόδιο η τιμή να είναι «πεζός».

Μία απλά δομημένη τροχιά αποτελείται από μια ακολουθία τμημάτων τροχιάς που αποτελούνται από ακατέργαστες θέσεις που ανιχνεύονται από συσκευές, από σύνολα ακατέργαστων θέσεων που ορίζονται ως σημασιολογικοί κόμβοι ή απλά «κόμβοι», ή από τμήματα τροχιάς.

Ένας σημασιολογικός κόμβος προσφέρει μια αφαίρεση ακατέργαστων θέσεων. Για παράδειγμα αν ένα σύνολο ακατέργαστων θέσεων σηματοδοτεί ένα γεγονός (event) (π.χ. στάση σε μια περιοχή) μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένας σημασιολογικός κόμβος που συνδέεται με αυτόν τον τύπο γεγονότος και που περιέχει όλους τους κόμβους κίνησης της περιοχής.

Τα γεγονότα αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένα ή αφηρημένα συμβάντα τα οποία δημιουργούν το μοτίβο του γεγονότος. Μπορεί να αφορούν οτιδήποτε συμβαίνει στο περιβάλλον του κινούμενου αντικειμένου και σχετίζονται με την τροχιά του.

Έτσι οποιοδήποτε τμήμα μιας τροχιάς μπορεί να συνδεθεί με ένα γεγονός (event) που συνυπάρχει μαζί του χωρικά και/ή χρονικά. Για παράδειγμα, μια περιοχή με κακές καιρικές συνθήκες μπορεί να συνυπάρχει με μια τροχιά η οποία διασχίζει τη περιοχή (σχετίζεται χωρικά) κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος (σχετίζεται χρονικά). Έτσι μια σημασιολογική τροχιά είναι μια ακολουθία κινήσεων ενός κινούμενου αντικειμένου που δηλώνουν γεγονότα, δραστηριότητες, στόχους κτλ.

Επιπρόσθετα, οι τροχιές μπορούν να επισημειωθούν σημασιολογικά σε τρία επίπεδα λεπτομέρειας: α) τη τροχιά, β) στα επεισόδια και γ) τις θέσεις. Ο σχολιασμός των θέσεων δεν είναι τόσο αποτελεσματικός καθώς υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί ένας μεγάλος αριθμός επαναλαμβανόμενων σχολιασμών, οπότε καλό θα ήταν ο σχολιασμός να πραγματοποιείται στα επεισόδια ή στη τροχιά.

2.3 Η οντολογία datAcron

Βασικές έννοιες της οντολογίας που αναπτύχθηκε στη διπλωματική έχουν βασιστεί στην οντολογία datAcron με την οποία καταγράφονται σημασιολογικές τροχιές κινούμενων αντικειμένων.

Η οντολογία datAcron (http://ai-group.ds.unipi.gr/datacron_ontology/) αναπτύχθηκε από ομάδα ερευνητών του εργαστηρίου Τεχνητής Νοημοσύνης του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων, μέσα σε χρονικό διάστημα 12 μηνών, ακολουθώντας μία προσέγγιση που αφορά τα δεδομένα σύμφωνα με τη μεθοδολογία HCOME (Santipantakis, et al., 2017). Αυτή η οντολογία έχει σχεδιαστεί με σκοπό την χρησιμοποίησή της ως βασική οντολογία για την

υποστήριξη αναλύσεων στους τομείς Maritime Situation Awareness (MSA) και Air Traffic Management (ATM). Επίσης, μέσω της οντολογίας αυτής έχουν παρουσιαστεί μετασχηματισμοί δεδομένων για την υποστήριξη οπτικών αναλύσεων σε σενάρια Flow Management του τομέα ATM (Santipantakis, et al., 2017).

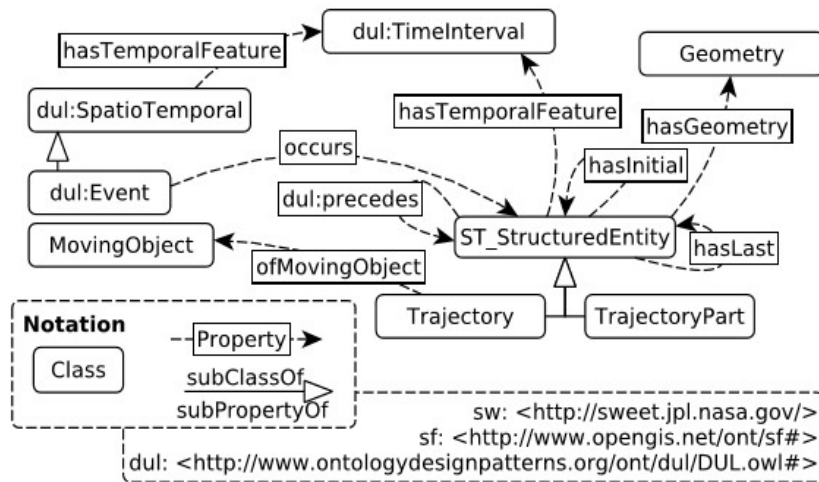
Στόχος της οντολογίας είναι να παρουσιάζει και να διαχειρίζεται πληροφορίες που είναι διαθέσιμες σε διαφορετικές πηγές δεδομένων ενσωματώνοντάς τις σε μια αναπαράσταση όπου οι τροχιές αποτελούν τις βασικές οντότητες, με σκοπό τον υπολογισμό μοτίβων κίνησης ώστε να προβλέπεται η συμπεριφορά και η κατάσταση των κινούμενων αντικειμένων.

Η συμβολή της οντολογίας αυτής είναι η παρουσίαση σημασιολογικών τροχιών σε διάφορα επίπεδα χωροχρονικών αναλύσεων, καθώς οι τροχιές θεωρούνται ως απλές γεωμετρικές ή ως χρονικές ακολουθίες των θέσεων των κινούμενων αντικειμένων που πηγάζουν από τα ακατέργαστα δεδομένα, ή ως τμημάτων τροχιάς (trajectory segments), με σημασιολογική ή δίχως σημασιολογική πληροφορία. Για παράδειγμα ένα τμήμα της τροχιάς μπορεί να αποκαλύπτει το στόχο ή μια δραστηριότητα του αντικειμένου. Τα τμήματα της τροχιάς (trajectory segments) συνδέονται μεταξύ τους καθώς και με σχετιζόμενες πληροφορίες (contextual information) και γεγονότα που συμβαίνουν την ίδια στιγμή και αφορούν στην κίνηση του αντικειμένου. Συγκεκριμένα, ως σχετιζόμενη πληροφορία θεωρείται οποιαδήποτε διαθέσιμη πληροφορία που σχετίζεται με το περιβάλλον ενός αντικειμένου και επηρεάζει τη κίνησή του, συμπεριλαμβανομένων και άλλων τροχιών.

Κατά την οντολογία, τα γεγονότα αποτελούν γενικεύσεις των επεισοδίων όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, και λήφθηκαν επίσης υπόψη σε συνδυασμό με δεδομένα κίνησης και σχετιζόμενες πληροφορίες (contextual information). Τα γεγονότα αφορούν μόνο σε εκείνα που σχετίζονται με τη τροχιά και την κίνηση του αντικειμένου.

2.3.1 Βασικό λεξικό και δομή της οντολογίας datAcron

Το βασικό λεξικό και η δομή της οντολογίας παρουσιάζεται στην Εικόνα.7 . Οι τροχιές στην οντολογία όπως φαίνεται παρουσιάζονται μέσω της κλάσης *Trajectory* και μπορεί να χωριστούν σε τμήματα τροχιάς, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν άλλα τμήματα τροχιάς και/ ή σημασιολογικούς κόμβους. Ένας σημασιολογικός κόμβος (node) μπορεί να σχετίζεται με μία συγκεκριμένη ακατέργαστη θέση (raw position) ή με μία ακολουθία ακατέργαστων θέσεων ενός κινούμενου αντικειμένου.

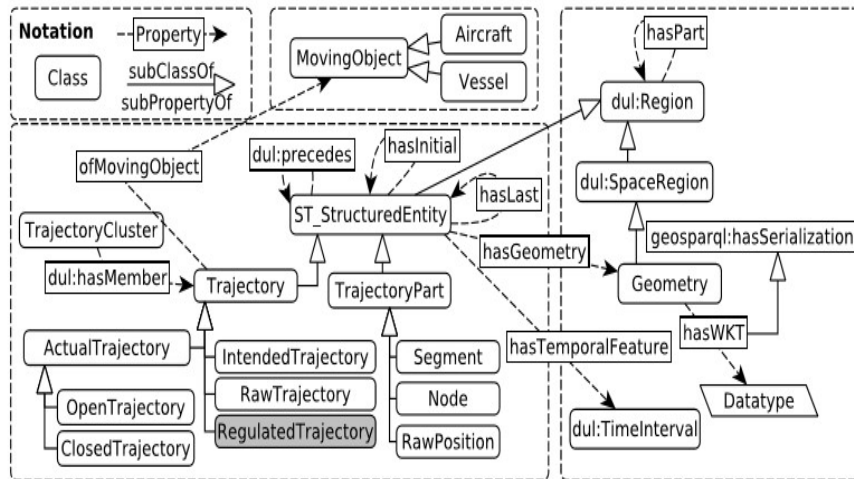


Εικόνα.7: Οι βασικές έννοιες της οντολογίας και οι σχέσεις τους (Santipantakis, et al., 2017).

Επίσης στην Εικόνα.7 φαίνεται ότι οι τροχιές και τα τμήματά τους (κλάση *TrajectoryPart*) συσχετίζονται και με γεγονότα (κλάση *dul:Event*). Όπως ειπώθηκε, παρόλο που γεγονότα συμβαίνουν ανεξάρτητα από την τροχιά στην οντολογία *datAcron* δίνεται έμφαση στα γεγονότα της ίδιας της τροχιάς, για παράδειγμα το γεγονός “turn” ή το “gap of communication”, και στις πληροφορίες που αφορούν το κινούμενο αντικείμενο, για παράδειγμα σκάφος σε προστατευμένη περιοχή ή σε περιοχή με κακές καιρικές συνθήκες (Santipantakis, et al., 2017).

2.3.2 Διάταξη των σημασιολογικών τροχιών της οντολογίας

Η γενική διάταξη των ακατέργαστων και δομημένων τροχιών της οντολογίας παρουσιάζεται από στην παρακάτω εικόνα:

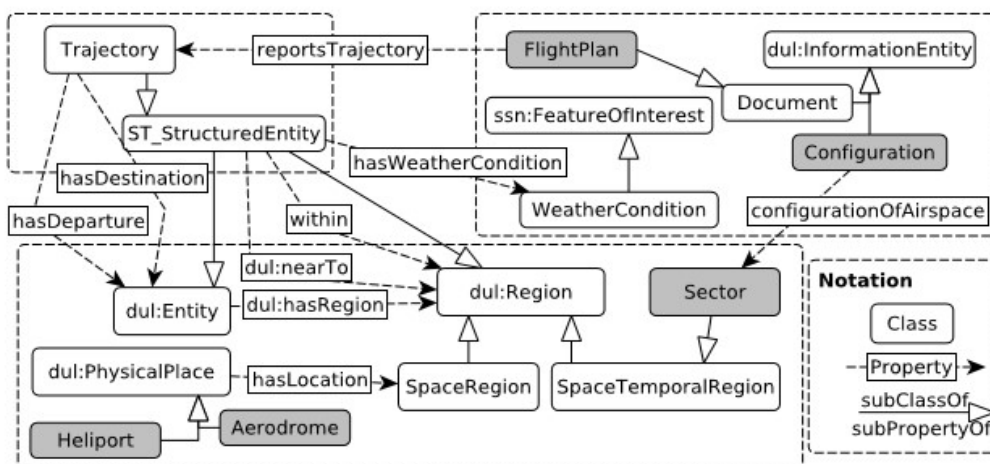


Εικόνα.8: Διάταξη των δομημένων τροχιών (Santipantakis, et al., 2017).

Κύρια έννοια της διάταξης αποτελεί η τροχιά που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω παρουσιάζεται με τη κλάση *Trajectory*, η οποία αποτελεί υποκλάση της Spatio-Temporal Structured Entity (*ST_StructuredEntity*). Επίσης από τη διάταξη φαίνεται ότι η *ST_StructuredEntity* αποτελεί υποκλάση της *dul:Region* στην οποία εντάσσονται περιοχές σε διάσταση χώρου και χρόνου. Επίσης, η κλάση *ST_StructuredEntity* αντιπροσωπεύει δομημένες τροχιές και τα μέρη τους. Κάθε δομημένη τροχιά και τα μέρη της μπορεί να είναι μια χρονική ακολουθία των οντοτήτων της κλάσης *TrajectoryPart* (Santipantakis, et al., 2017).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα.8, οι υποκλάσεις της τροχιάς είναι οι εξής:

- *IntendedTrajectory* (προβλεπόμενη τροχιά), όπου στην κλάση αυτή περιέχονται προγραμματισμένες τροχιές οι οποίες δημιουργούνται από οντότητες της κλάσης *dul:InformationEntity* όπως για παράδειγμα η *FlightPlan* (Εικόνα.9).



Εικόνα.9: Διάταξη της τροχιάς κινούμενων αντικειμένων (Santipantakis, et al., 2017).

- *ActualTrajectory* (πραγματική τροχιά), στην κλάση αυτή εμπεριέχονται οι τροχιές που κατασκευάζονται από πραγματικά δεδομένα θέσης μετά από επεξεργασία των ακατέργαστων δεδομένων που δείχνουν τη θέση του αντικειμένου.

Η πραγματική τροχιά μπορεί να διαχωριστεί και στις κλάσεις *ClosedTrajectory* και *OpenTrajectory*. Στην πρώτη περίπτωση περιέχονται τροχιές που έχουν φθάσει τον προορισμό τους, ενώ στη δεύτερη περίπτωση περιέχονται οι τροχιές που βρίσκονται σε εξέλιξη.

- *RegulatedTrajectory* (ρυθμιζόμενη τροχιά), στην κλάση αυτή περιλαμβάνονται οι προβλεπόμενες τροχιές (*Intended Trajectories*) που έχουν τροποποιηθεί από κάποιο λειτουργικό συμβάν όπως ένας κανονισμός.
- *SyntheticTrajectory* (συνθετική τροχιά), στην περίπτωση αυτή η τροχιά κατασκευάζεται μέσω διαδικασίας προσομοίωσης.
- *RawTrajectory* (ακατέργαστη τροχιά), στην κλάση αυτή οι τροχιές που περιλαμβάνονται κατασκευάζονται από την ακολουθία των ακατέργαστων θέσεων του κινούμενου αντικειμένου.

Όσον αφορά την κλάση *TrajectoryPart* όπως φαίνεται στην Εικόνα.8, μπορούμε να τη χωρίσουμε στις παρακάτω κλάσεις:

- *Segment* (τμήμα), στην κλάση αυτή εμπεριέχονται αυτές οι οντότητες που σχετίζονται με μία χωρική περιοχή και ένα κατάλληλο χρονικό διάστημα. Οι οντότητες αυτές είναι μέρος της τροχιάς και η τμηματοποίησή τους πραγματοποιείται με διαφορετικούς στόχους αναλόγως την εφαρμογή και την ανάλυση που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.
- *Node* (κόμβος), οι οντότητες της κλάσης αυτής σχετίζονται με ένα σημείο στο χώρο και με μία χρονική στιγμή ή περίοδο. Στην περίπτωση που σχετίζεται με μία χρονική περίοδο ή γεωγραφική περιοχή ο κόμβος συγκεντρώνει πολλές ακατέργαστες θέσεις.
- *RawPosition* (ακατέργαστη θέση), στην κλάση αυτή εμπεριέχονται ακατέργαστα δεδομένα θέσης. Καθένα από τα ακατέργαστα αυτά δεδομένα σχετίζεται με ένα σημείο στο χώρο και με μία χρονική στιγμή.

Από την διάταξη των τροχιών όπως παρουσιάζονται στην οντολογία *datAcron* (Εικόνα.8) φαίνεται ότι μία συγκεκριμένη τροχιά καθώς και τα τμήματά της αποτελούν υποκλάσεις της *dul:Region* και μπορούν να συσχετιστούν μεταξύ τους μέσω της ιδιότητας *dul:hasPart* ή μέσω των *subproperties* της ιδιότητας αυτής *hasInitial*, *hasLast*, που μας δείχνουν το

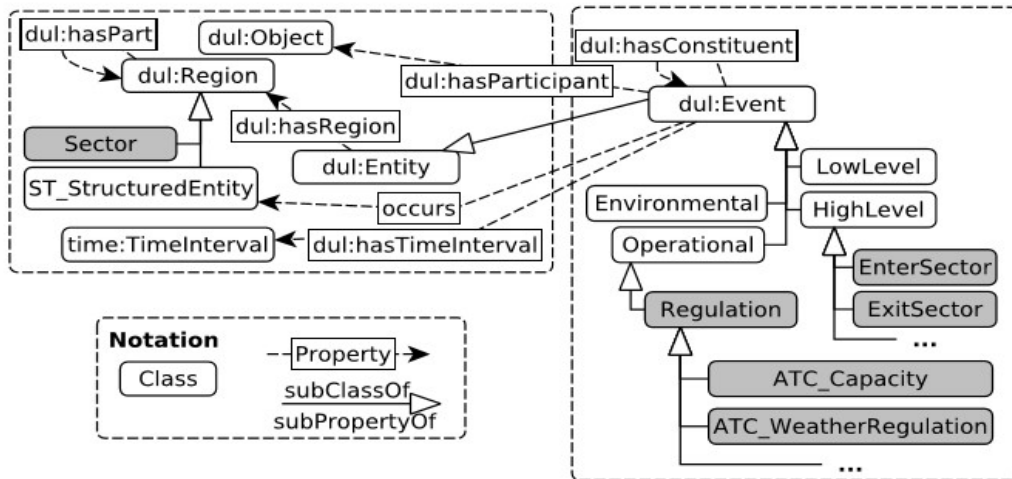
πρώτο και το τελευταίο μέρος κάθε τροχιάς και των τμημάτων της. Για παράδειγμα μία τροχιά μπορεί να περιέχει μία ακολουθία τμημάτων, τα οποία με τη σειρά τους να περιέχουν άλλα τμήματα, κόμβους ή ακατέργαστες θέσεις και ούτω καθεξής. Η ακολουθία των οντοτήτων καθορίζεται χρονικά μέσω της ιδιότητας *dul:precedes*. Οι τροχιές που συνδέονται με την ιδιότητα *dul:precedes* αντιπροσωπεύουν υποακολουθία τροχιών ενός κινούμενου αντικειμένου, διατηρώντας έτσι ένα μεγάλο ιστορικό της κίνησής του (Santipantakis, et al., 2017).

Αυτός ο συνδυασμός των ιδιοτήτων που αναφέρθηκαν παραπάνω βοηθάει στη κοινή χρήση τμημάτων μεταξύ τροχιών χωρίς να υπάρχει πρόβλημα στην επεξεργασία και την παρουσίασή τους. Για παράδειγμα, ένας κόμβος μπορεί να μοιράζεται μεταξύ της προβλεπόμενης και της πραγματικής τροχιάς ενός αεροσκάφους.

Επιπρόσθετες πληροφορίες που σχετίζονται με την τροχιά μπορούμε να παρατηρήσουμε από την Εικόνα.8. Η κάθε τροχιά μπορεί να συσχετιστεί από ότι φαίνεται α) με μία συγκεκριμένη γεωμετρία μέσω της ιδιότητας *dul:hasGeometry* και τη σύνδεσή της με την κλάση *Geometry*, που αντιπροσωπεύει σημεία ή περιοχές εμφάνισης ενός περιστατικού και β) με μια χρονική οντότητα, μέσω της ιδιότητας *dul:TimeInterval*, που καθορίζει το χρονικό διάστημα εμφάνισης του περιστατικού (Santipantakis, et al., 2017).

Οι οντότητες της κλάσης *Geometry* που σχετίζονται με τροχιές μπορούν να σειριοποιηθούν μέσω της γλώσσας σήμανσης κειμένου Well-Known-Text (WKT) και να υποστηριχθούν ως τιμές της ιδιότητας *dul:hasWKT* η οποία αποτελεί *subproperty* της ιδιότητας *geosparql:hasSerialization*. Τέλος μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι τροχιές μπορούν να είναι μέλη των οντοτήτων της κλάσης *TrajectoryCluster* αφού συνδέονται μαζί της με την ιδιότητα *dul:hasMember*.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι τροχιές των αντικειμένων συνδέονται με γεγονότα (events) και με σχετιζόμενη πληροφορία (contextual information). Αυτό παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα.10):



Εικόνα.10:Διάταξη της τροχιάς συνδεδεμένη με γεγονότα (Santipantakis, et al., 2017).

Όπως επίσης φαίνεται, κάθε τροχιά (Trajectory) αλλά και κάθε τμήμα της (TrajectoryPart), καθώς αποτελούν υποκλάσεις της *ST_StructuredEntity*, μπορεί να συσχετιστεί με γεγονότα που αφορούν τη κίνηση του αντικειμένου μέσω της ιδιότητας *occurs*.

Ένα γεγονός μπορεί να συσχετιστεί με άλλα γεγονότα μέσω της ιδιότητας *dul:hasConstituent* ή μέσω της *dul:hasPart*. Αυτή η περίπτωση γεγονότων αποτελεί τη σύνδεση υψηλού επιπέδου γεγονότων με άλλα γεγονότα υψηλού ή χαμηλού επιπέδου αφαίρεσης/πολυπλοκότητας. Επίσης, ένα γεγονός περιλαμβάνει έναν τουλάχιστον συμμετέχοντα, που δηλώνεται μέσω της ιδιότητας *dul:hasParticipant*, και διατηρεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που καθορίζεται από την ιδιότητα *dul:hasTimeInterval* (Santipantakis, et al., 2017).

Η κλάση *dul:Event* χωρίζεται στις παρακάτω κλάσεις:

- *LowLevel*, για τον εντοπισμό του χρειάζονται δεδομένα από μία μόνο τροχιά.
- *HighLevel*, για τον εντοπισμό του χρειάζονται σχετιζόμενα δεδομένα (contextual data) και ίσως δεδομένα από πολλαπλές τροχιές. Για παράδειγμα, το γεγονός *EnterSector* απαιτεί πληροφορίες σχετικά με τους ενεργούς τομείς που σχετίζονται με τροχιές, ενώ το γεγονός *hotsrots* χρειάζεται δεδομένα σχετικά με τους ενεργούς τομείς και πολλαπλές τροχιές.
- *Operational*, στην περίπτωση που εκδίδονται από χειριστές συγκεκριμένου τομέα, επηρεάζουν περιοχές ή ομάδες οντοτήτων για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, ένας κανόνας (*Regulation*) εφαρμόζεται σε έναν τομέα, είναι ενεργός σε αυτόν για ένα χρονικό διάστημα και επηρεάζει έμμεσα όλες τις προβλεπόμενες τροχιές που διασχίζουν τον τομέα. Κάθε τροχιά που επηρεάζεται από έναν κανόνα συνδέεται με την ιδιότητα *affectedBy*.

- *Environmental*, όταν οφείλονται στο περιβάλλον του κινούμενου αντικειμένου, όπως για παράδειγμα οι ακραίες καιρικές συνθήκες.

Η συσχέτιση των γεγονότων με τις τροχιές μας δίνει τη δυνατότητα να συσχετίζουμε πολλαπλά γεγονότα σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης της τροχιάς, σύμφωνα με τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των γεγονότων. Για παράδειγμα ένα γεγονός *turn* (χαμηλού επιπέδου) μπορεί να συμβεί ταυτόχρονα με ένα γεγονός *descend*, άρα και τα δύο γεγονότα θα συσχετιστούν με τον ίδιο σημασιολογικό κόμβο. Επιπλέον ο σημασιολογικός κόμβος αυτός μπορεί να συσχετιστεί με τμήμα τροχιάς το οποίο με τη σειρά του να συνδέεται με γεγονότα τύπου *DescendingPhase* και *CrossingSector* (Santipantakis, et al., 2017).

Οι σχετιζόμενες με τροχιές πληροφορίες, όπως φαίνεται στην Εικόνα.9, αποτελούνται από οποιαδήποτε πληροφορία που σχετίζεται με τις οντότητες του περιβάλλοντος ενός κινούμενου αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένων και άλλων τροχιών, οι οποίες επηρεάζουν την κίνησή του. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι α) στατικές όψεις του περιβάλλοντος όπως αεροδρόμια, εναέρια περιοχές κ.τ.λ., β) δυναμικές, όπως αλλαγή στη διαμόρφωση ενός τομέα κυκλοφορίας και γ) ροής όπως προβλεπόμενες καιρικές συνθήκες.

Για το λόγο του ότι οι “καιρικές συνθήκες” αποτελούν σημαντική πληροφορία για τους τομείς MSA και ATM, όπως φαίνεται στην Εικόνα.9 κάθε τμήμα της τροχιάς μπορεί να συσχετιστεί με οντότητες τύπου *WeatherCondition* η οποία είναι υποκλάση της *ssn:FeatureOfInterest*. Κάθε οντότητα της *ssn:FeatureOfInterest*, άρα και κάθε οντότητα της *WeatherCondition* εκτιμάται ή υπολογίζεται στην πορεία μιας παρατήρησης (Santipantakis, et al., 2017).

Επιπλέον σημαντική πληροφορία αποτελούν και οι “περιοχές” χώρου όπου εξελίσσονται οι τροχιές. Έτσι στην οντολογία οι δομημένες οντότητες συνδέονται με χωρικές περιοχές, οι οποίες αποτελούν οντότητες της κλάσης *dul:Region*, μέσω των ιδιοτήτων *within* και *dul:nearTo* (Santipantakis, et al., 2017).

Η “αναχώρηση” αλλά και ο “προορισμός” επίσης θεωρούνται ως σχετιζόμενες πληροφορίες, που όπως φαίνεται από τη διάταξη, οι τροχιές συνδέονται με τις πληροφορίες αυτές μέσω των ιδιοτήτων *hasDeparture* και *hasDestination*. Η τιμή των ιδιοτήτων αφορούν οντότητες της κλάσης *dul:PhysicalPlace* η οποία μπορεί να διαχωριστεί σε συγκεκριμένες κλάσεις όπως *Airport*, *Heliport* ή *Port* (Santipantakis, et al., 2017).

Με έναυσμα τον ορισμό της σημασιολογικής τροχιάς, δηλαδή ως μια ακολουθία χωροχρονικών θέσεων που σχετίζονται με γεγονότα και πληροφορίες που αφορούν την κίνηση του αντικειμένου, διατυπώσαμε στη διπλωματική αυτή πως ορίζουμε τις σημασιολογικές μαθησιακές τροχιές. Ορίζονται δηλαδή ως χρονικές ακολουθίες ενεργειών του μαθητή οι οποίες σχετίζονται με γεγονότα και πληροφορίες που επηρεάζουν την «κίνηση» του

μαθητή στον (πολυδιάστατο) χώρο της πληροφορίας που αφορά σε ένα γνωστικό πεδίο, έχοντας σημείο εκκίνησης και μαθησιακό στόχο ή στόχους.

Οι πληροφορίες αυτές αντλούνται από τους ορισμούς που έχουν δοθεί από τους ερευνητές στην εκπαίδευση που αναφέρονται στην αρχή του κεφαλαίου και ορίζουν τις μαθησιακές τροχιές. Επίσης αναπτύξαμε την οντολογία για την καταγραφή των μαθησιακών τροχιών που αναλύεται στο τέταρτο κεφάλαιο γνωρίζοντας πως μπορούμε να αποτυπώσουμε και να αναλύσουμε τις τροχιές αντικειμένων χρησιμοποιώντας την οντολογία datAcron.

Κεφάλαιο 3 : Θεωρητικό Υπόβαθρο Σχεδίασης Εκπαιδευτικών Πρακτικών

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται βασικές έννοιες στις οποίες βασίζονται οι εκπαιδευτικές πρακτικές που ακολουθούν οι μαθητές, όπως ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός και τα μοντελα διδασκαλίας. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω κάποιες έννοιες της οντολογίας αναπτύχθηκαν α) με βάση το ότι οι μαθητές ακολουθούν διδακτικά μοντέλα μέσω των πρακτικών και β) με βάση τις έννοιες της προδιαγραφής IMS-LD που περιγράφουν τις ενέργειες των μαθητών κατά τη πρακτική όπως σχεδιάστηκαν από τον εκπαιδευτικό.

Η διδασκαλία διαχωρίζεται σε φυσική, δηλαδή αυτή που συντελείται ασυνείδητα και εκτός σχολείου, και σε συστηματική, δηλαδή αυτή που συντελείται μεθοδικά και οργανωμένα στο σχολείο (Τριλιανός, 2004). Στη συστηματική διδασκαλία θέτονται στόχοι σύμφωνα με τις ανάγκες των μαθητών και χρησιμοποιούνται μεθοδολογικά σχήματα και στρατηγικές για να υλοποιηθεί.

3.1 Η έννοια του εκπαιδευτικού σχεδιασμού

Η έννοια του εκπαιδευτικού σχεδιασμού στη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίζεται με τους όρους educational design ή instructional design. Ο διεθνής οργανισμός Institute Electrical and Electronics Engineers (IEEE, 2001) αναφέρεται στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό ως τη διαδικασία μέσα από την οποία οι εκπαιδευτικοί ή οι ειδικοί του εκπαιδευτικού σχεδιασμού καθορίζουν τις κατάλληλες διδακτικές μεθόδους για συγκεκριμένη ομάδα εκπαιδευόμενων, μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο ώστε να επιτευχθεί από τους εκπαιδευόμενους ένας συγκεκριμένος εκπαιδευτικός σκοπός.

Ακόμα ένας ορισμός για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό έχει αναφερθεί από τον Τριλιανό (1998) όπου ορίζεται ως η συστηματική διδασκαλία όπου παίρνονται αποφάσεις για το περιεχόμενο και τη μορφή της διδακτικής πρακτικής και καθορίζεται σαν μια ακολουθία διδακτικών ενεργειών που θα πρέπει να επιτελεστούν από τους εκπαιδευόμενους κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός δηλαδή αφορά στην ανάλυση των εκπαιδευτικών αναγκών και τη διατύπωση των εκπαιδευτικών στόχων, περιέχει την ανάπτυξη των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και του εκπαιδευτικού περιεχομένου, καθώς και την αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας. Μέσω αυτής της διαδικασίας συνδέονται οι θεωρητικές αρχές για τη μάθηση με τις εκπαιδευτικές πρακτικές (Gros et al., 1997).

3.2 Μοντέλα εκπαιδευτικού σχεδιασμού

Κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας ο εκπαιδευτικός αναζητεί διδακτικά μοντέλα τα οποία αποτελούνται από μία σειρά διδακτικών φάσεων. Οι φάσεις αυτές περιέχουν μία ποικιλία από μαθησιακές δραστηριότητες οι οποίες είναι χρονικά και λογικά οργανωμένες σε ένα διδακτικό σύστημα, καλύπτουν το φάσμα της ωριαίας διδασκαλίας και προσφέρονται για την υλοποίηση των εκπαιδευτικών στόχων της διδασκαλίας (Ματσαγγούρας, 2001). Οι δραστηριότητες επιλέγονται με βάση τη φύση του γνωστικού αντικείμενου , τους διδακτικούς στόχους, τις ανάγκες των εκπαιδευόμενων και το πλαίσιο της διδασκαλίας.

Κάθε μοντέλο διδασκαλίας διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα ως προς το σκοπό που υπηρετεί και το αιτιολογικό της ύπαρξής του (Τριλιανός , 2004). Τέλος δεν είναι όλα τα μοντέλα το ίδιο κατάλληλα για τη διδασκαλία ενός γνωστικού αντικείμενου ή μιας έννοιας και οι εκπαιδευτικοί τα χρησιμοποιούν με διαφορετικό τρόπο στη διδακτική πρακτική.

Οι Joyce, Weil και Calhoun (2000) ταξινόμησαν τα σημαντικότερα διδακτικά μοντέλα σε τέσσερις κατηγορίες με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο, τους σκοπούς που υπηρετούν, τη συμπεριφορά των μαθητών αλλά και των εκπαιδευτικών στο πλαίσιο της διδασκαλίας. Οι τέσσερις κατηγορίες των διδακτικών μοντέλων είναι οι εξής:

- Μοντέλα επεξεργασίας-πληροφοριών (Information-Processing Models)
- Κοινωνικά μοντέλα (Social Models)
- Μοντέλα ανάπτυξης προσωπικοτήτων (Personal Models)
- Μοντέλα συμπεριφοράς (Behavioral Models)

Κάθε κατηγορία εμπεριέχει μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένους σκοπούς από τους εκπαιδευτικούς όπως παρουσιάζονται στο βιβλίο των Joyce, Weil και Calhoun (2000) “Models of Teaching” στους παρακάτω πίνακες:

Μοντέλα επεξεργασίας-πληροφοριών		
Όνομασία	Δημιουργοί	Σκοπός
Επαγωγικής σκέψης	Taba Hilda (1967) Bruce Joyce (2000)	Η ανάπτυξη δεξιοτήτων ταξινόμησης, η δημιουργία και δοκιμή υποθέσεων και η κατανόηση του τρόπου οικοδόμησης της εννοιολογικής κατανόησης του περιεχομένου ενός τομέα.

Επιστημονικής διερεύνησης	Joseph Schwab (1962) κ.ά	Η μάθηση του ερευνητικού συστήματος σε ακαδημαϊκούς τομείς (πως παράγεται και οργανώνεται η γνώση).
Επαγωγική μάθηση γραφής και ανάγνωσης	Emily Calhoun (1999)	Η μάθηση της γραφής και ανάγνωσης, και ότι άλλο αφορά τη γλώσσα.
Κατάκτησης εννοιών	Jerome Bruner (1956), Bruce Joyce (2000)	Η μάθηση εννοιών και μελέτη στρατηγικών για την επίτευξη και εφαρμογή τους, καθώς και η διατύπωση και ο έλεγχος υποθέσεων.
Μοντέλο της συνεκτικής	William Gordon (1961)	Η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, η ανάπτυξη δημιουργικής σκέψης και η απόκτηση νέων ιδεών για ένα θέμα.
Μοντέλο των προ-οργανωτών	David Ausubel (1960) κ.ά.	Η ικανότητα της συγκράτησης και οργάνωσης πληροφοριών, ειδικά κατά τη διαδικασία μάθησης από διαλέξεις και της ανάγνωσης.
Διερευνητικής διδασκαλίας	Richard Suchman (1964)	Η ανάπτυξη της αιτιολογικής σκέψης και κατανόησης του τρόπου συλλογής πληροφοριών, η οικοδόμηση εννοιών και διατύπωσης-ελέγχου υποθέσεων.
Γνωστικής ανάπτυξης	Jean Piaget(1960), Irving Sigel (1969), Constance Kamii (1974), Edmund Sullivan (1967)	Η ενίσχυση της γνωστικής ανάπτυξης και η προσαρμογή της μαθησιακής διαδικασίας προς αυτή τη κατεύθυνση.

Πίνακας.1: Μοντέλα επεξεργασίας-πληροφοριών (Joyce, Weil, & Calhoun, 2000)

Κοινωνικά Μοντέλα		
Ονομασία	Δημιουργοί	Σκοπός
«Συνεργάτες» στη μάθηση	David Johnson & Roger Johnson (1975), Elizabeth Cohen (1986)	Η ανάπτυξη αλληλοεξαρτώμενων στρατηγικών κοινωνικής

		αλληλεπίδρασης. Την κατανόηση των σχέσεων και των συναισθημάτων.
Δομημένης κοινωνικής διερεύνησης	Robert Slavin και συνεργάτες (1990)	Η ακαδημαϊκή διερεύνηση, η κοινωνική και προσωπική ανάπτυξη και οι συνεργατικές στρατηγικές που σχετίζονται με την έρευνα.
Διερεύνηση σε ομάδες	John Dewey (1960) , Herbert Thelen (1981), Shlomo Sharan & Rachel Hertz-Lazarowitz (1980)	Η ανάπτυξη δεξιοτήτων για συμμετοχή σε δημοκρατικές διαδικασίες και παράλληλα η ανάπτυξη προσωπικών, κοινωνικών και ακαδημαϊκών δεξιοτήτων.
Κοινωνικής διερεύνησης	Byron Massalias & Benjamin Cox (1966)	Η επίλυση κοινωνικών προβλημάτων μέσα από συλλογική ακαδημαϊκή μελέτη και λογική σκέψη.
Εργαστηριακής διδασκαλίας	National Training Laboratory (πολλοί ερευνητές)	Η κατανόηση της δυναμικής της ομάδας, η ηγεσία, η κατανόηση των προσωπικοτήτων.
Παιχνίδι ρόλων	Fannie Shaftel & George Shaftel (1982)	Η μελέτη των αξιών και του ρόλου της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και η προσωπική κατανόηση των αξιών και της συμπεριφοράς του ατόμου.
Δικαστικής διερεύνησης	James Shaver & Donald Oliver (1971)	Η ανάλυση πολιτικών θεμάτων με βάση το νομοθετικό πλαίσιο, η συλλογή δεδομένων, η ανάλυση ερωτήσεων , θέσεων και η μελέτη προσωπικών πεποιθήσεων.

Πίνακας.2: Κοινωνικά μοντέλα (Joyce, Weil, & Calhoun, 2000)

Μοντέλα ανάπτυξης προσωπικοτήτων		
Ονομασία	Δημιουργοί	Σκοπός
Μη κατευθυνόμενης διδασκαλίας	Carl Rogers (1982)	Η ανάπτυξη της ικανότητας για προσωπική ανάπτυξη,

		αυτογνωσία, αυτονομία και αυτοπεποίθηση.
Θετικής αυτό-ιδέας	Abraham Maslow (1962)	Η ενίσχυση της προσωπικής κατανόησης και ανάπτυξης.
Ανάπτυξης αυτογνωσίας	Fritz Perls (1968)	Η ανάπτυξη της αυτογνωσίας, της αυτοεκτίμησης, της διαπροσωπικής ευαισθησίας και ενσυναίσθησης.
Σύσκεψης της τάξης	William Glasser (1969)	Η ανάπτυξη της αυτογνωσίας και της ευθύνης για τον εαυτό και τους άλλους.
Εννοιολογικών συστημάτων	David Hunt (1971)	Η ανάπτυξη της προσωπικής πολυπλοκότητας και ευελιξίας στην επεξεργασία πληροφοριών και την αλληλεπίδραση με τους άλλους.

Πίνακας.3: Μοντέλα ανάπτυξης προσωπικότητας (Joyce, Weil, & Calhoun, 2000)

Μοντέλα συμπεριφοράς		
Ονομασία	Δημιουργοί	Σκοπός
Κοινωνικής Μάθησης	Albert Bandura (1971), , Wes Becker (1977)	Η διαχείριση της συμπεριφοράς: νέων προτύπων συμπεριφοράς , μείωση δυσλειτουργικών προτύπων και η εκμάθηση του αυτοέλεγχου.
Σαφών οδηγιών	P. David Pearson & Margaret Gallagher (1983), Gerald Duffy& Laura Roehler (1982) κ.ά.	Η ανάπτυξη της δεξιότητας της στρατηγικής ανάγνωσης.
Κατάκτηση της μάθησης Mastery Learning	Benjamin Bloom (1971), James Block (1971)	Η κατάκτηση κάθε τύπου ακαδημαϊκών γνώσεων και δεξιοτήτων.
Προγραμματισμένης μάθησης	B.F. Skinner (1957)	Η κατάκτηση δεξιοτήτων, εννοιών και πραγματικών πληροφοριών.
Άμεσης διδασκαλίας	Thomas Good & Jere Brophy (1974), Wes Becker	Η κατάκτηση ακαδημαϊκού περιεχομένου και

	& Siegfried Emglemann & Carl Bereiter (1981)	δεξιότητων που καλύπτουν ευρύ φάσμα τομέων.
Προσομοίωσης	Carl Smith & Mary Foltz (1960) κ.ά.	Η κατάκτηση εννοιών και πολύπλοκων δεξιοτήτων που καλύπτουν ευρύ φάσμα τομέων.
Μείωσης του άγχους	David Rinn & John Masters(1974), Joseph Wolpe(1969)	Ο έλεγχος ανατρεπτικών αντιδράσεων , εφαρμογές στη θεραπεία και αυτοθεραπεία για αποφυγή δυσλειτουργικών προτύπων απόκρισης.

Πίνακας.4: Μοντέλα συμπεριφοράς (Joyce, Weil, & Calhoun, 2000)

3.2.1 Το μοντέλο διδασκαλίας κατάκτησης της γνώσης (Mastery Learning)

Το μοντέλο κατάκτησης της γνώσης (Mastery Learning) έχει αποδειχθεί ως επιτυχημένο μοντέλο σε διάφορες περιοχές διδασκαλίας όπως η περιοχή των επιστημών και της τεχνολογίας (Ozden, 2008) , επίσης θεωρείται μία καινοτόμος μέθοδος η οποία παρέχει την ευκαιρία σε όλους τους μαθητές που παρακολουθούν για παράδειγμα ένα μάθημα που αφορά τα μαθηματικά κατακτούν κάθε θεματική του με βάση τον δικό τους ρυθμό (Nazzarilla et al., 2010). Οι Nazzarilla et al.(2010) χρησιμοποιούν το μοντέλο αυτό σε ένα online μάθημα που σχεδίασαν με τίτλο «Διακριτά Μαθηματικά» το οποίο χωρίζεται σε διάφορες ενότητες όπου στην κάθε μία εφαρμόζεται το μοντέλο αυτό. Στη διπλωματική αυτή επιλέχθηκε να αναλυθεί η τροχιά μαθητών που παρακολουθούν ένα online μάθημα, με σκοπό την κατάκτηση της έννοιας των εξισώσεων α' βαθμού, στο οποίο χρησιμοποιείται αυτό το μοντέλο.

Αυτό το μοντέλο διδασκαλίας ορίστηκε από τον B. Bloom (1971) και είναι βασισμένο σε μοντέλο του Carroll (1971). Ο Carroll είχε διατυπώσει το συμπέρασμα ότι το επίπεδο της μάθησης που κατακτιέται είναι συνάρτηση του χρόνου που πραγματικά χρειάζεται για να αποκτηθεί η γνώση και του χρόνου που στην ουσία χρησιμοποιείται. Σύμφωνα με τον Bloom αντί να παρέχουμε τον ίδιο χρόνο σε όλους τους μαθητές θα πρέπει κάθε μαθητής να κινείται με τους δικούς του χρόνους. Έτσι θα υπάρχει ένα σχετικά ίδιο επίπεδο μάθησης από όλους τους μαθητές αλλά σε διαφορετικό χρόνο. Τέλος υποστήριξε ότι όταν παρέχεται επιπλέον χρόνος μπορεί να επιτευχθεί η μάθηση σε ένα επίπεδο 80% συγκριτικά με το 20% που φτάνει τις περισσότερες φορές.

Με αυτό το μοντέλο η διδασκαλία προσαρμόζεται στις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών έχοντας ως βάση ότι όλοι οι μαθητές μπορούν να

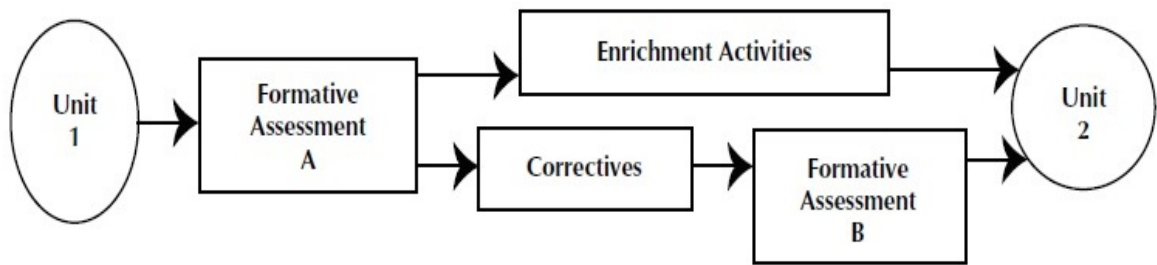
κατακτήσουν το γνωστικό αντικείμενο που πρόκειται να διδαχθούν με την κατάλληλη ενίσχυση και τον απαραίτητο χρόνο μελέτης για τον καθένα ξεχωριστά.

Οι στόχοι της διδασκαλίας καθορίζονται από τον εκπαιδευτικό όπου κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας εφαρμόζονται σε μία λογική σειρά και οι μαθητές προχωρούν στον επόμενο στόχο αφού έχουν κατακτήσει τον παρόντα στόχο σε επίπεδο 80% και άνω. Οι μαθητές οι οποίοι δυσκολεύονται στην κατάκτηση του στόχου μπορούν να φτάσουν στο επίπεδο μάθησης με την κατάλληλη ενισχυτική διδασκαλία και τον απαραίτητο χρόνο μελέτης που χρειάζονται.

Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου του Bloom είναι τα εξής:

- Η κατάκτηση της μάθησης προσδιορίζεται μέσω των εκπαιδευτικών στόχων που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός και ο ίδιος μπορεί να αξιολογήσει έτσι αν έχουν κατακτήσει επαρκώς το γνωστικό αντικείμενο.
- Το περιεχόμενο της μάθησης χωρίζεται σε μικρές ενότητες οι οποίες αντιστοιχούν με έναν συγκεκριμένο στόχο. Οι στόχοι αυτοί οδηγούν στην κατάκτηση του εκπαιδευτικού σκοπού.
- Επιλέγονται από τον εκπαιδευτικό τα μαθησιακά αντικείμενα που θα χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές ώστε να κατακτήσουν τους στόχους.
- Σε κάθε ενότητα ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί διαμορφωτική αξιολόγηση με την οποία παρακολουθεί την πρόοδο του μαθητή και τον βοηθάει στον εντοπισμό ελλειπών κατανόησης ή παρανοήσεων.
- Σε περίπτωση που τα $\frac{3}{4}$ των μαθητών που παρακολουθούν τη μάθηση αποδειχθεί ότι δεν έχουν φτάσει το επίπεδο της μάθησης η διαδικασία της ενισχυτικής διδασκαλίας και η τελική αξιολόγηση επαναλαμβάνονται μέχρι οι περισσότεροι μαθητές κατακτήσουν επαρκώς το επίπεδο αυτό.
- Οι πληροφορίες από κάθε διαμορφωτική αξιολόγηση βοηθάει τον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί την πορεία των μαθητών και τις προόδους τους ώστε να είναι αποτελεσματικός κατά την καθοδήγησή τους.

Όπως έχει αναφερθεί και στην αρχή του κεφαλαίου κάθε μοντέλο εφαρμόζεται από τους εκπαιδευτικούς σε φάσεις. Το μοντέλο Mastery Learning αποτελείται από τις διάφορες φάσεις και σχηματικά μπορούμε να παρατηρήσουμε τη μαθησιακή διαδικασία στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα.11: Μαθησιακή διαδικασία με βάση το μοντέλο Mastery Learning.

Οι φάσεις του μοντέλου Mastery learning είναι οι εξής παρακάτω:

- I. *Προσανατολισμός*: Γνωστοποιούνται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό οι εκπαιδευτικοί στόχοι του μαθήματος και ο βαθμός του επιθυμητού επιπέδου επίτευξης της μάθησης.
- II. *Αρχική διδασκαλία*: Παρουσιάζονται οι έννοιες στους μαθητές με διάφορα μαθησιακά αντικείμενα και διδακτικές στρατηγικές.
- III. *Διαμορφωτική αξιολόγηση*: Οι μαθητές σε αυτή τη φάση αξιολογούνται για το αν έχουν κατακτήσει τον προκαθορισμένο στόχο. Όσοι μαθητές πετύχουν τον στόχο αναλαμβάνουν έπειτα δραστηριότητες εμπάθυνσης ή βοηθούν τους συμμαθητές του που δεν πέτυχαν το αποδεκτό επίπεδο μάθησης. Αυτή η διαδικασία παρουσιάζεται και στην Εικόνα.11 όπου η διαμορφωτική αξιολόγηση συνδέεται με τις δραστηριότητες εμπάθυνσης (enrichment activities).
- IV. *Διορθωτική/ Ενισχυτική διδασκαλία*: Οι μαθητές οι οποίοι είχαν επίδοση στη διαμορφωτική αξιολόγηση κάτω από 80% ακολουθούν διαφορετικά μαθησιακά αντικείμενα από αυτά της αρχικής διδασκαλίας αναλόγως με τις παρανοήσεις ή την έλλειψη κατανόησης του περιεχομένου της ενότητας. Όταν ολοκληρωθεί η διορθωτική διδασκαλία είτε προχωρούν πάλι σε μια ακόμα είτε προχωρούν στην επόμενη ενότητα του μαθήματος.
- V. *Τελική αξιολόγηση* : Αξιολογούνται οι γνώσεις που κατέκτησαν οι μαθητές.

3.2 Προδιαγραφή σχεδίασης εκπαιδευτικών πρακτικών IMS-LD

Όσον αφορά τα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα χρησιμοποιείται η προδιαγραφή IMS Learning Design (IMS-LD) για να υποστηριχθεί η χρήση παιδαγωγικών μεθόδων στην ηλεκτρονική μάθηση, δηλαδή έχει σχεδιαστεί με

σκοπό να αποτυπώνει τις παιδαγωγικές μεθόδους. Έτσι για την ανάπτυξη της οντολογίας λάβαμε υπόψιν τις έννοιες της προδιαγραφής που αφορούν τις ενέργειες των μαθητών οι οποίες αποτυπώνονται στις εκπαιδευτικές πρακτικές.

Η προδιαγραφή σχεδίασης είναι μια γλώσσα εκπαιδευτικού σχεδιασμού η οποία περιγράφει τη διαδικασία της μάθησης. Μέσω αυτής μπορεί ο σχεδιαστής να μοντελοποιεί ποιος κάνει τι, με τι περιεχόμενο, με ποιες υπηρεσίες και πότε, με σκοπό να κατακτήσει εκπαιδευτικούς στόχους.

Με την προδιαγραφή αυτή μπορεί να σχεδιαστούν οι διαδικασίες της μάθησης έτσι ώστε να περιέχουν ρόλους οι οποίοι υιοθετούνται από διάφορους ανθρώπους, όπως μαθητές, εκπαιδευτικούς, κτλ. Υποστηρίζει την ομαδο-συνεργατική μάθηση όπου όλο και περισσότερο αναγνωρίζεται στον εκπαιδευτικό τομέα (Tattersall et al., 2003) και οι δραστηριότητες της μάθησης μπορούν να οριστούν σε συντονισμένες «μαθησιακές ροές ενεργειών». Επίσης, σύμφωνα με τον Koper (2006) η προδιαγραφή IMS-LD σκοπό έχει την αναπαράσταση εκπαιδευτικών πρακτικών με σημασιολογικό, επίσημο και ερμηνεύσιμο από τις μηχανές τρόπο.

Η IMS-LD είναι με ποικίλους τρόπους συμβατή με την ιδέα του εκπαιδευτικού σχεδιασμού και αυτό γιατί είναι επικεντρωμένη στο ότι οι εκπαιδευόμενοι εκτελούν δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της μάθησης. Παρέχεται ως μέσο περιγραφής δραστηριοτήτων οι οποίες είναι ενορχηστρωμένες σε μια μαθησιακή ροή, μπορεί να συλλάβει πολλά παιδαγωγικά μοντέλα και παρέχεται ως μέσο για το διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση προτύπων εκπαιδευτικών πρακτικών (Britain, 2007).

Σύμφωνα με τον Koper (2006) αναπτύχθηκε ώστε να πληροί τις παρακάτω απαιτήσεις:

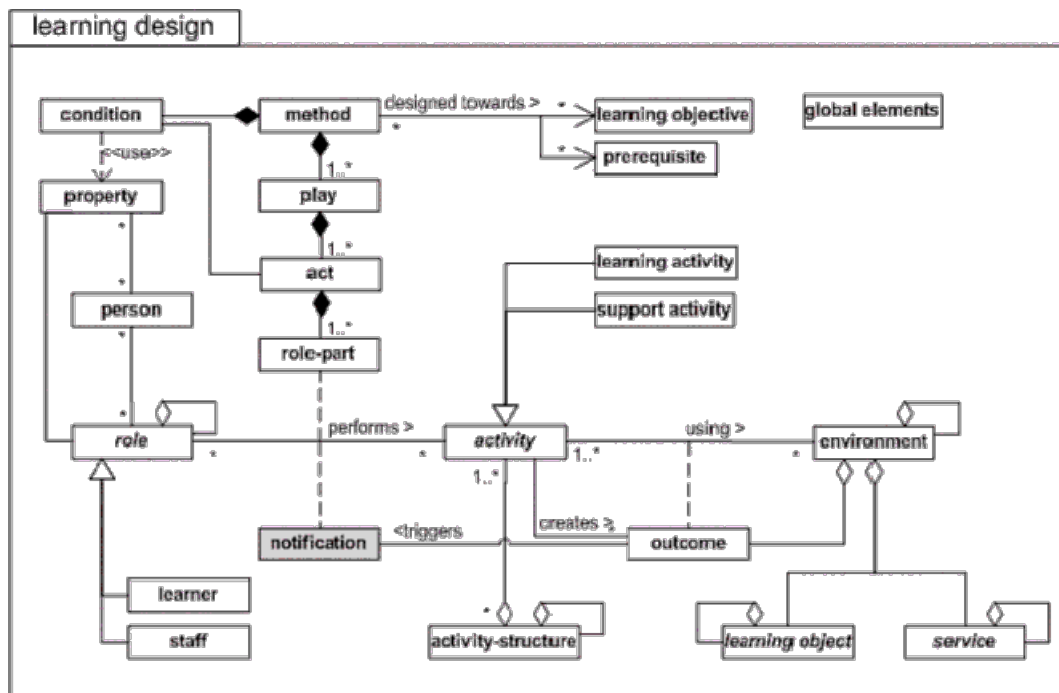
- *Πληρότητα*: πρέπει να περιγράφει ολοκληρωμένα τη διαδικασία μάθησης μέσα σε μία μονάδα μάθησης και να περιλαμβάνει αναφορές σε ψηφιακά ή μη μαθησιακά αντικείμενα και υπηρεσίες που είναι απαραίτητα κατά τη διαδικασία αυτή. Έτσι απαιτείται η ενσωμάτωση δραστηριοτήτων που εκτελούν οι εκπαιδευόμενοι και το προσωπικό, των μαθησιακών αντικειμένων ή υπηρεσιών επικοινωνίας και συνεργασίας που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία μάθησης, η υποστήριξη είτε ατομικών μοντέλων μάθησης είτε μοντέλων πολλαπλών χρηστών και η υποστήριξη μεικτής ή καθαρά διαδικτυακής μάθησης.
- *Παιδαγωγική εκφραστικότητα*: πρέπει να εκφράζει την παιδαγωγική λειτουργικότητα και σημασία των δεδομένων στο πλαίσιο της πρακτικής που περιγράφεται.
- *Εξατομίκευση*: θα πρέπει να μπορεί να περιγράφει εξατομικευμένο περιεχόμενο και δραστηριότητες ανάλογα με τις εκπαιδευτικές ανάγκες των χρηστών, όπως για παράδειγμα τις προτιμήσεις και τις προηγούμενες γνώσεις τους. Επίσης θα

πρέπει να παρέχεται στον σχεδιαστή η δυνατότητα όταν είναι αναγκαίο να ελέγχει τη διαδικασία προσαρμογής στον εκπαιδευόμενο.

- *Συμβατότητα*: να επιτρέπεται στις εκπαιδευτικές πρακτικές η χρήση άλλων διαθέσιμων προτύπων.
- *Επαναχρησιμοποίηση*: να μπορεί να αναγνωρίζει, να εντοπίζει, να απομονώνει και να επαναχρησιμοποιεί μαθησιακά αντικείμενα αλλά και συνολικά τον σχεδιασμό.
- *Τυποποίηση*: να δημιουργεί τυποποιημένα αρχεία τα οποία θα μπορούν να είναι άμεσα επεξεργάσιμα.
- *Επαναληψιμότητα*: να μπορεί ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός να περιγράφεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επαναλαμβάνεται και σε άλλα περιβάλλοντα και από διαφορετικούς χρήστες.

3.2.1 Εννοιολογική δομή της προδιαγραφής IMS-LD

Η προδιαγραφή σχεδίασης IMS-LD αποτελείται από μία οντολογία που παρουσιάζει το εννοιολογικό μοντέλο περιγραφής της διαδικασίας μάθησης και εκφράζεται ως UMLmodel. Η οντολογία αυτή παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα.12: Εννοιολογικό μοντέλο προδιαγραφής IMS-LD (Koper, 2006)

Παρατηρώντας την οντολογία μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι στην προδιαγραφή αυτή οι εκπαιδευόμενοι εκτελούν μία σειρά από ενέργειες χρησιμοποιώντας μαθησιακά αντικείμενα και υπηρεσίες, ώστε να πετύχουν εκπαιδευτικούς στόχους. Επίσης, συνέπεια της εκτέλεσης δραστηριοτήτων είναι η παραγωγή αποτελεσμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες δραστηριότητες μάθησης. Εκπαιδευτικοί, άλλα μέλη προσωπικού και συμμαθητές μπορούν να εκτελούν δραστηριότητες υποστήριξης ώστε να βοηθήσουν διάφορους εκπαιδευόμενους όταν το χρειάζονται. Τέλος ο σχεδιασμός μπορεί να είναι είτε στατικός είτε προσαρμοστικός αναλόγως με τις ανάγκες των εκπαιδευομένων.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το εννοιολογικό μοντέλο της IMS-LD (Εικόνα.12) η μαθησιακή διαδικασία και η διδασκαλία θεωρούνται ως ένα θεατρικό έργο το οποίο περιέχει μια σειρά δραστηριοτήτων και κάθε μία από αυτή συνοδεύεται από ρόλους και πόρους.

Τα στοιχεία που αποτελούν την προδιαγραφή διακρίνονται σε συστατικά στοιχεία και στη μέθοδο. Τα συστατικά στοιχεία αποτελούν τα στοιχεία του εκπαιδευτικού σχεδιασμού και η μέθοδος είναι το στοιχείο που συνδυάζει τα παραπάνω για τη δημιουργία μιας ακολουθίας εκπαιδευτικού σχεδιασμού.

Τα συστατικά στοιχεία της προδιαγραφής είναι τα παρακάτω:

- *Εκπαιδευτική δραστηριότητα (Activity)*: στην οντότητα αυτή εκφράζονται οι δραστηριότητες που εκτελούν εκπαιδευόμενοι και προσωπικό κατά τη διάρκεια της μάθησης.
Διακρίνονται σε μαθησιακές δραστηριότητες (Learning activities) και σε δραστηριότητες υποστήριξης (Support activities). Μια μαθησιακή δραστηριότητα εκτελείται από έναν ή περισσότερους εκπαιδευόμενους και δραστηριότητα υποστήριξης θεωρείται η δραστηριότητα που δεν ικανοποιεί μαθησιακούς στόχους (learning objectives) , εκτελείται από τους εκπαιδευτικούς ή τους εκπαιδευόμενους και υποστηρίζει τη διεκπεραίωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων (Learning activities). Επίσης μπορεί να αποτελούν σύνολα ή δομές δραστηριοτήτων (activity-structure) οι οποίες μπορεί να αποτελούνται από δραστηριότητες που θα πρέπει να εκτελεστούν από τον εκπαιδευόμενο υποχρεωτικά με τη σειρά (Sequence structure) ή από δραστηριότητες που παρουσιάζονται στον εκπαιδευόμενο και επιλέγει ο ίδιος την σειρά και ποιες από αυτές θέλει να εκτελέσει (Selection structure).
- *Ρόλος (Role)*: εδώ εκφράζεται η λειτουργία ενός ατόμου ή μίας ομάδας στη ροή του εκπαιδευτικού σχεδιασμού. Ένας ρόλος θα μπορούσε να είναι ο «μέλος ομάδας» για κάποιους εκπαιδευόμενους.
- *Εκπαιδευτικό περιβάλλον (Environment)*: η οντότητα αυτή περιέχει είτε εκπαιδευτικά αντικείμενα είτε υπηρεσίες. Παραδείγματα εκπαιδευτικών αντικειμένων μπορεί να είναι άρθρα , βιβλία , video κ.ά., ενώ υπηρεσιών μπορεί να είναι ένα chatservice, μία υπηρεσία email κ.ά.

3.2.2 Τα επίπεδα της προδιαγραφής IMS-LD

Τα επίπεδα στα οποία μπορεί να υλοποιηθεί η προδιαγραφή IMS-LD είναι τρία και περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο τα στοιχεία της προδιαγραφής έχουν κτιστεί το ένα πάνω στο άλλο. Σύμφωνα με τους Olivier και Tattersall (2005) το πρώτο επίπεδο προσφέρει το ελάχιστο επίπεδο δυνατοτήτων και ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της προδιαγραφής. Επίσης αναφέρουν ότι το επίπεδο A δεν εξαρτάται από το επίπεδο B αλλά το Β εξαρτάται και επεκτείνεται από το A. Το ίδιο ισχύει και για το επίπεδο C , δηλαδή εξαρτάται και επεκτείνεται από τα δύο πρώτα επίπεδα, αλλά τα επίπεδα A, B δεν εξαρτώνται από αυτό. Συγκεκριμένα:

- *Επίπεδο A:* αποτελεί το βασικό επίπεδο της προδιαγραφής και περιέχει από τους εκπαιδευόμενους, το προσωπικό, τις δραστηριότητες, τους πόρους, συνδυάζοντάς αυτά μέσω μεθόδων και εμπλεκόμενων ρόλων. Παρουσιάζει τη σειρά εκτέλεσης των δραστηριοτήτων του προσωπικού και των εκπαιδευομένων χρησιμοποιώντας μαθησιακά αντικείμενα και υπηρεσίες.
- *Επίπεδο B:* Με αυτό το επίπεδο επιτυγχάνεται αναλυτικός έλεγχος μέσα από την χρήση προϋποθέσεων (*condition*) και ιδιοτήτων (*property*). Αυτά παρουσιάζονται στο εννοιολογικό μοντέλο ως *condition* και *property*. Οι ιδιότητες χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν πληροφορίες για έναν εκπαιδευόμενο, όπως για παράδειγμα οι εκπαιδευτικές του προτιμήσεις, ενώ οι συνθήκες επηρεάζουν την εκπαιδευτική ροή των δραστηριοτήτων και της διδασκαλίας σύμφωνα με προτιμήσεις και διάφορα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος.
- *Επίπεδο C :* το επίπεδο αυτό παρέχει πολύπλοκες ροές ενεργειών μέσω ειδοποιήσεων, οι οποίες ενημερώνουν για νέες δραστηριότητες αυτόματα κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Παρέχεται έτσι αυτοματοποίηση της ροής των ενεργειών που εκτελούνται ύστερα από την ολοκλήρωση άλλων ενεργειών, όχι όμως όπως είχαν σχεδιαστεί αρχικά.

Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Οντολογίας Σημασιολογικών Μαθησιακών Τροχιών

Με την οντολογία που σχεδιάστηκε στη διπλωματική γίνεται προσπάθεια ανάλυσης και περιγραφής των πραγματικών μαθησιακών τροχιών (actual learning trajectories) των μαθητών κατά τη διαδικασία της μάθησης σε διάφορα επίπεδα. Παρέχεται δηλαδή μια εικόνα των των ενεργειών του μαθητή ως χρονικές ακολουθίες από σημασιολογικές τροχιές.

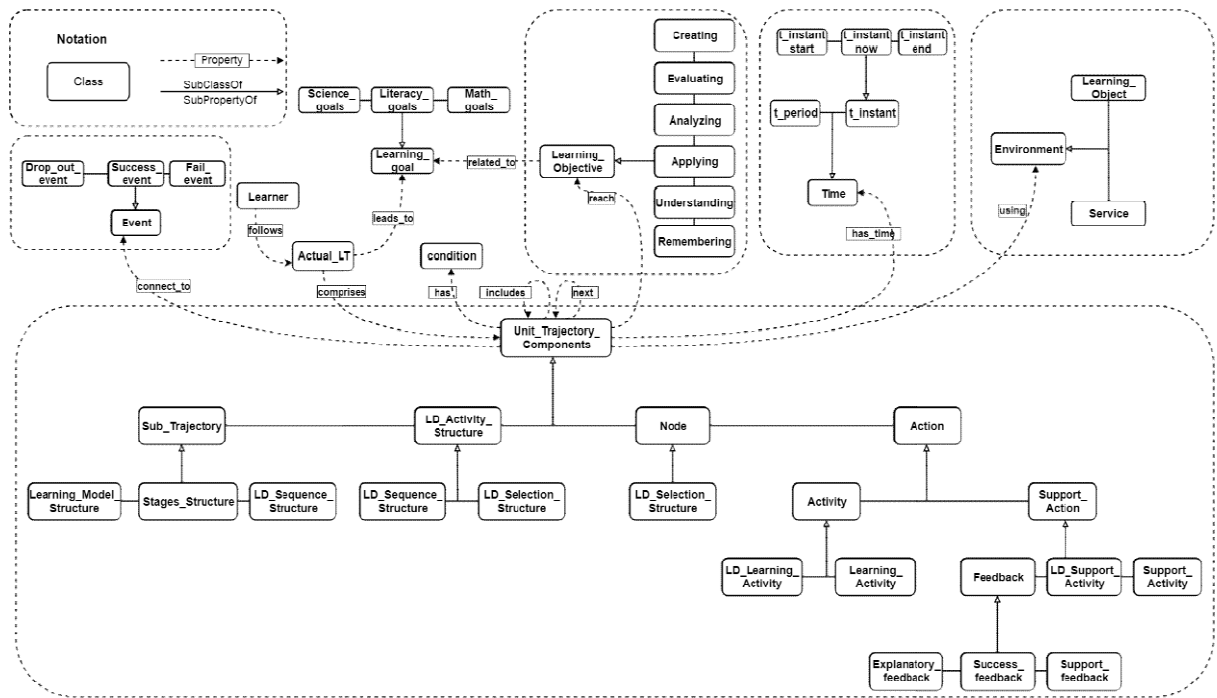
Επηρεασμένοι από τους ορισμούς που έχουν δοθεί από τους ερευνητές για τη μαθησιακή τροχιά, τον ορισμό της σημασιολογικής τροχιάς, την οντολογία *dataAcron* που περιγράφει σημασιολογικές τροχιές αντικειμένων και τέλος την εννοιολογική περιγραφή του προτύπου IMS-LD δημιουργήσαμε το βασικό λεξιλόγιο και τη δομή της οντολογίας που μπορεί να αναλύσει οπτικά τις πραγματικές μαθησιακές τροχιές.

Μέσω της οντολογίας μπορεί να πραγματοποιηθεί δηλαδή καταγραφή της «κίνησης» του μαθητή κατά τη μαθησιακή διαδικασία, αποτελώντας έτσι ένα γενικό εννοιολογικό πλαίσιο το οποίο αναπαριστά μαθησιακές τροχιές. Οι εννοιολογικές πληροφορίες σχετίζονται με την πραγματική τροχιά του μαθητή, δηλαδή την κίνησή του σε ένα πεδίο της εκπαίδευσης (πχ. Μαθηματικά) κατά τη διδασκαλία ενός μαθήματος ή την κίνησή του στο πεδίο κατά τη διάρκεια μιας σχολικής χρονιάς ή την κίνησή του στο πεδίο αυτό από βαθμίδα σε βαθμίδα.

4.1 Βασικό λεξιλόγιο και δομή της οντολογίας

Η οντολογία έχει αναπτυχθεί σε δύο επίπεδα όπου το πρώτο περιλαμβάνει το βασικό λεξιλόγιο και τη δομή της, ενώ το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει περαιτέρω ανάπτυξη της οντολογίας με βάση την αξιοποίησή της σε συγκεκριμένο σενάριο διδασκαλίας που αναπτύχθηκε στη διπλωματική.

Το βασικό λεξιλόγιο και η δομή της (πρώτο επίπεδο) παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα.13: Βασικές έννοιες της οντολογίας και οι σχέσεις τους.

Οι πραγματικές τροχιές παρουσιάζονται μέσω της κλάσης **Actual_LT** και μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορα συστατικά στοιχεία που τις σχηματίζουν, τα οποία περιέχονται στην κλάση **Unit_Trajectory_Components**. Τα στοιχεία που μπορεί να περιλαμβάνει μια τροχιά είναι υποτροχιές (**Sub_Trajectory**), κόμβοι (**Node**), ενέργειες (**Action**) ή δομές δραστηριοτήτων που έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό και που εκτελεί ο μαθητής κατά τη μαθησιακή διαδικασία (**LD_Activity_Structure**).

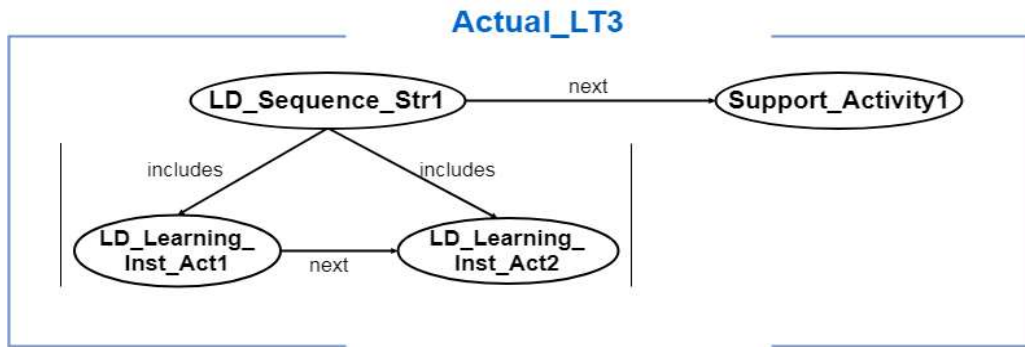
Τα συστατικά στοιχεία που δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη την έννοια των σημασιολογικών τροχιών και τη βασική διάταξη και τη δομή της οντολογίας datAcron είναι τα παρακάτω:

- **Sub_Trajectory**, όπου χρησιμοποιείται για να περιγράψει οντότητες που αφορούν υποτροχιές οι οποίες αποτελούνται από ενέργειες που εκτελεί ο μαθητής με χρονική ακολουθία πάντα και χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη συμπεριφορά (μέσο, σκοπό, διάρκεια κλπ).
- **Node**, όπου η έννοια του κόμβου στη datAcron χρησιμοποιείται για να περιγράψει οντότητες που δηλώνουν τη θέση ενός αντικειμένου μία χρονική περίοδο, έτσι και εδώ χρησιμοποιείται για να περιγράψει οντότητες που αφορούν ενέργειες (ως σύνολο) που εκτελεί ο μαθητής μία χρονική περίοδο χωρίς να μας ενδιαφέρει η χρονική ακολουθία των επιμέρους ενεργειών.
- **Action**, όπου ορίζεται η ενέργεια του μαθητή μια χρονική στιγμή. Στις σημασιολογικές τροχιές ονομάζεται θέση και ορίζεται χωροχρονικά.

Ενέργεια (Action) ενός μαθητή θεωρείται α) μια δραστηριότητα (Activity) η οποία μπορεί να είναι προσχεδιασμένη από τον εκπαιδευτικό στον σχεδιασμό του μαθήματος (LD_Learning_Activity) ή κάποια που προτείνεται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και εκτελεί ο μαθητής χωρίς να είχε σχεδιαστεί αρχικά από τον εκπαιδευτικό (Learning_Activity) ή β) κάποια υποστηρικτική ενέργεια (Support_Action) που εκτελεί ο μαθητής όπως για παράδειγμα να διαβάζει μια ανατροφοδότηση (Feedback), η αποστολή ενός email (Support_Activity) ή να συμμετέχει σε συζήτηση που έχει σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά τον σχεδιασμό του μαθήματος (LD_Support_Activity). Οι έννοιες LD_Learning_Activity και LD_Support_Activity έχουν οριστεί όπως ορίζονται στο πρότυπο IMS-LD οι έννοιες εκπαιδευτική δραστηριότητα (Learning_Activity) και υποστηρικτική δραστηριότητα (Support_Activity) που αναπτύχθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο.

Το συστατικό στοιχείο *LD_Activity_Structure* έχει δημιουργηθεί με βάση την εννοιολογική περιγραφή του προτύπου IMS-LD και περιέχει δύο διαφορετικές δομές δραστηριοτήτων που εκτελεί ο μαθητής: α) την *LD_Sequence_Structure*, δηλαδή δραστηριότητες σχεδιασμένες από τον εκπαιδευτικό που εκτελεί ο μαθητής υποχρεωτικά με τη σειρά και β) την *LD_Selection_Structure*, δηλαδή δραστηριότητες σχεδιασμένες από τον εκπαιδευτικό όπου δίνεται η ελευθερία στον μαθητή να επιλέξει ποιες θα εκτελέσει. Οι δομές αυτές ορίστηκαν όπως και στο πρότυπο IMS-LD δηλαδή αποτελούνται μόνο από δραστηριότητες *LD_Learning_Activity* ή *LD_Support_Activity*. Τέλος η δομή *LD_Sequence_Structure* θεωρείται υποτροχιά (*Sub_Trajectory*) επειδή οι δραστηριότητες έχουν συγκεκριμένη ακολουθία και η δομή *LD_Selection_Structure* θεωρείται κόμβος (*Node*) γιατί δε μας ενδιαφέρει η ακολουθία των δραστηριοτήτων που εκτέλεσε ο μαθητής.

Άρα κάθε συστατικό στοιχείο μπορεί να περιέχει το άλλο και αυτό διασφαλίζεται με την ιδιότητα *includes*. Για παράδειγμα μία τροχιά ενός μαθητή (*Actual_LT*) μπορεί να αποτελείται α) από μία υποτροχιά δραστηριοτήτων *LD_Sequence_Structure* η οποία αποτελείται από δραστηριότητες διδασκαλίας *LD_Learning_Instruction_Activity* που έχει σχεδιάσει ο εκπαιδευτικός και β) από μία υποστηρικτική δραστηριότητα *Support_Activity* (αποστολή email με απορίες στον εκπαιδευτικό) που εκτέλεσε ο μαθητής μετά τις δραστηριότητες διδασκαλίας. Η ακολουθία των δύο αυτών στοιχείων ορίζεται με την ιδιότητα *next*. Άρα η τροχιά αυτή μπορεί να παρουσιαστεί ως εξής:



Εικόνα.14: Παράδειγμα τροχιάς που αποτελείται από μια Sub_Trajectory και ένα Action.

Περιγράφοντας την οντολογία *datAcron* και τη διάταξή της αναφέραμε ότι η τροχιά των αντικειμένων συνδέονται με γεγονότα και πληροφορίες που επηρεάζουν την κίνηση του αντικειμένου, έτσι και στην οντολογία που αναπτύξαμε συνδέουμε κάθε στοιχείο της τροχιάς με γεγονότα και πληροφορίες που επηρεάζουν τη μαθησιακή διαδικασία του μαθητή.

Συνδέσαμε δηλαδή τα στοιχεία της τροχιάς με την κλάση **Event**, για να συνδεθούν τμήματα της τροχιάς με γεγονότα που επηρεάζουν την «κίνηση» του μαθητή όπως για παράδειγμα ένα *fail event* που μπορεί να αφορά αποτυχία σε κάποια ενέργεια του μαθητή κατά τη μαθησιακή διαδικασία.

Επίσης για να συνδέσουμε τη τροχιά και τα στοιχεία της με πληροφορίες που επηρεάζουν τη κίνηση του μαθητή λάβαμε υπόψιν τους ορισμούς για τις μαθησιακές τροχιάς και συγκεκριμένα ότι:

- i. καταλήγουν σε ένα εκπαιδευτικό στόχο (*learning goal*). Έτσι συνδέσαμε τη τροχιά του μαθητή (*Actual_LT*) με τον εκπαιδευτικό στόχο (*Learning_goal*) με την ιδιότητα *leads_to*.
- ii. ότι αποτελούνται από επίπεδα συλλογισμού στα οποία περιέχονται βασικές έννοιες (*concepts*) και κατακτιούνται οι ενδιάμεσοι στόχοι (*learning objectives*) μέσα από κατάλληλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Στην οντολογία τα επίπεδα συλλογισμού αποτυπώνονται από το στοιχείο *Sub_Trajectory* δηλαδή είναι υποτροχιάς που αποτελούνται από τις ενέργειες του μαθητή στο εκάστοτε επίπεδο συλλογισμού. Επίσης τα στοιχεία της τροχιάς συνδέονται α) με ενδιάμεσους στόχους (**Learning Objectives**) με την ιδιότητα *reach* και β) με τις έννοιες με την ιδιότητα *introducing_concepts*. Τέλος οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες όπως αναφέραμε και πιο πάνω αποτελούν ενέργειες (*Action*) του μαθητή και είναι ένα από τα στοιχεία της τροχιάς.

Για να μπορέσει να οριστεί η χρονική στιγμή που εκτελείται μία ενέργεια του μαθητή ή η χρονική περίοδος που χρειάστηκε για να εκτελεσθεί η τροχιά ή κάποιο τμήμα της, συνδέσαμε τα στοιχεία με τον χρόνο (**Time**) μέσω της ιδιότητας *has_time* και χωρίσαμε έτσι τον χρόνο σε δύο υποκλάσεις, αυτή που αφορά χρονική στιγμή (**t_instant**) και αυτή που αφορά χρονική περίοδο (**t_period**).

Επιπρόσθετα, όπως παρουσιάζεται και στο πρότυπο IMS-LD, κάθε δραστηριότητα χρησιμοποιεί ένα περιβάλλον (environment) δηλαδή ένα μαθησιακό πόρο (learning object) ή μια υπηρεσία (service). Οπότε για να προσθέσουμε αυτές τις πληροφορίες στην τροχιά, δηλαδή να αποτυπώνονται οι μαθησιακοί πόροι που χρησιμοποίησε ο μαθητής, συνδέσαμε τα στοιχεία της τροχιάς με την κλάση **Environment** η οποία αποτελείται από την υποκλάση **Learning_Object** που περιέχει τους μαθησιακούς πόρους και την κλάση **Service** που περιέχει υπηρεσίες.

Τέλος, όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 3, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί κατά το σχεδιασμό του μαθήματος κάποιο διδακτικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από φάσεις που ακολουθεί ο μαθητής. Στην οντολογία, η ακολουθία των ενεργειών του μαθητή που ακολουθεί ένα διδακτικό μοντέλο καταγράφεται ως υποτροχιά (*Sub_Trajectory*) και συγκεκριμένα αποτελεί οντότητα της κλάσης **Learning_Model_Structure**, επίσης η ακολουθία των ενεργειών του μαθητή σε οποιαδήποτε φάση του μοντέλου καταγράφεται και αυτή ως υποτροχιά και αποτελεί οντότητα της κλάσης **Stages_Structure**.

4.2 Διάταξη των σημασιολογικών μαθησιακών τροχιών

Η γενική διάταξη των σημασιολογικών μαθησιακών τροχιών παρουσιάζεται στην Εικόνα.13 όπου οι κύριες έννοιες της οντολογίας που αναφέρθηκαν παραπάνω αποτελούν τη πραγματική μαθησιακή τροχιά και τα στοιχεία που την αποτελούν.

Αναλύοντας τη διάταξη και τη δομή των κλάσεων της οντολογίας παρατηρούμε τα εξής:

- *Actual_LT* (πραγματική μαθησιακή τροχιά), στην κλάση όπως αναφέρθηκε εμπεριέχονται οι πραγματικές τροχιές του μαθητή αποτελούμενες από διάφορα συστατικά στοιχεία τα οποία έχουν μια χρονική ακολουθία.
- *Unit_Trajectory_Components* (συστατικά στοιχεία της τροχιάς), στη συγκεκριμένη κλάση περιέχονται όλα εκείνα τα στοιχεία που αποτελούν τη μαθησιακή τροχιά του μαθητή, τα οποία έχουν αναλυθεί στις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *Sub_Trajectory*, περιλαμβάνεται κάθε τμηματοποίηση της τροχιάς του μαθητή. Κάθε υποτροχιά μπορεί να αποτελείται από οποιαδήποτε ενέργεια ή δομή ενεργειών του μαθητή που εκτελούνται πάντα με χρονική ακολουθία. Οι υποτροχιές μπορούν να χωριστούν με τη σειρά τους στις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *Learning_Model_Structure*, στην συγκεκριμένη κλάση εμπεριέχονται οι υποτροχιές του μαθητή που ακολουθήθηκαν με βάση τα μαθησιακά μοντέλα που

ακολούθησε τη χρονική περίοδο που θέλουμε να καταγράψουμε. Για παράδειγμα μία οντότητα που μπορεί να περιέχεται σε αυτή τη κλάση είναι μια υποτροχιά ενός μαθητή με βάση τα μαθησιακά μοντέλα που ακολούθησε σε μια σχολική χρονιά για ένα συγκεκριμένο πεδίο μάθησης.

- *Stages_Structure*, οι υποτροχιές που περιέχονται σε αυτή τη κλάση αποτελούνται από όλες εκείνες τις ενέργειες που εκτελούνται από τον μαθητή κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε φάσης ενός διδακτικού μοντέλου.
 - *LD_Sequence_Structure*, στην κλάση αυτή εμπεριέχονται τροχιές που αποτελούνται από προσχεδιασμένες δομές δραστηριοτήτων που έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό και εκτελούνται από τον μαθητή υποχρεωτικά με τη σειρά που του παρουσιάζονται κατά τη διαδικασία της μάθησης.
- *Node*, στη συγκεκριμένη κλάση εμπεριέχονται κόμβοι δραστηριοτήτων και ενεργειών του μαθητή οι οποίες έχουν εκτελεστεί χωρίς συγκεκριμένη ακολουθία και δεν χρειάζεται να καταγράφονται στην τροχιά ως μεμονωμένα στοιχεία, λόγω του ότι δεν είναι απαραίτητη η λεπτομερής καταγραφή τους με ακολουθία κατά την ανάλυση της τροχιάς. Για παράδειγμα, ένας τέτοιος κόμβος μπορεί να αποτελείται από ένα πλήθος ενεργειών του μαθητή όπως η αναζήτηση και μελέτη πληροφορίας, ανταλλαγή συνόλου μηνυμάτων email, η καταγραφή πληροφοριών κτλ. Από τη δομή της οντολογίας μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η κλάση αυτή περιέχει μια υποκλάση την:
- *LD_Selection_Structure*, στην κλάση αυτή περιέχονται δομές δραστηριοτήτων οι οποίες έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό αλλά έχουν εκτελεστεί από τον μαθητή με επιλογή του μέσα από μια λίστα που του προτείνεται.
- *LD_Activity_Structure*, στη συγκεκριμένη κλάση εμπεριέχονται όλες οι δομές δραστηριοτήτων που ακολουθεί ο μαθητής και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό. Έτσι όπως φαίνεται και από τη δομή της οντολογίας μπορεί να χωριστεί στις υποκλάσεις:
- *LD_Sequence_Structure* (αποτελεί και υποκλάση της *Sub_Trajectory* και έχει αναλυθεί παραπάνω).
 - *LD_Selection_Structure* (αποτελεί και υποκλάση της *Node* και έχει αναλυθεί παραπάνω).
- *Action*, σε αυτή τη κλάση περιλαμβάνεται κάθε ενέργεια που εκτελείται από τον μαθητή. Με βάση τη δομή της οντολογίας

μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι διαχωρίζεται στις παρακάτω υποκλάσεις:

- *Activity*, εδώ περιλαμβάνονται όλες οι οντότητες που αφορούν δραστηριότητες που εκτελεί ο μαθητής κατά τη διαδικασία της μάθησης. Η κλάση αυτή μπορεί να διαχωριστεί στις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *Learning_Activity*, στην κλάση αυτή περιέχονται οντότητες που αφορούν δραστηριότητες που έχουν εκτελεστεί από τον μαθητή για να κατακτήσει μια έννοια αλλά δεν έχουν προσχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό.
 - *LD_Learning_Activity*, εδώ περιέχονται οντότητες που αφορούν δραστηριότητες που έχουν εκτελεστεί από το μαθητή και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά τον σχεδιασμό του μαθήματος. Τέτοιες οντότητες δημιουργούν τις δομές δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει η κλάση *LD_Activity_Structure*.
- *Support_Action*, η κλάση αυτή περιλαμβάνει οντότητες που αφορούν υποστηρικτικές ενέργειες που εκτελούνται από το μαθητή. Όπως παρουσιάζεται και από τη δομή της οντολογίας μπορεί να χωριστεί στις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *Support_Activity*, εδώ περιλαμβάνονται όλες οι οντότητες που αφορούν υποστηρικτικές δραστηριότητες που εκτελεί ο μαθητής και δεν έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά τη σχεδίαση του μαθήματος. Τέτοια παραδείγματα μπορεί να είναι η αποστολή ενός email, η συζήτηση σε forum κτλ.
 - *LD_Support_Activity*, στην κλάση αυτή περιέχονται οι οντότητες που αφορούν υποστηρικτικές δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό ώστε να διευκολύνουν τη διαδικασία μάθησής του. Τέτοιο παράδειγμα μπορεί να είναι μια συζήτηση σε forum με θέμα που έχει σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό ή μία λίστα με οδηγίες που δίνεται από τον εκπαιδευτικό πριν από κάποια μαθησιακή δραστηριότητα.
 - *Feedback*, στην κλάση αυτή περιλαμβάνονται όλες οι οντότητες που αφορούν ανατροφοδότηση που έχει δεχτεί ο μαθητής κατά τη διδασκαλία. Η κλάση αυτή έχει διαχωριστεί στις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *Explanatory_Feedback*, περιλαμβάνονται οντότητες που αφορούν ανατροφοδότηση

που έχει δεχτεί ο μαθητής μετά από αποτυχία του σε κάποια αξιολόγηση.

- *Success_Feedback*, περιέχονται οντότητες που αφορούν ανατροφοδότηση που έχει δεχτεί ο μαθητής μετά από επιτυχία του σε κάποια αξιολόγηση.
- *Support_Feedback*, περιέχονται οντότητες που αφορούν υποστηρικτικές ανατροφοδοτήσεις που έχει δεχτεί ο μαθητής. Για παράδειγμα ανατροφοδότηση που έχει δεχτεί κατά την εκτέλεση μιας δραστηριότητας ή ανατροφοδότηση που έχει δεχτεί μετά από κάποια ερώτηση που έχει θέσει στον εκπαιδευτικό.

Από τη διάταξη μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι κάθε δομημένη μαθησιακή τροχιά μπορεί να αποτελείται από ένα τουλάχιστον συστατικό στοιχείο, όπου το καθένα από αυτά μπορεί να αποτελείται από άλλα συστατικά στοιχεία. Αυτό δηλώνεται με την σύνδεση της κλάσης *Unit_Trajectory_Components* με την ιδιότητα *includes*. Η χρονική ακολουθία των στοιχείων επίσης καθορίζεται από την διάταξη με την ιδιότητα *next*, ενώ το πρώτο στοιχείο μιας τροχιάς αλλά και το τελευταίο προσδιορίζονται με την ιδιότητα *tagged_as* και μπορεί να πάρει τιμή αρχή ή τέλος (*literal*). Τέλος η διάρκεια εκτέλεσης της τροχιάς αλλά και κάθε στοιχείου της καθορίζεται με την ιδιότητα *has_time* που συνδέει την κλάση των στοιχείων με την κλάση *Time*, η οποία χωρίζεται σε δύο υποκλάσεις: α) την *t_instant* και β) την *t_period*.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η κάθε τροχιά αλλά και οποιοδήποτε στοιχείο μπορεί να σχετίζεται με γεγονότα και εννοιολογικές πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την ανάλυσή της. Στην διάταξη η σύνδεση με γεγονότα φαίνεται με την ιδιότητα *connect_to* η οποία συνδέει τα στοιχεία της τροχιάς *Unit_Trajectory_Components* με την κλάση *Event*. Η σύνδεση με πληροφορίες επίσης πραγματοποιείται μέσω ιδιοτήτων, όπως α) η *using* που συνδέει οποιοδήποτε στοιχείο της τροχιάς με την κλάση *Environment*, η οποία όπως φαίνεται περιέχει οντότητες από μαθησιακά αντικείμενα (*Learning_Objective*) ή υπηρεσίες (*Service*), β) η *reach* που συνδέει οποιοδήποτε στοιχείο με εκπαιδευτικούς στόχους, γ) η *follows* που συνδέει την πραγματική τροχιά με την κλάση *Student* δηλαδή με οντότητες που αφορούν τους μαθητές, δ) η *introducing_concepts* που συνδέει το κάθε στοιχείο της με μαθησιακές έννοιες, ε) η *has_score* που συνδέει στοιχεία της τροχιάς με σκορ που κατακτά ο μαθητής σε διαμορφωτικές ή τελικές αξιολογήσεις και στ) η *has* που συνδέει οποιοδήποτε στοιχείο με συνθήκες που έχουν οριστεί από τον εκπαιδευτικό κατά τον σχεδιασμό της εκπαιδευτικής πρακτικής μέσω τη κλάσεις *condition*.

Η σύνδεση των εννοιών με τις κλάσεις *Environment* και *condition* έχουν βασιστεί στο εννοιολογικό μοντέλο IMS-LD όπου συνδέονται οι

δραστηριότητες που εκτελεί ο μαθητής με τις έννοιες environment και condition. Δηλαδή συνδέονται οι δραστηριότητες με μαθησιακά αντικείμενα ή υπηρεσίες και κάποιες φορές με συνθήκες εκτέλεσής τους.

4.3 Αξιοποίηση της οντολογίας

Η οντολογία αναπτύχθηκε έτσι ώστε να επιτρέπει την καταγραφή των διαφορετικών μαθησιακών τροχιών που ακολουθούν οι εκπαιδευόμενοι κατά τη διαδικασία μάθησης. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται μέσω των ερωτημάτων που απαντώνται από την οντολογία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορους ενδιαφερόμενους στην εκπαίδευση όπως οι εκπαιδευτικοί, οι ειδικοί στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και οι ερευνητές που ασχολούνται με το πώς μαθαίνει ο εκπαιδευόμενος, και από αναλυτές με στόχο την ανάλυση των μαθησιακών τροχιών για την εξαγωγή μοντέλων μάθησης που ακολουθούνται στην πράξη.

Περιπτώσεις αξιοποίησης της οντολογίας είναι:

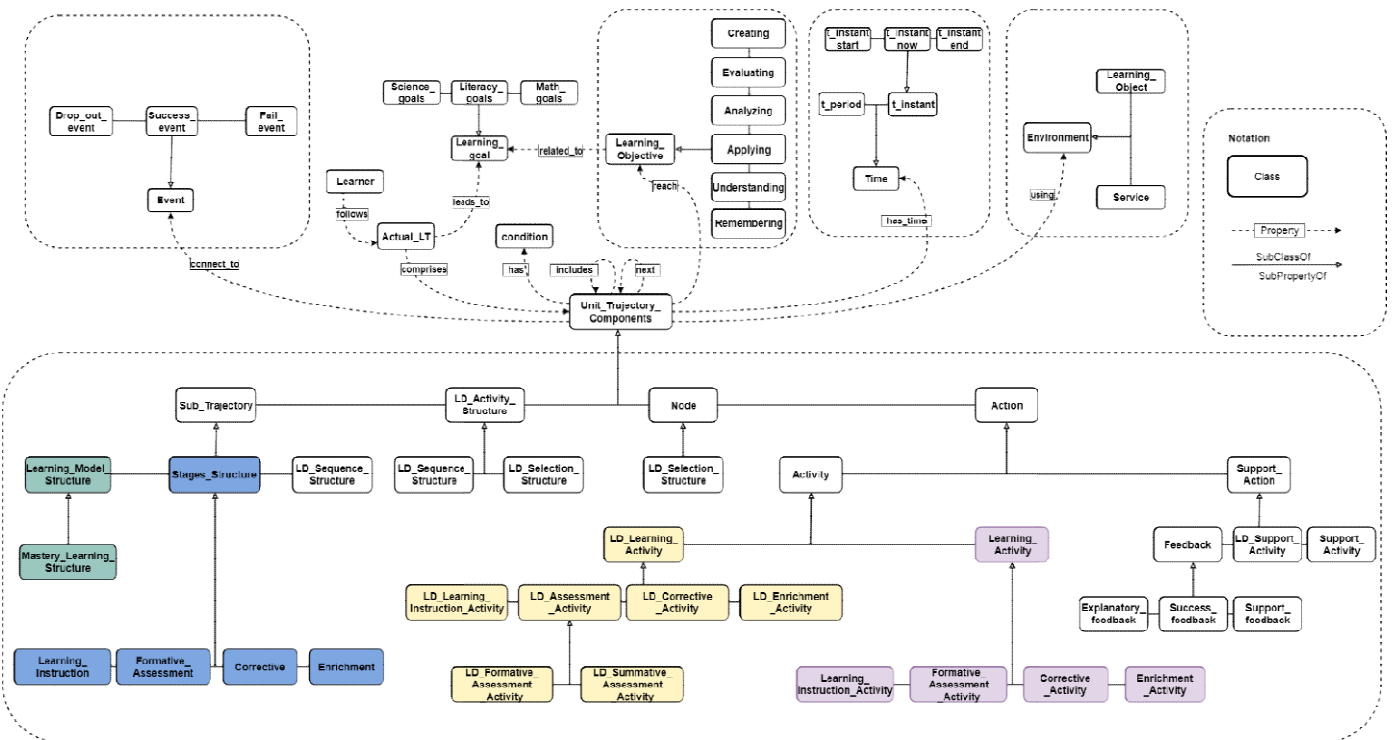
- Η αναζήτηση και ανάκτηση πραγματικών μαθησιακών τροχιών ενός ή μιας ομάδας εκπαιδευομένων για την τελική αξιολόγηση της διδασκαλίας από τον εκπαιδευτικό.
- Η αξιολόγηση προτεινόμενων μαθησιακών τροχιών, που έχουν αναπτυχθεί και σχετίζονται με στόχους που θέτουν τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, με βάση τις πραγματικές τροχιές των εκπαιδευομένων.
- Η αναζήτηση επιτυχημένων μαθησιακών τροχιών και η χρησιμοποίησή τους από τον εκπαιδευτικό για τον (επανα)σχεδιασμό της διδασκαλίας.
- Η αναζήτηση και η ανάκτηση εννοιών που έχουν γίνει κατανοητές εκ μέρους των εκπαιδευομένων με βάση τους στόχους που κατακτούν σε κάθε πραγματική μαθησιακή τροχιά. Η εννοιολογική κατανόηση θα μπορούσε να αναλυθεί κατά τη διδασκαλία ενός μαθήματος ή κατά τη διάρκεια μιας σχολικής χρονιάς ή από βαθμίδα σε βαθμίδα.
- Η ανάλυση και περιγραφή των πραγματικών μαθησιακών τροχιών της βραχυπρόθεσμης μετάβασης από βαθμίδα σε βαθμίδα ενός εκπαιδευόμενου.
- Η αναζήτηση πραγματικών μαθησιακών τροχιών ενός εκπαιδευόμενου για έναν εκπαιδευτικό στόχο, αλλά και η χρησιμοποίησή τους για τη δημιουργία ατομικού φακέλου μαθητή.
- Η αναζήτηση και ανάκτηση πραγματικών μαθησιακών τροχιών ενός εκπαιδευόμενου ή μιας ομάδας προσφύγων ή μεταναστών με σκοπό τον κατάλληλο εκπαιδευτικό σχεδιασμό, με βάση τις

προϋπάρχουσες γνώσεις και ανάγκες, για την ομαλή ένταξη τους στην τυπική εκπαίδευση.

- Η καταγραφή της υποθετικής τροχιάς των μαθητών όπως έχει καθοριστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.

Στην διπλωματική αυτή η οντολογία αξιοποιήθηκε για καταγραφή των πραγματικών μαθησιακών τροχιών των μαθητών που παρακολουθούν ένα online μάθημα με σκοπό να κατακτήσουν την έννοια των εξισώσεων α΄ βαθμού. Έτσι δημιουργήθηκαν στιγμιότυπα για την οντολογία και τους δύο μαθητές στο εργαλείο Protégé 5.2 στο οποίο και θα απαντηθούν και τα ερωτήματα της οντολογίας.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω κατά την περιγραφή της δομής της οντολογίας, το δεύτερο επίπεδο της οντολογίας που έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των στιγμιότυπων που αφορούν τις πραγματικές μαθησιακές τροχιές των δύο μαθητών, οι οποίοι ακολουθούν διαφορετικά μονοπάτια για την κατάκτηση εκπαιδευτικών στόχων. Οι στόχοι του μαθήματος βασίζονται στην ταξινόμια του Bloom και ακολουθείται το μοντέλο MasteryLearning κατά τη μαθησιακή διαδικασία.



Εικόνα.15:Διάταξη βασικής οντολογίας εμπλουτισμένη με το 2^ο επίπεδο.

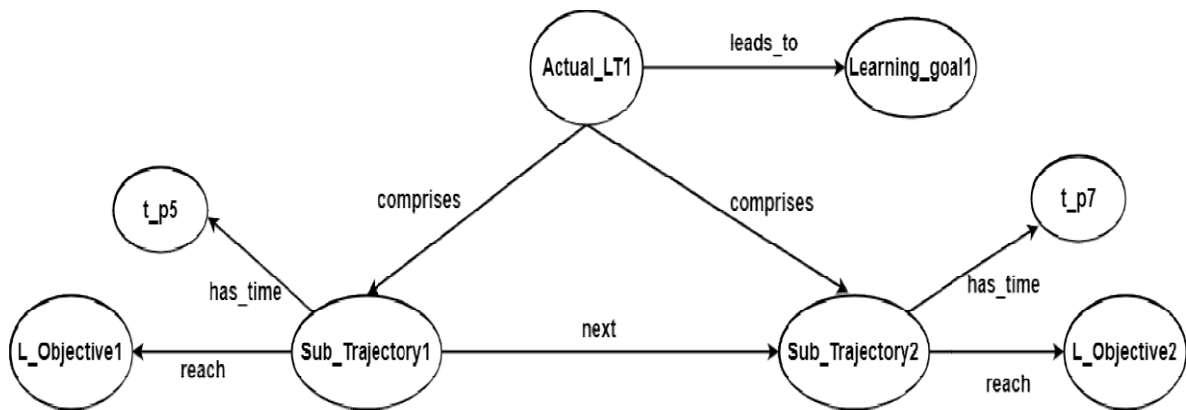
Το δεύτερο επίπεδο όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα.15) εμπλουτίζει τη βασική δομή του πρώτου επιπέδου (Εικόνα.13) που αναλύθηκε παραπάνω στις παρακάτω κλάσεις:

- Η κλάση *Learning_Model_Structure* με superclass τη *Sub_Trajectory* έχει εμπλουτιστεί με την υποκλάση *Mastery_Learning_Structure*. Στην *Mastery_Learning_Structure* κλάση περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι τροχιές που ακολουθούν το μοντέλο *MasteryLearning*.
- Η κλάση *Stages_Structure* με superclass τη *Sub_Trajectory* έχει εμπλουτιστεί με τις κλάσεις:
 - *Learning_Instruction*, στην οποία περιέχονται όλες εκείνες οι τροχιές που ακολουθούν την πρώτη φάση του μοντέλου *MasteryLearning*, δηλαδή τη *LearningInstruction*.
 - *Formative_Assessment*, στην οποία περιέχονται όλες εκείνες οι τροχιές που ακολουθούν τη φάση *FormativeAssessment* του μοντέλου *MasteryLearning*.
 - *Corrective*, στην οποία περιέχονται οι τροχιές που ακολουθούν τη φάση *Corrective* του μοντέλου *MasteryLearning*.
 - *Enrichment*, στην οποία περιέχονται οι τροχιές που ακολουθούν τη φάση *Enrichment* του μοντέλου *MasteryLearning*.
- Η κλάση *LD_Learning_Activity*, η οποία αποτελεί υποκλάση της *Activity* με superclass την κλάση *Action* έχει εμπλουτιστεί με τις κλάσεις:
 - *LD_Learning_Instruction_Activity*, στην κλάση αυτή περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι οντότητες που είναι δραστηριότητες διδασκαλίας και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας.
 - *LD_Assessment_Activity*, στην κλάση αυτή περιλαμβάνονται οι οντότητες που αφορούν δραστηριότητες αξιολόγησης και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος. Αυτή η κλάση περιέχει τις παρακάτω υποκλάσεις:
 - *LD_Formative_Assessment_Activity*, η κλάση αυτή περιέχει οντότητες που αφορούν δραστηριότητες διαμορφωτικής αξιολόγησης οι οποίες έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.
 - *LD_Summative_Assessment_Activity*, η κλάση αυτή περιέχει οντότητες που αφορούν δραστηριότητες τελικής αξιολόγησης οι οποίες έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.
 - *LD_Corrective_Activity*, στην κλάση αυτή περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι οντότητες που

εκφράζουν δραστηριότητες που εκτελούνται από τους εκπαιδευόμενους κατά την επανορθωτική διαδικασία και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.

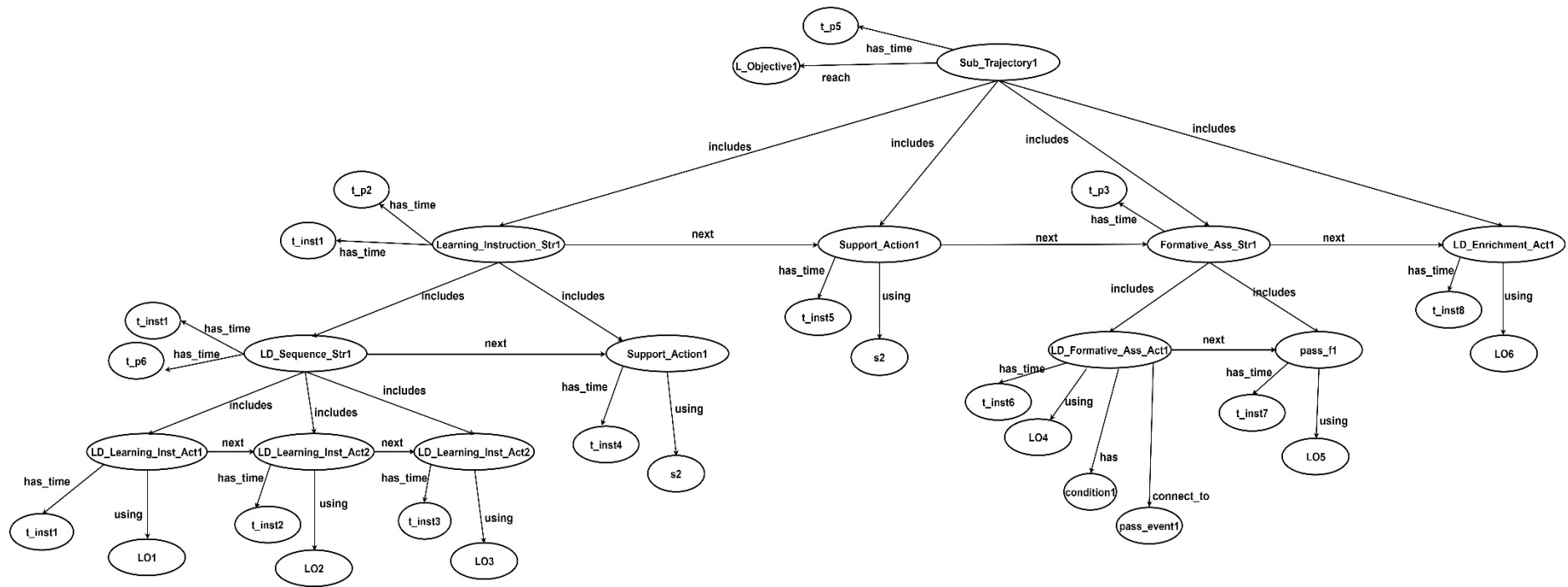
- *LD_Enrichment_Activity*, στη συγκεκριμένη κλάση περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι οντότητες που αφορούν δραστηριότητες εμπλουτισμού και έχουν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.
- *Learning_Activity*, η οποία έχει υποκλάσεις τις:
 - *Learning_Instruction_Activity*, η οποία περιέχει οντότητες που αφορούν δραστηριότητες διδασκαλίας που εκτελούν οι εκπαιδευόμενοι, οι οποίες όμως δεν είχαν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό στον αρχικό σχεδιασμό του μαθήματος.
 - *Formative_Assessment_Activity*, η κλάση αυτή περιλαμβάνει οντότητες που αφορούν δραστηριότητες διαμορφωτικής αξιολόγησης εκτελούν οι εκπαιδευόμενοι στη τροχιά τους, όμως αυτές δεν είχαν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά τον αρχικό σχεδιασμό του μαθήματος.
 - *Corrective_Activity*, στην κλάση αυτή περιέχονται οι οντότητες που αφορούν επανορθωτικές δραστηριότητες τις οποίες εκτελούν οι εκπαιδευόμενοι αλλά δεν είχαν σχεδιαστεί αρχικά από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας.
 - *Enrichment_Activity*, εδώ περιλαμβάνονται όλες οι οντότητες που αφορούν δραστηριότητες εμπλουτισμού που εκτελούν οι εκπαιδευόμενοι αλλά δεν είχαν σχεδιαστεί αρχικά από τον εκπαιδευτικό.

Τα στιγμιότυπα της τροχιάς του πρώτου μαθητή σε επίπεδο rdf που έχουν δημιουργηθεί στο εργαλείο Protégé, συνδεδεμένα μεταξύ τους με τα properties της οντολογίας, παρουσιάζονται με μορφή διαγράμματος στις παρακάτω εικόνες:

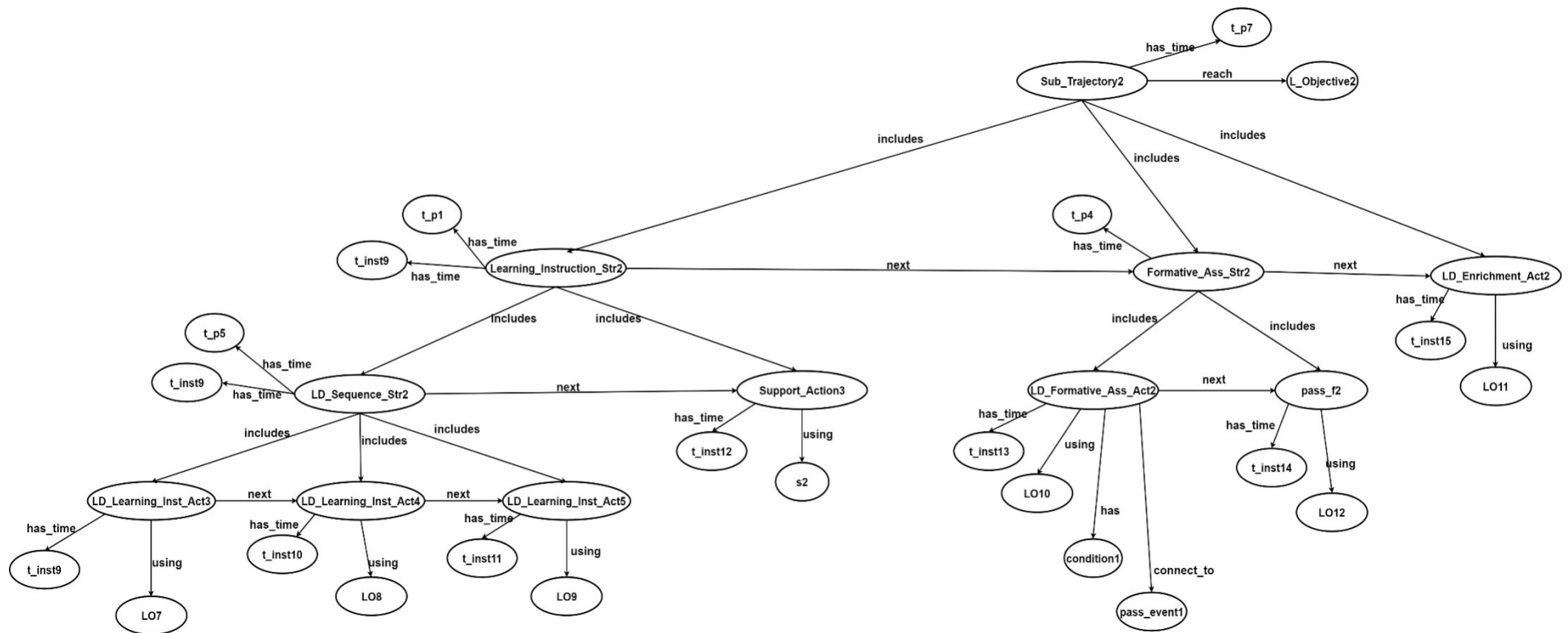


Εικόνα.16α: Στιγμιότυπα τροχιάς 1^{ου} μαθητή συνδεδεμένα με object properties.

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρούμε ότι η τροχιά Actual_LT1 η οποία ακολουθείται από τον 1^ο μαθητή περιλαμβάνει τις υποτροχιές Sub_Trajectory1 και Sub_Trajectory2 με τις οποίες επιτυγχάνονται οι εκπαιδευτικοί στόχοι L_Objective1, L_Objective2 αντιστοίχα και αποτελούνται από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στις παρακάτω δύο εικόνες:

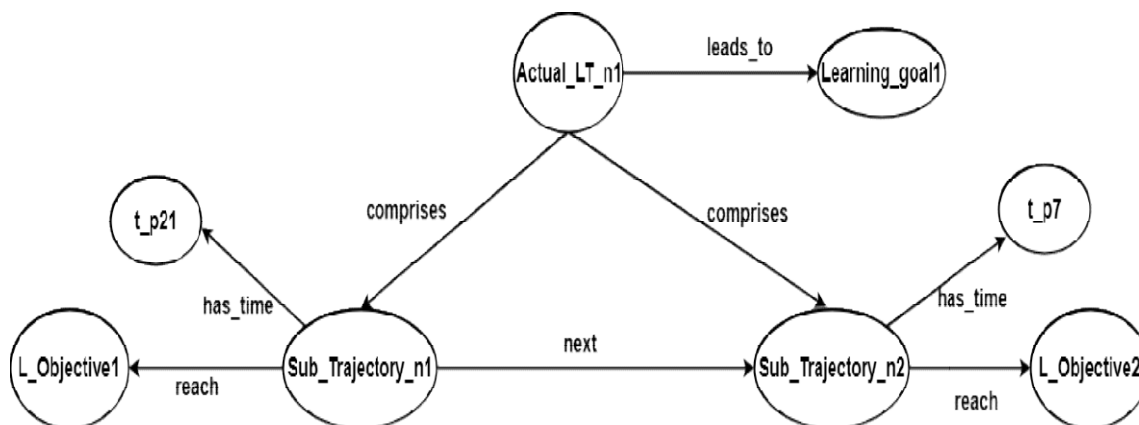


Εικόνα.16β: Δομή υποτροχιάςSub_Trajectory1 του 1^{ου} μαθητή.



Εικόνα.16γ: Δομή υποτροχιάς Sub_Trajectory2 του 1^{ου} μαθητή.

Τα στιγμιότυπα της τροχιάς του δεύτερου μαθητή σε επίπεδο rdf που έχουν δημιουργηθεί στο εργαλείο Protégé, συνδεδεμένα μεταξύ τους με τα object properties της οντολογίας, παρουσιάζονται με μορφή διαγράμματος στις παρακάτω εικόνες:

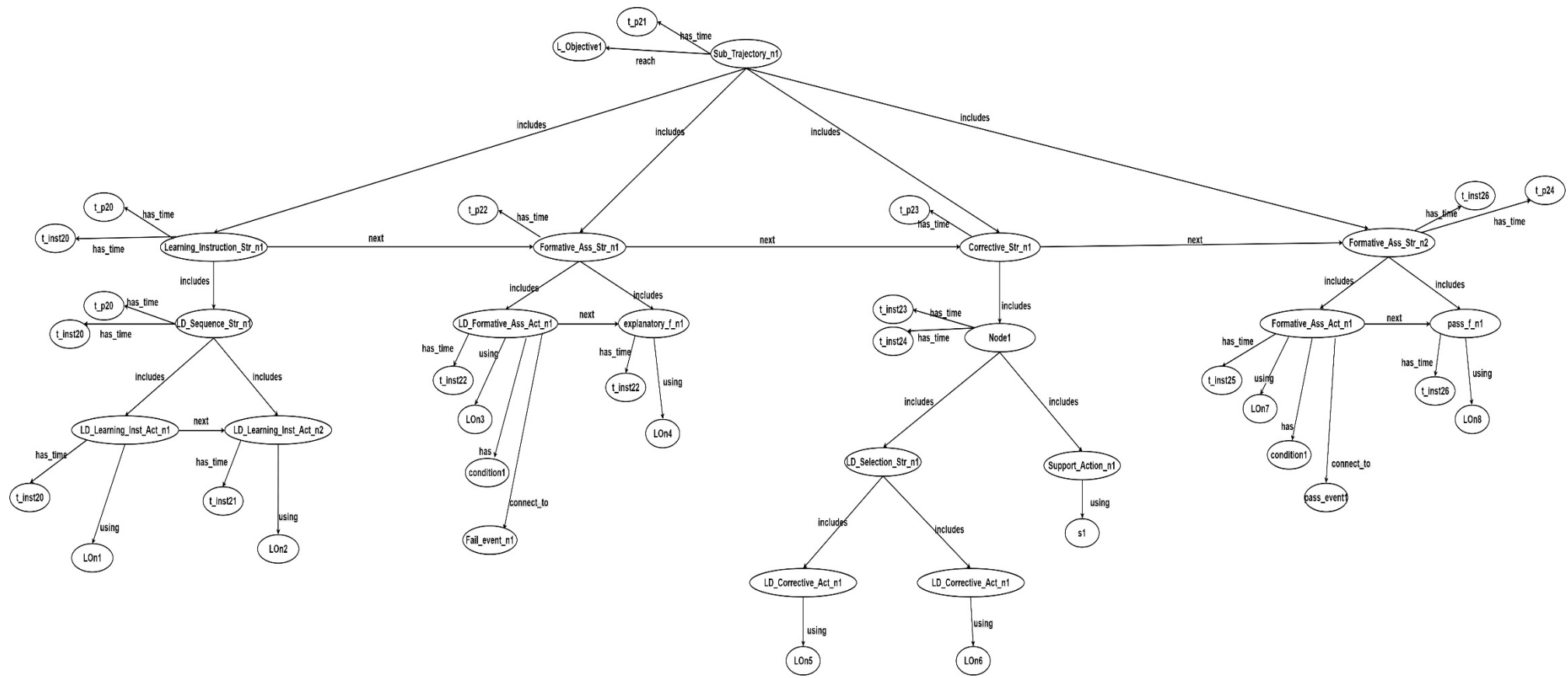


Εικόνα.17α: Στιγμιότυπα τροχιάς 2^{ου} μαθητή συνδεδεμένα με τα objectproperties.

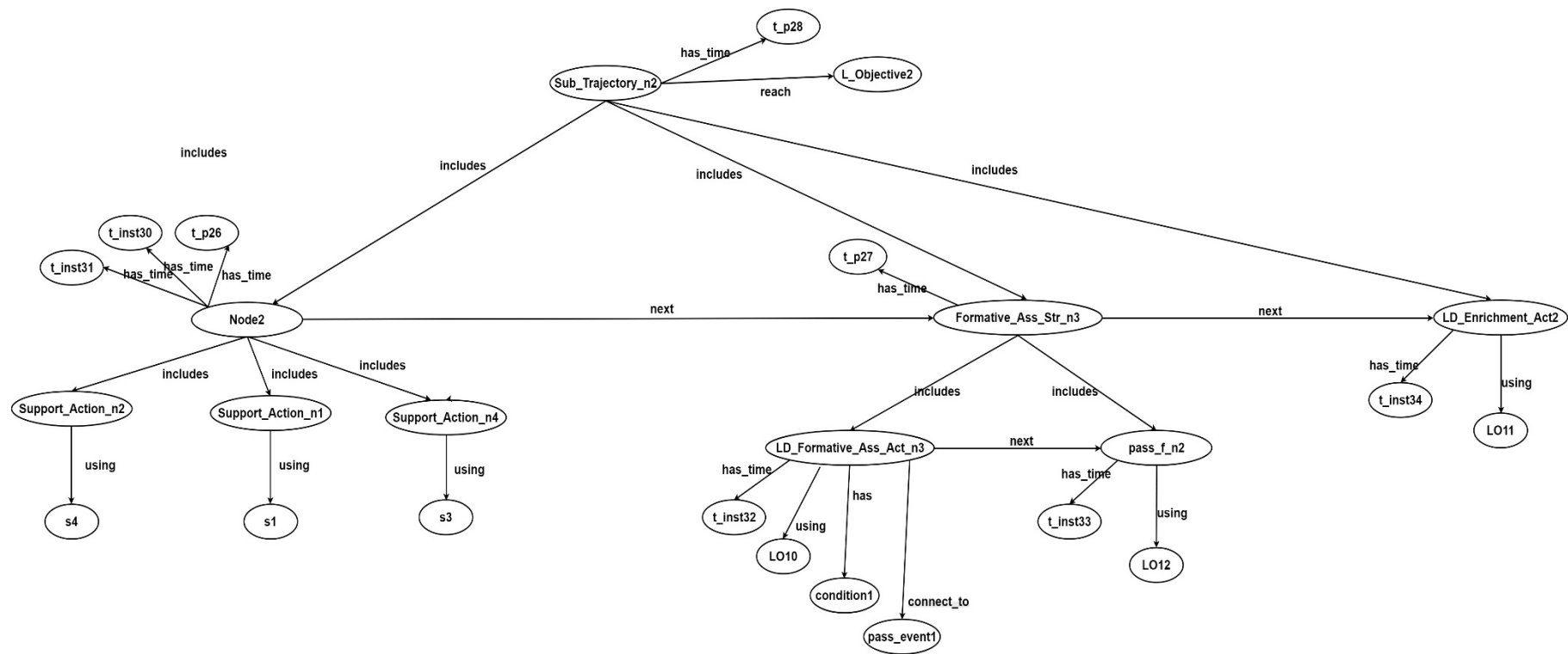
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην παραπάνω εικόνα η τροχιά του δεύτερου μαθητή περιλαμβάνει τις οντότητες *Sub_Trajectory_n1* και *Sub_Trajectory_n2*, οι οποίες αποτελούν τύπο *Mastery_Learning_Structure*, δηλαδή υποτροχιές στις οποίες ακολουθείται το μοντέλο διδασκαλίας *MasteryLearning*. Ακόμα παρατηρούμε ότι με κάθε υποτροχιά επιτυγχάνεται ένας εκπαιδευτικός στόχος, δηλαδή με την *Sub_Trajectory_n1* επιτυγχάνεται ο στόχος *L_Objective1* και με την *Sub_Trajectory_n2* επιτυγχάνεται ο εκπαιδευτικός στόχος *L_Objective2*.

Παρατηρούμε ότι και η τροχιά του δεύτερου μαθητή αποτελείται από δύο υποτροχιές όπως και του 1^{ου} μαθητή με τις οποίες επιτυγχάνονται οι ίδιοι στόχοι, όμως οι τροχιές των μαθητών είναι διαφορετικές καθώς αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία.

Τα στιγμιότυπα που χρησιμοποιήθηκαν στο εργαλείο Protégé και αναλύουν τις δύο αυτές υποτροχιές του 2^{ου} μαθητή παρουσιάζονται σε μορφή διαγράμματος στις παρακάτω εικόνες:



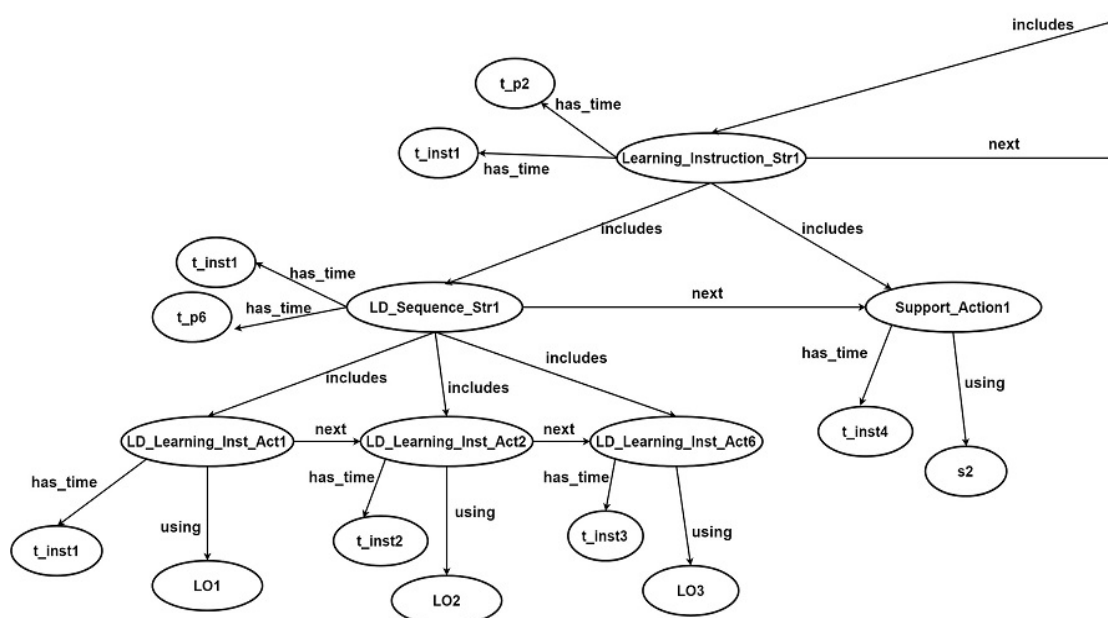
Εικόνα.17β: Δομή υποτροχιάς Sub_Trajectory_n1 του 2^{ου} μαθητή.



Εικόνα.17γ: Δομή υποτροχιάς Sub_Trajectory_n2 του 2^{ου} μαθητή.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα του πρώτου μαθητή μπορούμε να δώσουμε μερικά παραδείγματα καταγραφής της πραγματικής τροχιά του μαθητή στο online μάθημα στο οποίο διδάσκεται την έννοια της εξίσωσης α' βαθμού. Τα παραδείγματα αυτά απαντώνται και μέσω των ερωτημάτων από το εργαλείο Protégé στην επόμενη υπο-ενότητα του κεφαλαίου.

Παράδειγμα 1: : Τι τροχιά ακολούθησε ο πρώτος μαθητής κατά τη φάση της αρχικής διδασκαλίας (Learning Instruction) για να κατακτήσει τον πρώτο εκπαιδευτικό στόχο;



Εικόνα.18: Στιγμιότυπα 1^{ου} μαθητή για την επίτευξη του 1^{ου} εκπαιδευτικού στόχου στη φάση Learning Instruction.

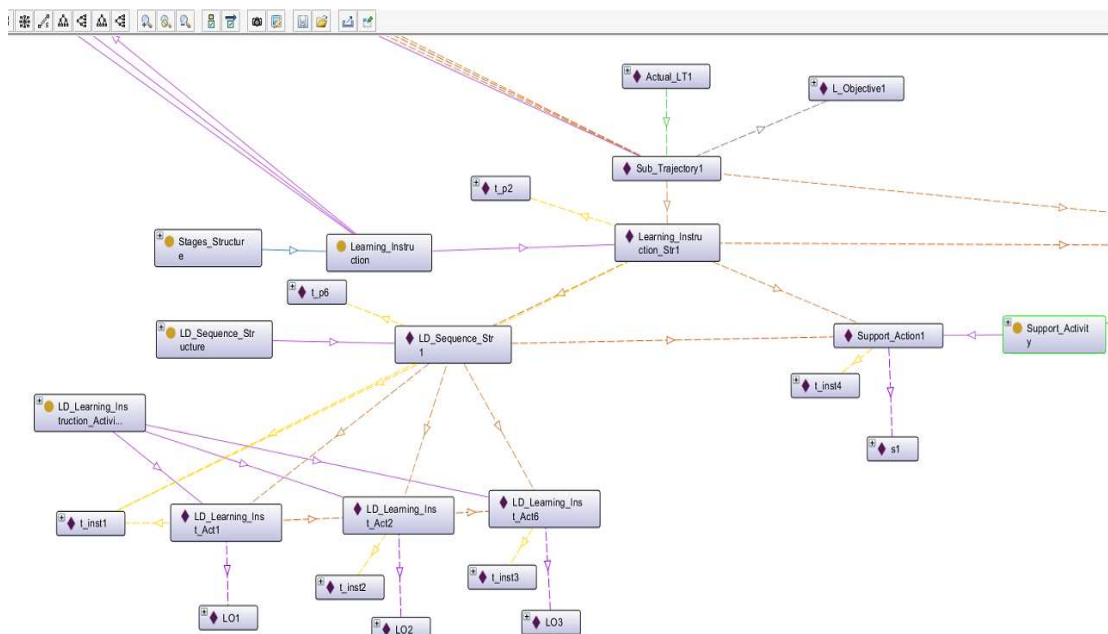
Ο πρώτος μαθητής φαίνεται ότι έχει ακολουθήσει μια υπο-τροχιά τύπου Learning Instruction η οποία ονομάζεται **Learning_Instruction_Str1**. Η υποτροχιά αυτή παρατηρούμε ότι περιέχει τις παρακάτω δύο οντότητες:

- **LD_Sequence_Str1**, η οποία αποτελεί υποτροχιά τύπου LD_Sequence_Structure, δηλαδή υποτροχιά με υποχρεωτικές συνεχόμενες δραστηριότητες σχεδιασμένες από τον εκπαιδευτικό. Έχει ξεκινήσει να εκτελείται τη χρονική στιγμή *t_inst1* η οποία είναι τύπου χρονικής στιγμής ξεκινήματος (*t_instant_start*) και από το object property *next* επόμενο της στοιχείο είναι το *Support_Action1*. Οι

δραστηριότητες από τις οποίες αποτελείται η υποτροχιά αυτή είναι οι ακόλουθες τρεις εκτελεσμένες με τη σειρά από το μαθητή:

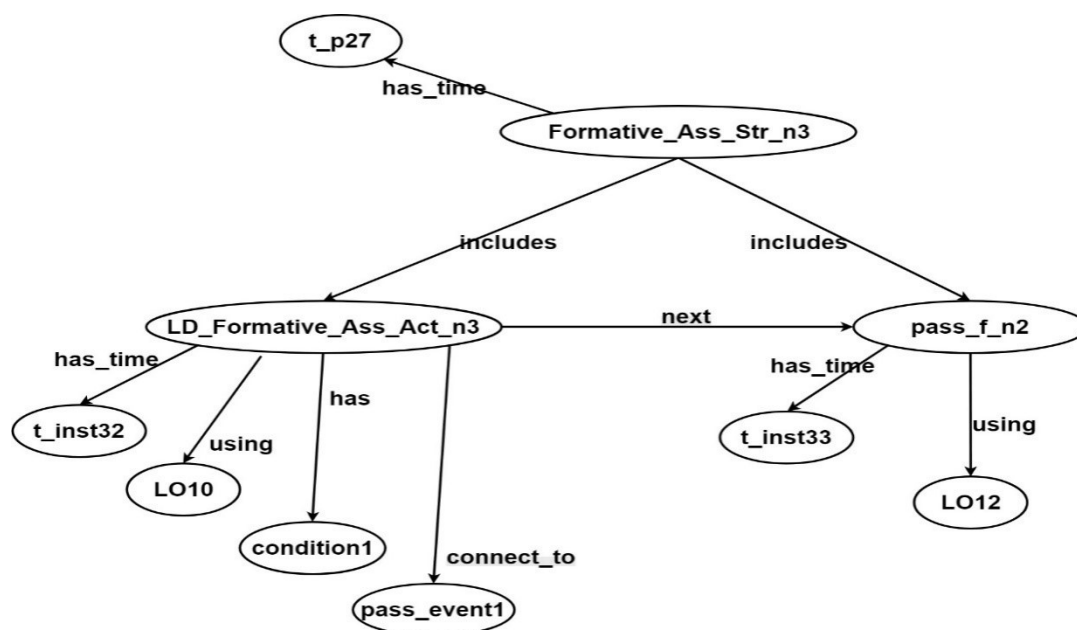
- *LD_Learning_Inst_Act1*, είναι δραστηριότητα τύπου *LD_Learning_Instruction_Activity*, δηλαδή δραστηριότητα σχεδιασμένη από τον εκπαιδευτικό για την αρχική διδασκαλία. Η δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιεί το *LO1* που είναι τύπος μαθησιακού αντικειμένου (*Learning_Object*) και έχει ξεκινήσει να εκτελείται τη χρονική στιγμή *t_inst1* η οποία είναι τύπου χρονικής στιγμής ξεκινήματος (*t_instant_start*). Τέλος έχει περιγραφεί ως αρχικό σημείο με το data property *tagged_as* και τιμή το "start_point", οπότε είναι η αρχική δραστηριότητα και επόμενη της είναι όπως φανερώνει το object property *next* είναι η *LD_Learning_Inst_Act2*.
- *LD_Learning_Inst_Act2*, είναι δραστηριότητα τύπου *LD_Learning_Instruction_Activity*, δηλαδή σχεδιασμένη από τον εκπαιδευτικό για την αρχική διδασκαλία. Η δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιεί το *LO2* που είναι τύπος μαθησιακού αντικειμένου (*Learning_Object*) και έχει ξεκινήσει να εκτελείται τη χρονική στιγμή *t_inst2* η οποία είναι τύπου χρονικής στιγμής ξεκινήματος (*t_instant_start*). Τέλος φαίνεται από το object property *next* ότι επόμενη εκτελεσμένη δραστηριότητα είναι η *LD_Learning_Inst_Act3*.
- *LD_Learning_Inst_Act6*, είναι δραστηριότητα τύπου *LD_Learning_Instruction_Activity*, δηλαδή σχεδιασμένη από τον εκπαιδευτικό για την αρχική διδασκαλία. Η δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιεί το *LO3* που είναι τύπος μαθησιακού αντικειμένου (*Learning_Object*) και έχει σταματήσει να εκτελείται τη χρονική στιγμή *t_inst3* η οποία είναι τύπου χρονικής στιγμής τέλους (*t_instant_end*). Τέλος έχει περιγραφεί ως τελικό σημείο με το data property *tagged_as* και τιμή το "end_point", οπότε είναι η τελική δραστηριότητα της υποτροχιάς *LD_Sequence_Str1*.
- **Support_Action1**, η οποία αποτελεί οντότητα υποστηρικτικής δραστηριότητας που εκτέλεσε ο μαθητής και δεν είχε σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό, δηλαδή είναι τύπου *Support_Activity*. Χρησιμοποιείται το *s2* που είναι τύπου υπηρεσίας (*Service*) και έχει σταματήσει να εκτελείται τη χρονική στιγμή *t_inst4* η οποία είναι τύπου χρονικής στιγμής τέλους (*t_instant_end*).

Η παραπάνω ανάλυση απεικονίζεται και μέσα από το εργαλείο Protégé στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα.19: Γράφημα με στιγμιότυπα μαθητή στη φάση Learning Instruction.

Παράδειγμα 2: Τι τροχιά ακολούθησε ο δεύτερος μαθητής κατά τη φάση της διαμορφωτικής αξιολόγησης (Formative Assessment) για να κατακτήσει το δεύτερο εκπαιδευτικό στόχο;



Εικόνα.20: Στιγμιότυπα 2ου μαθητή για την επίτευξη του 2ου εκπαιδευτικού στόχου στη φάση Formative Assessment.

Ο δεύτερος μαθητής παρατηρούμε ότι έχει ακολουθήσει μια υποτροχιά τύπου *FormativeAssessment* η οποία ονομάζεται ***Formative_Ass_Str_n3***. Η υποτροχιά αυτή παρατηρούμε ότι έχει εκτελεστεί κατά τη χρονική περίοδο *t_p27* με την οποία συνδέεται με το *objectpropertyhas_time* και περιέχει τις παρακάτω δύο οντότητες, με τις οποίες συνδέεται με το *objectpropertyincludes*:

- ***LD_Formative_Ass_Act_n3***, η οποία αποτελεί δραστηριότητα διαμορφωτικής αξιολόγησης που είχε σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος, δηλαδή είναι τύπου *LD_Formative_Assessment_Activity*. Η δραστηριότητα αυτή συνδέεται με τις παρακάτω οντότητες με διάφορα *objectproperties* προσδίδοντας έτσι διάφορες εννοιολογικές πληροφορίες για την δραστηριότητα και την υποτροχιά. Οι οντότητες αυτές είναι οι:
 - *t_inst32*, η οποία αποτελεί τύπου χρονικής στιγμής ξεκινήματος (*t_instart_start*) και συνδέεται με τη δραστηριότητα με το *property has_time*. Με την σύνδεση αυτή συμπεραίνουμε ότι η δραστηριότητα είναι η αρχική της υποτροχιάς.
 - *LO10*, η οντότητα αυτή είναι τύπος μαθησιακού αντικείμενου (*Learning_Object*) και συνδέεται με τη δραστηριότητα με το *property using*. Άρα στη δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε από τον μαθητή αυτό το μαθησιακό αντικείμενο.
 - *condition1*, η οντότητα αυτή αποτελεί τύπο συνθήκης (*Condition*) και συνδέεται με τη δραστηριότητα μέσω της ιδιότητας *has*. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι έχει οριστεί συνθήκη για την εκτέλεση της δραστηριότητας αυτής από τον εκπαιδευτικό κατά τη σχεδίαση του μαθήματος.
 - *pass_event1*, η οντότητα αυτή αποτελεί τύπου γεγονότος επιτυχίας (*Success_event*) και συνδέεται με τη δραστηριότητα με την ιδιότητα *connect_to*. Άρα συμπεραίνουμε ότι ο μαθητής εκτέλεσε με επιτυχία τη δραστηριότητα αξιολόγησης.
 - *pass_f2*, η οντότητα αυτή αποτελεί τύπο ανατροφοδότησης που αφορά επιτυχημένη αξιολόγηση και συνδέεται με τη δραστηριότητα με την ιδιότητα *next*. Άρα μετά τη δραστηριότητα ο μαθητής έλαβε μία ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό.
- ***pass_f_n2***, η οντότητα όπως αναφέρθηκε και λίγο πιο πάνω είναι τύπου ανατροφοδότησης (*Success_Feedback*) και αποτελεί το τελευταίο στοιχείο της υποτροχιάς *Formative_Ass_Str_n3* γιατί συνδέεται με την οντότητα *t_inst33* η οποία αποτελεί τύπο χρονικής στιγμής τέλους. Τέλος χρησιμοποιεί το μαθησιακό αντικείμενο *LO12* με το οποίο συνδέεται με το *object property using*.

Η παραπάνω ανάλυση απεικονίζεται και μέσα από το εργαλείο *Protégé* στην παρακάτω εικόνα :

4.4 Υποβολή ερωτημάτων

Για την αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών που βοηθούν στην ανάλυση των πραγματικών τροχιών των δύο μαθητών υποβάλλονται ερωτήματα SPARQL μέσα από το εργαλείο Protégé. Συγκεκριμένα η ανάλυση των πραγματικών τροχιών των δύο μαθητών αφορά:

- στην ακολουθία των στοιχείων της συνολικής τροχιάς του κάθε μαθητή και τη σύγκρισή τους.
- στην ακολουθία των στοιχείων και των ενεργειών που αποτελούν τις υποτροχιές τους.
- στην ακολουθία των τροχιών των μαθητών σε διάφορες φάσεις του μοντέλου διδασκαλίας που ακολουθείται και η σύγκρισή τους.
- στις παρανοήσεις που δημιουργήθηκαν και αν ξεπεράστηκαν κατά την ακολουθία της τροχιάς
- στις επιδόσεις των δύο μαθητών και στις αξιολογήσεις που έλαβαν.
- στους εκπαιδευτικούς στόχους που κατακτήθηκαν από κάθε τροχιά και τι μαθησιακά αντικείμενα χρησιμοποιήθηκαν.

Τα ερωτήματα που υποβλήθηκαν ενδεικτικά είναι τα παρακάτω:

- Ποια τροχιά ακολούθησε ο μαθητής student1 και ποια ο student2 ώστε να κατακτήσουν τον εκπαιδευτικό σκοπό Learning_goal1; Από ποια στοιχεία αποτελείται η κάθε τροχιά;**

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

```
SELECT ?Μαθητής ?Τροχιά ?ΣτοιχείαΤροχιάς ?τύπος
```

```
WHERE{ ?Μαθητής my:follows ?Τροχιά.
```

```
?Τροχιά my:leads_to my:Learning_goal1.
```

```
?Τροχιά my:comprises ?ΣτοιχείαΤροχιάς.
```

```
?ΣτοιχείαΤροχιάς rdf:type ?τύπος.
```

```
?τύπος rdfs:subClassOf ?κλάση.
```

```
FILTER( ?Μαθητής IN ( my:student1,my:student2))}
```

Μαθητής	Τροχιά	ΣτοιχείαΤροχιάς	τύπος
student1	Actual_LT1	Sub_Trajectory1	Mastery_Learning_Structure
student1	Actual_LT1	Sub_Trajectory2	Mastery_Learning_Structure
student2	Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n1	Mastery_Learning_Structure
student2	Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n2	Mastery_Learning_Structure

Εικόνα.23: Καταγραφή μαθησιακών τροχιών δύο μαθητών για την κατάκτηση του εκπαιδευτικού σκοπού Learning_goal1

Από το αποτέλεσμα της ερώτησης που μας παρουσιάζεται στο εργαλείο Protégé παρατηρούμε ότι ο μαθητής student1 για να κατακτήσει τον εκπαιδευτικό στόχο Learning_goal1 ακολούθησε την τροχιά Actual_LT1 η οποία αποτελείται από δύο στοιχεία τα οποία είναι υποτροχιές που ανήκουν στη κλάση Mastery_Learning_Structure δηλαδή οι ενέργειες του μαθητή ακολουθούν το μοντέλο διδασκαλίας κατάκτησης της γνώσης (Mastery Learning). Οι δύο αυτές υποτροχιές είναι η Sub_Trajectory1 και η Sub_Trajectory2.

Ακόμα παρατηρούμε ότι ο μαθητής student2 για να κατακτήσει τον εκπαιδευτικό στόχο Learning_goal1 ακολούθησε τη τροχιά Actual_LT_n1 η οποία και αυτή αποτελείται από δύο υποτροχιές που ανήκουν στη κλάση Mastery_Learning_Structure, τις Sub_Trajectory_n1 και Sub_Trajectory_n2.

Για να βρούμε την ακολουθία των υποτροχιών αυτών θα υποβάλλουμε τη παρακάτω ερώτηση:

- i. **Ποια είναι η ακολουθία των στοιχείων που αποτελούν τη τροχιά Actual_LT1 του student1 και ποια η ακολουθία των στοιχείων που αποτελούν τη τροχιά Actual_LT_n1 του student2;**

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

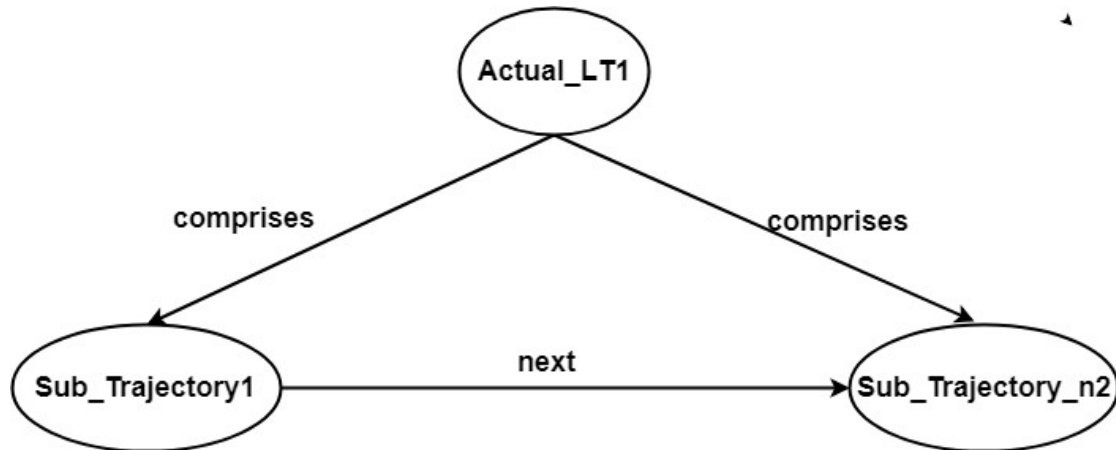
```
SELECT ?Τροχιά ?ΣτοιχείαΤροχιάς ?ΕπόμενοΣτοιχείο
WHERE{
```

?Τροχιά my:leads_to my:Learning_goal1.
 ?Τροχιά my:comprises ?ΣτοιχείαΤροχιάς.
 OPTIONAL{?ΣτοιχείαΤροχιάς my:next ?ΕπόμενοΣτοιχείο}
 FILTER(?Τροχιά IN (my:Actual_LT1,my:Actual_LT_n1))}

Τροχιά	ΣτοιχείαΤροχιάς	ΕπόμενοΣτοιχείο
Actual_LT1	Sub_Trajectory1	Sub_Trajectory2
Actual_LT1	Sub_Trajectory2	
Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n1	Sub_Trajectory_n2
Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n2	

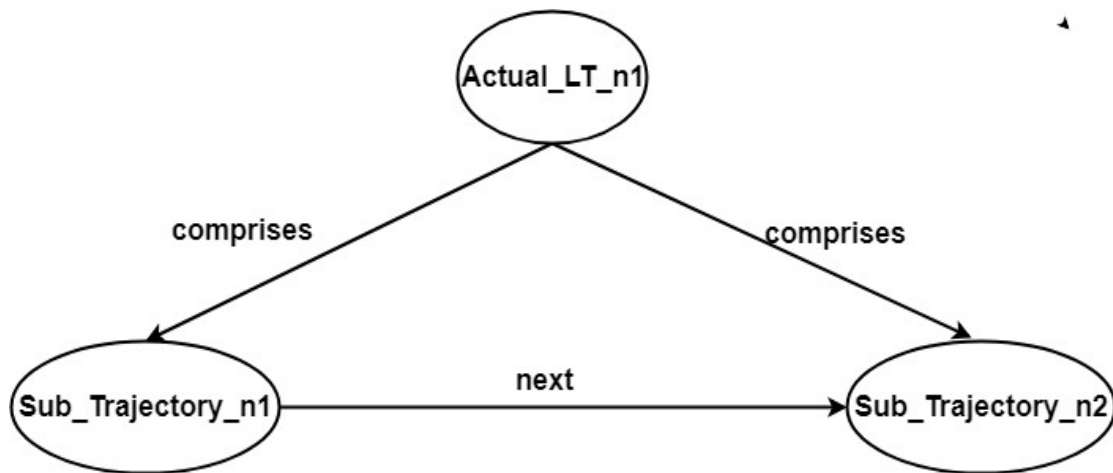
Εικόνα.24: Ακολουθία των στοιχείων της τροχιάς των δύο μαθητών.

Από το αποτέλεσμα της ερώτησης καταλαβαίνουμε ότι η πρώτη υποτροχιά της τροχιάς Actual_LT1 που ακολούθησε ο μαθητής student1 είναι η Sub_Trajectory1 γιατί επόμενο της στοιχείο είναι η Sub_Trajectory2.



Εικόνα.25: Ακολουθία των στοιχείων της τροχιάς του μαθητή student1.

Επίσης παρατηρούμε και την ακολουθία των υποτροχιών που αποτελούν τη τροχιά Actual_LT_n1 που ακολούθησε ο μαθητής student2, όπου πρώτη είναι η Sub_Trajectory_n1 με επόμενη την Sub_Trajectory_n2.



Εικόνα.25: Ακολουθία των στοιχείων της τροχιάς του μαθητή student2.

Επειτα για να καταγράψουμε ποιους μαθησιακούς στόχους (learning objectives) κατακτούν οι μαθητές ακολουθώντας τις μαθησιακές τροχιές και με ποια στοιχεία της τροχιάς το καταφέρνουν, υποβάλαμε τη παρακάτω ερώτηση:

- ii. Ποιοι μαθησιακοί στόχοι (learning objectives) κατακτιούνται από τους μαθητές ώστε να επιτευχθεί ο εκπαιδευτικός σκοπός Learning_goal1; Ποια στοιχεία της τροχιάς συνδέονται με τους στόχους αυτούς;

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

SELECT ?Μαθητής ?Τροχιά ?ΣτοιχείαΤροχιάς ?ΜαθησιακοίΣτόχοι ?τυπος

WHERE{ ?Μαθητής my:follows ?Τροχιά.

?Τροχιά my:leads_to my:Learning_goal1.

?Τροχιά my:comprises ?ΣτοιχείαΤροχιάς.

OPTIONAL{ ?ΣτοιχείαΤροχιάς my:reach ?ΜαθησιακοίΣτόχοι}

OPTIONAL{?ΜαθησιακοίΣτόχοι rdf:type ?τυπος}

?τυπος rdfs:subClassOf ?κλάση.

```
FILTER( ?Μαθητής IN ( my:student1,my:student2))}
```

```
ORDER BY ?Τροχιά
```

Μαθητής	Τροχιά	ΣτοιχείαΤροχιάς	ΜαθησιακοίΣτόχοι	τυπος
student1	Actual_LT1	Sub_Trajectory2	L_Objective2	Understanding
student1	Actual_LT1	Sub_Trajectory1	L_Objective1	Remembering
student2	Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n2	L_Objective2	Understanding
student2	Actual_LT_n1	Sub_Trajectory_n1	L_Objective1	Remembering

Εικόνα.26: Σύνδεση των στοιχείων της τροχιάς των δύο μαθητών με τους μαθησιακούς στόχους.

Παρατηρούμε ότι ο μαθητής student1 μέσω της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 κατακτά το μαθησιακό στόχο L_Objective1 που είναι τύπου Remembering και μέσω της υποτροχιάς Sub_Trajectory2 κατακτά το μαθησιακό στόχο L_Objective2 που είναι τύπου Remembering. Επίσης ο μαθητής student2 κατακτά τους ίδιους στόχους με τις υποτροχιές που αποτελούν τη τροχιά του , δηλαδή μέσω της Sub_Trajectory_n1 κατακτά το μαθησιακό στόχο L_Objective1 και μέσω της Sub_Trajectory_n2 κατακτά το μαθησιακό στόχο L_Objective2.

Για να μπορέσουμε να δούμε τις διαφορές των υποτροχιών Sub_Trajectory1 και Sub_Trajectory_n1 των δύο μαθητών αυτών που κατακτούν το μαθησιακό στόχο L_Objective1 που καταγράψαμε προηγουμένως υποβάλαμε τη παρακάτω ερώτηση ώστε να παρουσιάσουμε από τι στοιχεία αποτελούνται.

Οι περιγραφές των μαθησιακών στόχων παρουσιάζονται μέσω της παρακάτω ερώτησης:

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

```
SELECT ?ΜαθησιακόςΣτόχος ?Περιγραφή
```

```
WHERE{
```

?ΜαθησιακόςΣτόχος my:goal_description ?Περιγραφή.

FILTER (?ΜαθησιακόςΣτόχος IN (my:L_Objective1, my:L_Objective2))}

ΜαθησιακόςΣτόχος	Περιγραφή
L_Objective1	"Να μπορεί ο μαθητής να αντιστοιχεί/ επιλέγει από τις 10 αριθμητικές παραστάσεις που του παρουσιάζονται την ίση , με ακρίβεια 80% μέσα σε 2 προσπάθειες."@
L_Objective2	"Να μπορεί ο μαθητής να εκτιμά την αξία της μεταβλητής από 10 εξισώσεις που του δίνονται με ακρίβεια 80% μέσα σε 2 προσπάθειες."@

Εικόνα.27: Περιγραφή των μαθησιακών στόχων L_Objective1, L_Objective2.

- iii. Ποια στοιχεία περιέχει η υποτροχιά Sub_Trajectory1 που ακολουθεί ο μαθητής student1 και ποια η υποτροχιά Sub_Trajectory_n1 που ακολουθεί ο μαθητής student2 για να κατακτήσουν τον ενδιάμεσο στόχο L_Objective1;

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

SELECT ?Υποτροχιά ?ΣτοιχείαΥποτροχιάς ?τυπος

WHERE{

?Υποτροχιά my:reach my:L_Objective1.

OPTIONAL{ ?Υποτροχιά my:includes ?ΣτοιχείαΥποτροχιάς}

?ΣτοιχείαΥποτροχιάς rdf:type ?τυπος.

?τυπος rdfs:subClassOf ?κλάση.

FILTER(?Υποτροχιά IN (my:Sub_Trajectory1,my:Sub_Trajectory_n1))}

ORDER BY ?Υποτροχιά

Υποτροχιά	ΣτοιχείαΥποτροχιάς	τυπος
Sub_Trajectory1	Learning_Instruction_Str1	Learning_Instruction
Sub_Trajectory1	Formative_Ass_Str1	Formative_Assessment
Sub_Trajectory1	Support_Action2	Support_Activity
Sub_Trajectory1	LD_Enrichment_Act1	LD_Enrichment_Activity
Sub_Trajectory_n1	Learning_Instruction_Str_n1	Learning_Instruction
Sub_Trajectory_n1	Formative_Ass_Str_n1	Formative_Assessment
Sub_Trajectory_n1	Formative_Ass_Str_n2	Formative_Assessment
Sub_Trajectory_n1	Corrective_Str_n1	Corrective

Εικόνα.28: Καταγραφή στοιχείων της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 του student1 και της υποτροχιάς Sub_Trajectory_n1 του μαθητή student2.

Παρατηρούμε ότι η υποτροχιά Sub_Trajectory1 της τροχιάς που ακολούθησε ο μαθητής student1 για να κατακτήσει το μαθησιακό στόχο L_Objective1 αποτελείται από δύο υποτροχιές και δύο δραστηριότητες. Οι υποτροχιές είναι α) η Learning_Instruction_Str1 που είναι τύπου Learning_Instruction, δηλαδή είναι υποτροχιά με ενέργειες του μαθητή κατά τη πρώτη φάση (αρχική διδασκαλία) του μοντέλου Mastery Learning και β) η Formative_Ass_Str1 που είναι τύπου Formative_Assessment, δηλαδή αποτελείται από τις ενεργειες του μαθητή κατά τη φάση της διαμορφωτικής αξιολόγησης, του μοντέλου Mastery Learning. Οι δραστηριότητες είναι α) η Support_Action2 που είναι τύπου Support_Activity, δηλαδή είναι μία υποστηρικτική δραστηριότητα και β) η LD_Enrichment_Act1 που είναι τύπου LD_Enrichment_Activity, δηλαδή είναι μία δραστηριότητα εμπλουτισμού που εκτελεί ο μαθητής και έχει σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος.

Ενώ η υποτροχιά Sub_Trajectory_n1 της τροχιάς που ακολούθησε ο μαθητής student2 για να κατακτήσει το μαθησιακό στόχο L_Objective1 αποτελείται από τέσσερις υποτροχιές. Αυτές είναι α) η Learning_Instruction_Str1 που είναι τύπου Learning_Instruction, δηλαδή υποτροχιά με ενέργειες του μαθητή κατά τη φάση της αρχικής διδασκαλίας του μοντέλου Mastery Learning, β) η Formative_Ass_Strn1 που είναι τύπου Formative_Assessment, δηλαδή αποτελείται από ενέργειες του μαθητή κατά τη φάση της διαμορφωτικής αξιολόγησης, γ) η Formative_Ass_Strn2 που είναι και αυτή υποτροχιά τύπου Formative_Assessment και δ) η Corrective_Strn1 που είναι τύπου Corrective, δηλαδή αποτελείται από ενέργειες του μαθητή κατά τη φάση της διορθωτικής διδασκαλίας του μοντέλου Mastery Learning.

Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι οι υποτροχιές Sub_Trajectory1 και Sub_Trajectory_n1 διαφέρουν καθώς αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία. Για να καταγράψουμε όμως την ακολουθία των στοιχείων τους υποβάλαμε τη παρακάτω ερώτηση:

- iv. Ποια είναι η ακολουθία των στοιχείων που περιέχει η υποτροχιά Sub_Trajectory1 της τροχιάς Actual_LT1 που ακολούθησε ο μαθητής student1; Και ποια η ακολουθία των στοιχείων που περιέχει η υποτροχιά Sub_Trajectory_n1 της τροχιάς Actual_LT_n1 που ακολούθησε ο μαθητής student2;

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>

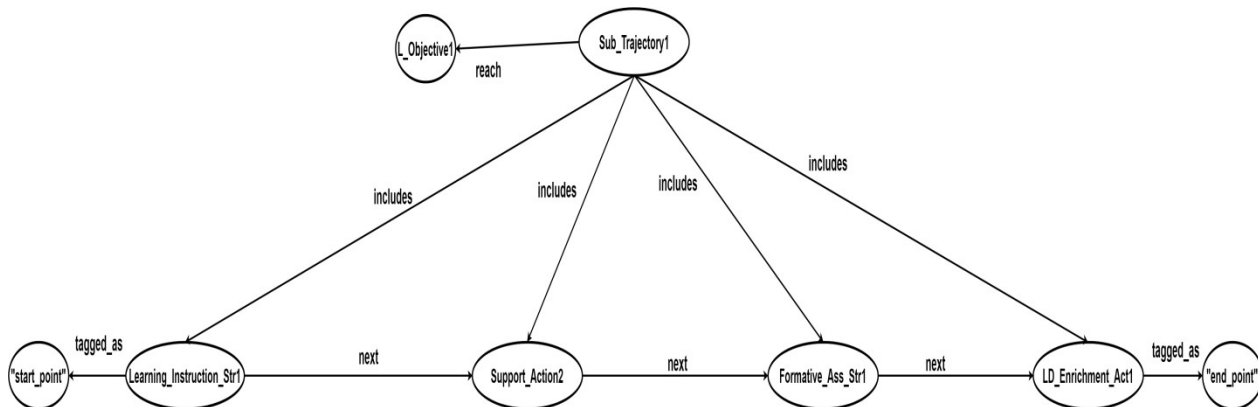
```
SELECT DISTINCT ?Υποτροχιά ?ΑρχήΤέλος ?ΣτοιχείαΥποτροχιάς
?ΕπόμενοΣτοιχείο
WHERE {
?Υποτροχιά my:includes ?ΣτοιχείαΥποτροχιάς.
OPTIONAL{?ΣτοιχείαΥποτροχιάς my:tagged_as ?ΑρχήΤέλος}
OPTIONAL{?ΣτοιχείαΥποτροχιάς my:next ?ΕπόμενοΣτοιχείο}
FILTER (?Υποτροχιά IN (my:Sub_Trajectory1,my:Sub_Trajectory_n1))}
ORDER BY ?Υποτροχιά
```

Υποτροχιά	ΑρχήΤέλος	ΣτοιχείαΥποτροχιάς	ΕπόμενοΣτοιχείο
Sub_Trajectory1		Support_Action2	Formative_Ass_Str1
Sub_Trajectory1		Formative_Ass_Str1	LD_Enrichment_Act1
Sub_Trajectory1	"end_point"@	LD_Enrichment_Act1	
Sub_Trajectory1	"start_point"@	Learning_Instruction_Str1	Support_Action2
Sub_Trajectory_n1		Corrective_Str_n1	Formative_Ass_Str_n2
Sub_Trajectory_n1	"end_point"@	Formative_Ass_Str_n2	
Sub_Trajectory_n1		Formative_Ass_Str_n1	Corrective_Str_n1
Sub_Trajectory_n1	"start_point"@	Learning_Instruction_Str_n1	Formative_Ass_Str_n1

Εικόνα.29: Ακολουθία στοιχείων της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 του student1 και της υποτροχιάς Sub_Trajectory_n1 του μαθητή student2.

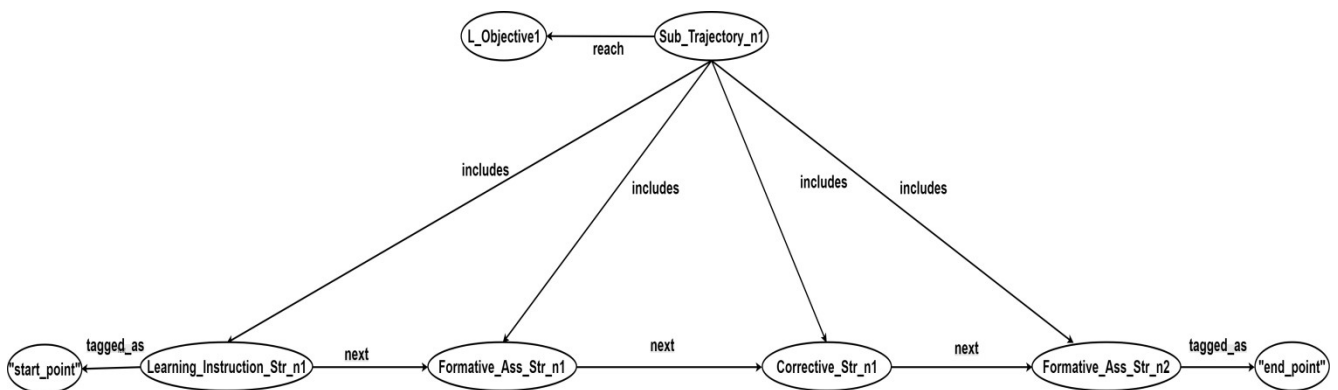
Από το αποτέλεσμα της ερώτησης παρατηρούμε ότι πρώτο στοιχείο της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 είναι η υποτροχιά Learning_Instruction_Str1 καθώς έχει σημειωθεί ως αρχικό σημείο (start_point), επόμενο στοιχείο της είναι η υποστηρικτική δραστηριότητα Support_Action2, επόμενο στοιχείο της Support_Action2 είναι η υποτροχιά Formative_Ass_Str1, επόμενο

στοιχείο της υποτροχιάς Formative_Ass_Str1 είναι η δραστηριότητα LD_Enrichment_Act1 που είναι και το τελευταίο στοιχείο της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 καθώς έχει σημειωθεί ως τελευταίο σημείο (end_point).



Εικόνα.30: Ακολουθία στοιχείων της υποτροχιάς Sub_Trajectory1 του student1.

Το πρώτο στοιχείο της υποτροχιάς Sub_Trajectory_n1 είναι η υποτροχιά Learning_Instruction_Str_n1 που έχει σημειωθεί ως αρχικό σημείο (start_point) , επόμενο στοιχείο είναι η υποτροχιά Formative_Ass_Str_n1 , επόμενο στοιχείο της υποτροχιάς Formative_Ass_Str_n1 είναι η Corrective_Str_n1 , επόμενο στοιχείο της υποτροχιάς Corrective_Str_n1 είναι η υποτροχιά Formative_Ass_Str_n2 το οποίο είναι και το τελευταίο καθώς έχει σημειωθεί ως τελευταίο σημείο (end_point).



Εικόνα.31: Ακολουθία στοιχείων της υποτροχιάς Sub_Trajectory_n1 του student2.

v. Από τι στοιχεία αποτελούνται οι υποτροχίες Learning_Instruction_Str1 και Learning_Instruction_Str_n1 των δύο μαθητών

που αφορούν τη φάση της αρχικής διδασκαλίας; Και με ποια ακολουθία;

PREFIX rdf: <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX my: <<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>>

SELECT DISTINCT ?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας ?τυπος ?ΑρχήΤέλος ?Στοιχεία
?ΕπόμενοΣτοιχείο

WHERE {

?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας my:includes ?Στοιχεία.

OPTIONAL{?Στοιχεία my:tagged_as ?ΑρχήΤέλος}

OPTIONAL{?Στοιχεία my:next ?ΕπόμενοΣτοιχείο}

?Στοιχεία rdf:type ?τυπος.

?τυπος rdfs:subClassOf ?κλάση.

FILTER (?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας IN (my:Learning_Instruction_Str1,
my:Learning_Instruction_Str_n1))}

ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας	τυπος	ΑρχήΤέλος	Στοιχεία	ΕπόμενοΣτοιχείο
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Sequence_Structure		LD_Sequence_Str_n1	
Learning_Instruction_Str1	Support_Activity	"end_point"@	Support_Action1	
Learning_Instruction_Str1	LD_Sequence_Structure	"start_point"@	LD_Sequence_Str1	Support_Action1

Εικόνα.32: Ακολουθία στοιχείων των υποτροχιών Learning_Instruction_Str1, Learning_Instruction_Str_n1.

Παρατηρούμε ότι η υποτροχιά Learning_Instruction_Str1 του student1 αποτελείται από δύο στοιχεία. Πρώτο στοιχείο της είναι η υποτροχιά LD_Sequence_Str1 καθώς έχει σημειωθεί ως αρχικό στοιχείο και είναι τύπου LD_Sequence_Structure, δηλαδή αποτελείται από δραστηριότητες που έχει σχεδιάσει ο εκπαιδευτικός και εκτέλεσε ο μαθητής υποχρεωτικά με τη σειρά, και δεύτερο στοιχείο της είναι μία υποστηρικτική δραστηριότητα, η Support_Action1.

Η υποτροχιά Learning_Instruction_Str_n1 του student2 αποτελείται από μία υποτροχιά τη LD_Sequence_Str_n1 που είναι τύπου LD_Sequence_

Structure, δηλαδή αποτελείται από δραστηριότητες που έχει σχεδιάσει ο εκπαιδευτικός και εκτέλεσε ο μαθητής υποχρεωτικά με τη σειρά.

- vi. Ποιες δραστηριότητες και τι μαθησιακά αντικείμενα χρησιμοποίησε ο μαθητής student1 κατά την αρχική διδασκαλία για να κατακτήσει τον ενδιαμέσο στόχο L_Objective1 ; Και ποιες δραστηριότητες και τι μαθησιακά αντικείμενα χρησιμοποίησε ο μαθητής student2;

PREFIX rdf: <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX my: <<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>>

```
SELECT DISTINCT ?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας ?Στοιχεία?LO
?Δραστηριότητα ?ΕπόμενηΔραστηριότητα ?ΑρχήΤέλος ?LearningObject
```

```
WHERE {
?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας my:includes ?Στοιχεία.
OPTIONAL{?Στοιχεία my:using ?LO}
OPTIONAL{?Στοιχεία my:includes ?Δραστηριότητα.
OPTIONAL{?Δραστηριότητα my:using ?LearningObject}
OPTIONAL{?Δραστηριότητα my:tagged_as ?ΑρχήΤέλος }
OPTIONAL{?Δραστηριότητα my:next ?ΕπόμενηΔραστηριότητα}
OPTIONAL{?Δραστηριότητα my:using ?LearningObject}}
FILTER (?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας IN (my:Learning_Instruction_Str1,
my:Learning_Instruction_Str_n1)) }
```

Υποτροχιά	Αρχική Διδασκαλία	Στοιχεία	LO	Δραστηριότητα	Επόμενη Δραστηριότητα	Αρχή Τέλος	Learning Object
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Sequence_Str_n1			LD_Learning_Inst_Act_n1	LD_Learning_Inst_Act_n2	"start_point"@	LOn1
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Sequence_Str_n1			LD_Learning_Inst_Act_n2		"end_point"@	LOn2
Learning_Instruction_Str1	Support_Action1	s1					
Learning_Instruction_Str1	LD_Sequence_Str1			LD_Learning_Inst_Act6		"end_point"@	LO3
Learning_Instruction_Str1	LD_Sequence_Str1			LD_Learning_Inst_Act2	LD_Learning_Inst_Act6		LO2
Learning_Instruction_Str1	LD_Sequence_Str1			LD_Learning_Inst_Act1	LD_Learning_Inst_Act2	"start_point"@	LO1

Εικόνα.33: Καταγραφή δραστηριοτήτων και μαθησιακών αντικειμένων των υποτροχιών Learning_Instruction_Str1, Learning_Instruction_Str_n1.

Παρατηρούμε από την απάντηση ότι οι δραστηριότητες που εκτέλεσε ο student1 κατά την υποτροχιά Learning_Instruction_Str1 ήταν αρχικά μια δομή δραστηριοτήτων (LD_Sequence_Str1) που όπως είπαμε και παραπάνω αποτελείται από δραστηριότητες που εκτέλεσε υποχρεωτικά με τη σειρά και είχαν σχεδιαστεί από τον εκπαιδευτικό. Οι δραστηριότητες αυτές βλέπουμε ότι αφορούν δραστηριότητες διδασκαλίας και χρησιμοποιεί ο μαθητής κάποια μαθησιακά αντικείμενα. Πρώτη δραστηριότητα είναι η LD_Learning_Inst_Act1 με μαθησιακό αντικείμενο το LO1, επόμενη δραστηριότητα είναι η LD_Learning_Inst_Act2 με μαθησιακό αντικείμενο LO2 και τέλος τη δραστηριότητα LD_Learning_Inst_Act6 με μαθησιακό αντικείμενο το LO3. Έπειτα εκτέλεσε μία υποστηρικτική δραστηριότητα την Support_Action1 χρησιμοποιώντας την υπηρεσία s1.

Ο μαθητής student2 κατά την υποτροχιά Learning_Instruction_Str_n1 εκτέλεσε όπως επίσης είδαμε παραπάνω μία δομή δραστηριοτήτων (LD_Sequence_Str_n1) που αποτελείται από δύο δραστηριότητες διδασκαλίας. Πρώτη δραστηριότητα που εκτέλεσε είναι η LD_Learning_Inst_Act_n1 με μαθησιακό αντικείμενο το LOn1 και ύστερα την LD_Learning_Inst_Act_n2 με μαθησιακό αντικείμενο το LOn2.

- vii. Τι έννοιες διδάχθηκε ο μαθητής student1 μέσω των δραστηριοτήτων διδασκαλίας που εκτέλεσε κατά την αρχική διδασκαλία για να κατακτήσει το μαθησιακό στόχο L_Objective1; Τι έννοιες διδάχθηκε ο μαθητής student2 μέσω των δραστηριοτήτων διδασκαλίας που εκτέλεσε κατά την αρχική διδασκαλία για να κατακτήσει τον ίδιο;

PREFIX rdf: <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX my: <<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>>

```
SELECT DISTINCT ?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας ?Στοιχεία ?Εννοιες
WHERE {
?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας rdf:type my:Learning_Instruction.
?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας my:includes ?ΣτοιχείαΥποτροχιάς.
?ΣτοιχείαΥποτροχιάς my:includes ?Δραστηριότητα.
OPTIONAL {?Δραστηριότητα my:introducing_concepts ?Εννοιες}
FILTER ( ?ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας IN ( my:Learning_Instruction_Str1,
my:Learning_Instruction_Str_n1))}
```

ΥποτροχιάΑρχικήςΔιδασκαλίας	Δραστηριότητα	Εννοιες
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Learning_Inst_Act_n1	"έννοια ανισότητας"@
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Learning_Inst_Act_n1	"έννοια ισότητας"@
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Learning_Inst_Act_n2	"έννοια ανισότητας"@
Learning_Instruction_Str_n1	LD_Learning_Inst_Act_n2	"έννοια ισότητας"@
Learning_Instruction_Str1	LD_Learning_Inst_Act6	"έννοια ισότητας"@
Learning_Instruction_Str1	LD_Learning_Inst_Act2	"έννοια ισότητας"@
Learning_Instruction_Str1	LD_Learning_Inst_Act1	"έννοια ισότητας"@

Εικόνα.34: Έννοιες που διδάχθηκαν οι μαθητές ακολουθώντας τις υποτροχιές Learning_Instruction_Str1, Learning_Instruction_Str_n1.

Από ότι παρατηρούμε στο αποτέλεσμα της ερώτησης ο student1 διδάχθηκε μέσω των δραστηριοτήτων διδασκαλίας που εκτέλεσε την έννοια της ισότητας ενώ ο student2 την έννοια της ισότητας και της ανισότητας.

viii. Πώς αξιολογήθηκε ο μαθητής student1 κατά την τροχιά Actual_LT1 που ακολούθησε; Σε ποιους εκπαιδευτικούς στόχους και ποια ήταν η επίδοσή του;

PREFIX rdf: <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX my: <<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>>

SELECT DISTINCT ?Μαθητης ?στόχος ?τύπος ?αξιολόγηση ?δραστηριοτητες_αξ
?LO ?σκορ

WHERE {

my:Actual_LT1 my:comprises ?στοιχεια_τροχιας .

?Μαθητης my:follows my:Actual_LT1.

?στοιχεια_τροχιας my:reach ?στόχος.

?στοιχεια_τροχιας my:includes ?αξιολόγηση.

?αξιολόγηση rdf:type my:Formative_Assessment.

?αξιολόγηση my:includes ?δραστηριοτητες_αξ.

?αξιολόγηση rdf:type ?τύπος.

?τύπος rdfs:subClassOf ?κλάση.

?δραστηριοτητες_αξ my:has_score ?σκορ.

OPTIONAL{?δραστηριοτητες_αξ my:using ?LO}}

Μαθητης	στόχος	τύπος	αξιολόγηση	δραστηριοτητες_αξ	LO	σκορ
student1	L_Objective2	Formative_Assessment	Formative_Ass_Str2	LD_Formative_Ass_Act2	LO10	"85"^^< http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float >
student1	L_Objective1	Formative_Assessment	Formative_Ass_Str1	LD_Formative_Ass_Act1	LO4	"80"^^< http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float >

Εικόνα.35: Αναζήτηση αξιολογήσεων και επιδόσεων του μαθητή student1.

Ο μαθητής φαίνεται ότι αξιολογήθηκε για το μαθησιακό στόχο L_Objective1 μέσω μίας δραστηριότητας αξιολόγησης την LD_Formative_Ass_Act1 που περιέχεται στην υποτροχιά Formative_Ass_Str1 που είναι τύπου υποτροχιάς και αφορά διαμορφωτική αξιολόγηση (Formative_Assessment). Το μαθησιακό αντικείμενο το οποίο

χρησιμοποιήθηκε είναι το LO4 και το σκορ που πέτυχε είναι 80%. Για το μαθησιακό στόχο L_Objective2 αξιολογήθηκε μέσω της διαμορφωτικής δραστηριότητας LD_Formative_Ass_Act2 που περιέχεται στην υποτροχιά Formative_Ass_Str2 που είναι τύπου Formative_Assessment. Το μαθησιακό αντικείμενο που χρησιμοποιήθηκε είναι το LO10 και το σκορ που πέτυχε είναι 85%.

ix. Ο μαθητής student2 που ακολούθησε τη τροχιά Actual_LT_n1 σε ποιες έννοιες δυσκολεύτηκε; Κατάφερε να τις ξεπεράσει;

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX my: <<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2018/4/untitled-ontology-40#>>

```
SELECTDISTINCT ?Μαθητης ?στόχος ?δραστηριότητες_αξ ?event ?έννοιες
?τύπος ?σκορ
```

```
WHERE {
?Μαθητης my:follows my:Actual_LT_n1.
my:Actual_LT_n1 my:comprises ?στοιχεια_τροχιας.
?αξιολόγηση rdf:type my:Formative_Assessment.
?στοιχεια_τροχιας my:reach ?στόχος.
?στοιχεια_τροχιας my:includes ?αξιολόγηση.
?αξιολόγηση my:includes ?δραστηριότητες_αξ.
?δραστηριότητες_αξ rdf:type ?τύπος.
?τύπος rdfs:subClassOf ?κλάση.
?δραστηριότητες_αξ my:connect_to ?event.
OPTIONAL{?δραστηριότητες_αξ my:introducing_concepts ?έννοιες.}
OPTIONAL{?δραστηριότητες_αξ my:has_score ?σκορ.}
}
```


Μαθητής	στόχος	δραστηριότητες	event	έννοιες	τύπος	σκορ
student2	L_Objective1	LD_Formative_Ass_Act_n1	Fail_event_n1	"έννοια ισότητας"@	LD_Formative_Assessment_Activity	"70"^^<http://www.w3.
student2	L_Objective1	Formative_Ass_Act_n1	pass_event1	"έννοια ισότητας"@	Formative_Assessment_Activity	"85"^^<http://www.w3.
student2	L_Objective2	LD_Formative_Ass_Act_n3	pass_event1	"έννοια μεταβλητής"@	LD_Formative_Assessment_Activity	"87"^^<http://www.w3.

Εικόνα.36: Αναζήτηση εννοιών στις οποίες δυσκολεύτηκε ο μαθητής student2.

Μας παρουσιάστηκαν ως αποτέλεσμα οι δραστηριότητες και οι έννοιες στις οποίες αξιολογήθηκε ο μαθητής με τα γεγονότα fail_event ή pass_event που συνδέονται. Παρατηρούμε δηλαδή ότι δυσκολεύτηκε στην έννοια της ισότητας καθώς η δραστηριότητα διαμορφωτικής αξιολόγησης LD_Formative_Ass_Act_n1 που συνδέεται με fai_event αξιολογεί την έννοια αυτή. Όμως φαίνεται ότι ξεπέρασε τη δυσκολία κατανόησης της έννοιας καθώς στη δραστηριότητα διαμορφωτικής αξιολόγησης Formative_Ass_Act_n1 που αξιολογείται η έννοια της ισότητας πέτυχε σκορ 85% και συνδέεται με γεγονός pass_event.

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις της οντολογίας

Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάστηκαν οι ανάγκες που καλείται να εξυπηρετήσει η οντολογία που περιγράφει σημασιολογικές μαθησιακές τροχιές. Η καταγραφή των μαθησιακών τροχιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανακτήσουμε πληροφορίες τις οποίες χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί, οι ερευνητές και οι ειδικοί στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

Η οντολογία που αναπτύχθηκε καταλήγουμε πως απαντά με επιτυχία βασικά ερωτήματα που αφορούν την περίπτωση στην οποία αξιοποιήθηκε. Τα ερωτήματα έχουν συνταχθεί στη γλώσσα SPARQL και απαντώνται στο εργαλείο Protégé.

Τέλος, η οντολογία αυτή θα μπορούσε :

- να επεκταθεί μελλοντικά στο δεύτερο επίπεδο της ώστε να διευρυνθεί το πεδίο αξιοποίησής της, δηλαδή να προστεθούν επιπλέον υποκλάσεις που να αποτυπώνουν ενέργειες των μαθητών που ακολουθούν άλλα διδακτικά μοντέλα
- να συνδεθεί με ήδη υπάρχουσες οντολογίες οι οποίες αφορούν το λεξιλόγιο και τη δομή της, όπως :
 - το προφίλ του εκπαιδευόμενου, ώστε να μπορούν να προταθούν τροχιές με βάση το προφίλ και τις ανάγκες των μαθητών.
 - τα μαθησιακά αντικείμενα και τις συνθηκες χρήσης τους σε σχέση με το προφίλ ενός μαθητή.
 - τις εκπαιδευτικές πρακτικές ώστε να αποτυπώνονται περισσότερες πληροφορίες για τις ενέργειες του μαθητή όταν ακολουθεί μία πρακτική, όπως για παράδειγμα να δούμε αν ολοκλήρωσε μία δραστηριότητα στο χρόνο που έχει οριστεί στην πρακτική που ακολουθεί.
 - τους στόχους ή τα πρότυπα των αναλυτικών προγραμμάτων, ώστε να δημιουργούνται αναφορές για τους μαθητές σχετικά με τους στόχους και τα προγράμματα που έχουν ακολουθήσει.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Achieve. (2015). *The Role of Learning Progressions in Competency-Based Pathways*. Washington, DC.

Alenius, P. (2016). Informal learning processes of migrants in the civil: a transnational perspective. *European Journal for Research on the Education and Learning of Adults* , 41-55.

Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology* , 267—272.

Bandura, A. (1971). *Social learning theory*. New York: General Learning.

Becker, W. (1975). *Classroom management*. Chicago: Science Research Associates.

Becker, W., Engelmann, S., Carnine, D., & Rhine, W. (1981). *Making schools more effective*. New York: Academic Press.

Block, J. W. (1971). *Mastery learning: Theory and practice*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.

Bloom, B. S. (1971). Mastery learning: Theory and practice. Στο J. H. Block, & (Ed.), *Mastery learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Bradford, L. P., Gibb, J. R., & Benne, K. D. (1964). *T-Group theory and laboratory method*. New York: Wiley.

Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A Study of Thinking*. New York: Wiley.

Calhoun, E. (1999). *Teaching beginning reading and writing with the picture word inductive*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.

Carroll, J. B. (1971). Problems of measurement related to the concept of learning for mastery. Στο J. H. Block, *Mastery learning: Theory and practice*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early Childhood Mathematics Intervention. *Science* .

Clements, D., & Samara, J. (2009). *Learning and Teaching Early Math: The learning Trajectories Approach*. . New York: Routledge.

Cohen, E. (1986). *Designing groupwork*. New York: Teachers College Press.

Confrey, J., Maloney, A. P., & Corley, A. K. (2014). Learning trajectories: A framework for connecting standards with curriculum. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education* , 719-733.

- Confrey, J., Maloney, A., Nguyen, K., Mojica, G., & Myers, M. (2009). Equipartitioning/splitting as a foundation of rational number reasoning using learning trajectories. *33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Thessaloniki, Greece.
- Cooperative Educational Service Agency #1. (2015). *Our Model*. Ανάκτηση από Institute for Personalized Learning: <http://institute4pl.org/index.php/our-model/>
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). *Learning progressions in science: An evidenced-based approach to reform*. New York: Center on Continuous Instructional Improvement, Teachers CollegeColumbia University.
- Council, N. R. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. (H. S. R.A. Duschl, Επιμ.) Washington DC: National Academic Press.
- Cross, C. W. (2009). *Mathematics in early childhood: Learning paths toward excellence and equity*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Daro, P., Mosher, F. A., & Corcoran, T. B. (2011). *Learning Trajectories in Mathematics: A Foundation for Standards, Curriculum, Assessment, and Instruction*. CPRE Research Reports.
- Dewey, J. (1960). *The child and the curriculum*. Chicago: University of Chicago Press.
- Duffy, G. G., & Roehler, L. R. (1982). Direct Instruction of Comprehension: What Does it Really Mean? *Reading Horizons* .
- Empson, S. (2011). On the idea of learning trajectories: Promises. *The Mathematics Enthusiast* , 571–596.
- Glasser, W. (1969). *Schools without failure*. New York: Harper & Row.
- Good, T., & Brophy, G. (1974). An empirical investigation: Changing teacher and student behavior. *Journal of Educational Psychology* , 399—405.
- Gordon, W. J. (1961). *Synergetics*. New York: Harper & Row.
- Gotwals, A. W., & Alonzo, A. C. (2012). Introduction: Leaping into learning progressions in science. Στο A. W. Gotwals, & A. C. Alonzo (Επιμ.), *Learning progressions in science: Current challenges* (σσ. 3–12). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Gros, B., Kerres, E. M., Merrienboer, J., & Spector, M. (1997). Instructional design and the authoring of multimedia and hypermedia systems: Does a marriage make sense? *Educational Technology* , 48-56.
- Guc, B., May, M., Y, S., & Korner, C. (2008). Semantic annotation of gps trajectories. *11th AGILE International Conference on Geographic Information Science*.

- Guskey, T. R. (2007). Closing Achievement Gaps: Revisiting Benjamin S. Bloom's "Learning for Mastery. *Journal of Advanced Academics* , 19, 8-31.
- Hunt, D. E. (1971). *Matching models in education*. Toronto: Ontario Institute for Studies in Education.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1975). *Learning together and alone*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2000). *Models of Teaching*. New Jersey: Pearson Education.
- Kamii, C., & DeVries, R. (1974). Piaget-based curricula for early childhood education. Στο R. (. Parker, *The preschool in action*. Boston: Allyn & Bacon.
- Kobrin, J. L., Larson, S., Cromwell, A., & Garza, P. (2015). A Framework for Evaluating Learning Progressions on Features Related to Their Intended Uses. *Journal of Educational Research and Practice* , 58-73.
- Koper, R. (2006). Current Research in Learning Design . *Educational Technology & Society* , 13-22.
- Maslow, A. (1962). *Toward a psychology of being*. New York: Van Nostrand.
- Massialas, B. G., & Cox, B. C. (1966). *Inquiry in Social Studies* . McGraw-Hill.
- Mountain, D., & Raper, J. F. (2001). Modelling human spatio-temporal behaviour: a challenge for location-based services. *6th International Conference on GeoComputation*. Brisbane, Australia.
- Olivier, B., & Tattersall, C. (2005). Learning Design Specification. Στο *Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training*. Springer.
- Pearson, D. P., & Gallagher, M. C. (1983). *Center for the Study of Reading*. Cambridge: The National Institute of Education.
- Perls, F. (1968). *Gestalt therapy verbatim*. Lafayette, Calif: Real People Press.
- Piaget, J. (1960). *The child's conception of the world*. Atlantic Highlands. N.J: Humanities Press.
- Rimm, D. C., & Masters, J. C. (1974). *Behavior Therapy: Techniques and Empirical Findings*. New York: Academic Press.
- Rogers, C. (1982). *Freedom to learn in the eighties*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Santipantakis, G., Vouros, G., Doukeridis, C., Vlachou, A., Andrienko, G., Andrienko, N., et al. (2017). Specification of Semantic Trajectories Supporting Data Transformations for Analytics: The datAcron Ontology. Retrieved from https://zenodo.org/record/853046/files/main_semantics.pdf?download=1

- Schnepf, S. (2007). Immigrants' Educational Disadvantage: An Examination Across Ten Countries and Three Surveys. *Journal of Population Economics* , 527-545.
- Schwab, J. J., & Brandwein, P. F. (1962). *The Teaching of science: The teaching of science as enquiry*. Cambridge: Harvard University Press.
- Shaftel, F., & Shaftel, G. (1982). *Role playing in the curriculum*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Sharan, S., & Hertz-Lazarowitz, R. (1980). Academic achievement of elementary school children in smallgroup versus whole-class instruction. *Journal of Experimental Education* , 120—129.
- Shaver, J. P., & Oliver, O. W. (1971). *Cases and controversy: A guide to teaching the public issues series*. Middletown, Conn: American Education Publishers.
- Sigel, F. E. (1969). The Piagetian system and the world of educational studies. Στο D. Elkind, J. Flavelli, & (Eds.), *Cognitive development*. New York: Oxford University Press.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist. *Journal for Research in Mathematics Education* , 26, 14-145.
- Skinne, B. F. (1957). *Verbal behai'ior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Slavin, R. E., Madden, N. A., Karweit, N., Livermon, B. J., & Dolan, L. (1990). Success for all: First-year outcomes of a comprehensive plan for reforming urban education. *American Educational Research Journal* , 255—278.
- Smith, K. (1966). *Cybernetic principles of learning and educational design*. New York: Holt,Rinehart, & Winston.
- Spaccapietra, S., Parent, C., Damiani, M. L., Macedo, J. A., Porto, F., & Vangenot, C. (2008, April). A conceptual view on trajectories. *Data & Knowledge Engineering* , 126-146.
- Suchman, R. J. (1964). *Studies in inquiry training*. New York: Cornell University Press.
- Sullivan, E. (1967). *Piaget and the school curriculum: A critical appraisal*. Toronto: Ontario Institute for Studies in Education.
- Taba, H. (1967). *Teacher's handbook for elementary social studies*. Calif: Addison-Wesley.
- Tattersall, C., Manderveld, J., Hummel, H., Sloep, P., Koper, E. J., & Vries, F. d. (2003). IMS Learning Design Frequently Asked Questions. Ανάκτηση από https://www.researchgate.net/publication/228503002_IMS_Learning_Design_frequently_asked_questions

Team, G. R. (n.d.). *gismo Generating Increased Science and Math Opportunities*. Ανάκτηση από <https://turnonccmath.net/>.

Thelen, H. (1981). *The classroom society: The construction of education*. Haisted Press.

Van den Heuvel – Panhuizen, M. (2001). *Children learn mathematics: a learning – teaching trajectory with intermediate attainment targets for calculation with whole numbers in primary school*. Utrecht: Freudenthal Institute & National Institute for Curriculum Development.

Wolpe, J. (1969). *The practice of behavior therapy*. Oxford: Pergamon Press.

IEEE. (2001). Reference Guide for Instructional Design and Development. Ανάκτηση από <https://www-users.cs.york.ac.uk/~idb/ieee.instruct.pdf>

Ματσαγγούρας 2001 *Στρατηγικές Διδασκαλίας. Η κριτική σκέψη στη Διδακτική Πράξη, Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας* Αθήνα Gutenberg

Τριλιανός, Α. (2004). *Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας: Καινοτόμες Επιστημονικές Προσεγγίσεις στη Διδακτική Πράξη* (3η εκδ., Τόμ. Ι,ΙΙ). Αθήνα.

Τριλιανός, Α. (1998). *Μεθοδολογία της σύγχρονης Διδασκαλίας: Καινοτόμες Επιστημονικές Προσεγγίσεις στη Διδακτική Πράξη* (Τόμ. ΙΙ). Αθήνα.