



Ενότητα 8

Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την υπολογιστική σκέψη: σχεδιασμός και πτυχές ενσωμάτωσης

Συντάκτης: University of Turku (Φινλανδία)
Peter Larsson
Ashok Veerasamy

Εξεταστές:
Panagiotis Kosmas (CARDET),
Mart Laanpere (TLN)
Vaida Masiulionytė-Dagienė (VU)

Εξωτερικοί εξεταστές:
Andreas Mühling (Γερμανία),
Filiz Kalelioğlu (Τουρκία)

Σχεδιασμός (εικόνες):
Vaidotas Kinčius (Λιθουανία)

Πιλοτική υλοποίηση:
CARDET (Κίπρας), University of Turku (Φινλανδία), Vilnius University (Λιθουανία)

Η περιγραφή της Ενότητας βασίζεται στις δράσεις εντός του έργου «Εκπαίδευση Μελλοντικών Εκπαιδευτικών: Υπολογιστική Σκέψη και Μαθήματα STEAM» (TeaEdu4CT). Συντονισμός: Καθηγ. Valentina Dagienė, Vilnius University, Λιθουανία. Εταίροι: KTH Royal Institute of Technology (Sweden), University of Turku (Φινλανδία), Tallinn University (Εσθονία), Ankara University (Τουρκία), CESIE (Ιταλία), Radboud University (Ολλανδία), Paderborn University (Γερμανία), CARDET (Κύπρος). Το έργο συγχρηματοδοτείται από το Πρόγραμμα Erasmus+ KA2.



Περιεχόμενα

	Γενική επισκόπηση και στόχος	3
	Ομάδα στόχου και προϋποθέσεις	3
	Μαθησιακά Αποτελέσματα (ΜΑ) και Μέθοδοι Αξιολόγησης	6
	Σχέδιο ενότητας και διδακτικές προσεγγίσεις	8
	Ενότητες και Δραστηριότητες	10
	Προϋποθέσεις αξιολόγησης και στρατηγική αξιολόγησης	64
	Ιδέες εφαρμογής	65
	Βιβλιογραφία	65



Γενική επισκόπηση και στόχος

Αυτή η ενότητα αφορά τον τρόπο δημιουργίας εκπαιδευτικών περιβάλλοντων, τα οποία υποστηρίζουν την ενσωμάτωση της Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ) με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική, τις Τέχνες και τα Μαθηματικά (STEAM). Τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα παρέχουν την απαραίτητη τεχνολογία που υποστηρίζει την εφαρμογή της ΥΣ. Η εκπαίδευση STEAM συγχωνεύει τις ελεύθερες τέχνες με τα μαθήματα STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) για να κάνει το σύνολο των γνωστικών αντικειμένων προσιτό σε έναν ευρύτερο μαθητικό πληθυσμό και να ενισχύσει τη δημιουργικότητα. Ενώ οι τέχνες παρέχουν το πλαίσιο και τη δημιουργικότητα για την εφαρμογή των μαθημάτων STEM, η ΥΣ επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ασκούνται τα μαθήματα. Η ΥΣ θεωρείται ως μια γενική στάση και ένα σύνολο δεξιοτήτων που υποστηρίζει την ενσωμάτωση μεθόδων από την επιστήμη της πληροφορικής στις επιστημονικές πρακτικές.

Οι τρεις πτυχές (Μαθηματικά, Μηχανική και Επιστήμη) της Επιστήμης των Υπολογιστών (ΕΥ) σε συνδυασμό με ένα μοντέλο ΥΣ χρησιμοποιούνται ως πλαίσιο στη συγκεκριμένη ενότητα. Το πλαίσιο βοηθά τον εκπαιδευτικό στον σχεδιασμό της χρήσης της εκπαιδευτικής τεχνολογίας για την υποστήριξη της ενσωμάτωσης της ΥΣ και των STEAM. Κάθε πτυχή παρέχει έναν τρόπο ενσωμάτωσης της ΥΣ με το αντίστοιχο γνωστικό αντικείμενο. Το αντικείμενο της Τεχνολογίας (Τ στο STEM) ερμηνεύεται ότι καλύπτεται από την πτυχή της Μηχανικής. Οι μαθητές μαθαίνουν να σχεδιάζουν την υποστήριξη της εκπαιδευτικής Τεχνολογίας χρησιμοποιώντας τις τρεις πτυχές. Στο σχέδιο εργασίας του μαθήματος, οι μαθητές σχηματίζουν ομάδες για να δημιουργήσουν ένα σχέδιο για μια μαθησιακή παρέμβαση, όπου η ΥΣ είναι ενσωματωμένη με το STEAM και υποστηρίζεται από την εκπαιδευτική Τεχνολογία. Ο ρόλος των Τεχνών (Α στο STEAM) στον σχεδιασμό της μαθησιακής παρέμβασης είναι να καθορίσει το πλαίσιο, να δημιουργήσει εμπλοκή και να ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα.

Αυτή η ενότητα απευθύνεται σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς των γνωστικών αντικειμένων STEAM.



Ομάδα στόχου και προϋποθέσεις

Η ομάδα στόχου αποτελείται από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς STEM, STEAM ή ενός από τα μαθήματα STEAM.

Δεν υπάρχουν προαπαιτούμενα προσόντα εκτός από την καλή γνώση του/των κύριου/κυρίων αντικειμένου/ων και τις παιδαγωγικές σπουδές.

Ωστόσο, οι βασικές γνώσεις προγραμματισμού αποτελούν πλεονέκτημα.

Λέξεις κλειδιά

διδασκαλίας, σχεδιασμός, εκπαιδευτική τεχνολογία, υπολογιστική σκέψη, STEM, STEAM

Σχετικά πλαίσια ικανοτήτων

Τα περιεχόμενα αυτής της ενότητας προωθούν τις ακόλουθες ικανότητες του μοντέλου ικανοτήτων DigCompEdu (οι **ικανότητες που δεν καλύπτονται αποκλείονται**- βλέπε Θεματική Ενότητα 1 Ενότητα 3 για πλήρη περιγραφή του μοντέλου):

1. Επαγγελματική εμπλοκή	
1.3. Πρακτική αναστοχασμού	Να αναστοχάζονται ατομικά, να αξιολογούν κριτικά και να αναπτύσσουν ενεργά τη δική τους ψηφιακή παιδαγωγική πρακτική και της εκπαιδευτικής κοινότητάς τους. <i>Αυτή η ενότητα παρέχει ένα σαφές πλαίσιο για να σκεφτούν να χρησιμοποιήσουν την ψηφιακή εκπαιδευτική τεχνολογία στο πλαίσιο της διδασκαλίας της ΥΣ και του STEAM.</i>
2. Ψηφιακές πηγές	
2.1. Επιλογή ψηφιακών πηγών	Να εντοπίζουν, να αξιολογούν και να επιλέγουν ψηφιακές πηγές για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Να λαμβάνουν υπόψη τους συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους, το πλαίσιο, την παιδαγωγική προσέγγιση και την ομάδα μαθητών, όταν επιλέγουν ψηφιακές πηγές και σχεδιάζουν τη χρήση τους. <i>Υπάρχουν πολλές εκπαιδευτικές τεχνολογίες και, ως εκ τούτου, σε αυτή την ενότητα η έμφαση δίνεται στο να μάθουν να αναγνωρίζουν μοτίβα που υποδεικνύουν δυνατότητες αξιοποίησης μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας.</i>
2.2. Δημιουργία και τροποποίηση ψηφιακών πηγών	Να τροποποιούν και να αξιοποιούν υφιστάμενες πηγές με ανοικτή άδεια χρήσης και άλλων πηγών, όπου αυτό επιτρέπεται. Να δημιουργούν ή να συνδημιουργούν νέες ψηφιακές εκπαιδευτικές πηγές. Να λαμβάνουν υπόψη τους συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους, το πλαίσιο, την παιδαγωγική προσέγγιση και την ομάδα μαθητών, όταν σχεδιάζουν ψηφιακές πηγές και προγραμματίζουν τη χρήση τους. <i>Παρόλο που οι βασικές εκπαιδευτικές τεχνολογίες, ήδη, υπάρχουν, υπάρχει, συνήθως, η ανάγκη τροποποίησής τους ώστε να ανταποκρίνονται στους επιδιωκόμενους σκοπούς. Σε αυτή την ενότητα, οι μαθητές μαθαίνουν, πρώτα, πώς να σχεδιάζουν την εφαρμογή της τεχνολογίας και, στη συνέχεια, πώς να την υλοποιούν.</i>
3. Διδασκαλία και μάθηση	

3.1. Διδασκαλία	Να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν ψηφιακές συσκευές και πηγές στη διδακτική διαδικασία, ώστε να ενισχύουν την αποτελεσματικότητα των διδακτικών παρεμβάσεων. Να διαχειρίζονται και να οργανώνουν κατάλληλα τις ψηφιακές διδακτικές παρεμβάσεις. Να πειραματίζονται και να αναπτύσσουν νέες μορφές και παιδαγωγικές μεθόδους διδασκαλίας. <i>Για να πετύχει η εφαρμογή της εκπαιδευτικής τεχνολογίας πρέπει να είναι ενταγμένη στο πλαίσιο του θέματος και να υποστηρίζει τις δραστηριότητες που οδηγούν στη μάθηση. Το πρακτικό μέρος αυτής της ενότητας αφορά την ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στη διδασκαλία και τη μάθηση.</i>
3.4. Αυτορρυθμιζόμενη μάθηση	Να χρησιμοποιούν τις ψηφιακές τεχνολογίες για την υποστήριξη διαδικασιών αυτορρυθμιζόμενης μάθησης. Αυτό σημαίνει, να μπορούν οι εκπαιδευόμενοι να σχεδιάζουν, να παρακολουθούν και να προβληματίζονται σχετικά με τη δική τους μάθηση, να παρέχουν αποδείξεις προόδου, να μοιράζονται γνώσεις και να βρίσκουν δημιουργικές λύσεις. <i>Αυτή η ενότητα παρουσιάζει μια θεωρία που ο μελλοντικός εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει για να δημιουργήσει καινοτόμους διδακτικούς σχεδιασμούς που υποστηρίζουν την αυτορρυθμιζόμενη μάθηση. Η εκπαιδευτική τεχνολογία που χρησιμοποιείται θα πρέπει να υποστηρίζει τη μάθηση, αλλά όχι να παρέχει έτοιμες λύσεις που καταστρέφουν τη δημιουργικότητα και αφαιρούν τη χαρά της ανακάλυψης.</i>
4. Αξιολόγηση	
4.1. Στρατηγικές αξιολόγησης	Να χρησιμοποιούν ψηφιακές τεχνολογίες για διαμορφωτική και τελική αξιολόγηση. Να ενισχύσουν την ποικιλομορφία και την καταλληλότητα των ειδών και προσεγγίσεων αξιολόγησης. <i>Οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες για την ΥΣ και το STEAM αποσκοπούν στην υποστήριξη της εξεύρεσης λύσεων, είτε μέσω της δημιουργίας είτε μέσω της ανακάλυψης. Τα αποτελέσματα δημιουργούνται βήμα προς βήμα και, ως εκ τούτου, μπορεί να εφαρμοστεί διαμορφωτική αξιολόγηση. Το αποτέλεσμα είναι, συνήθως, περισσότερο από το άθροισμα των μερών του και επομένως είναι, επίσης, κατάλληλο για αθροιστική αξιολόγηση.</i>
5. Ενδυνάμωση των μαθητών	

5.3.Ενεργή εμπλοκή των μαθητών	Να χρησιμοποιούν τις ψηφιακές τεχνολογίες για την προώθηση της ενεργού και δημιουργικής εμπλοκής των μαθητών με ένα θέμα. Να χρησιμοποιούν τις ψηφιακές τεχνολογίες στο πλαίσιο παιδαγωγικών στρατηγικών που ενισχύουν τις κομβικές δεξιότητες των μαθητών, προωθούν τη μάθηση σε νέα, πραγματικά πλαίσια, εμπλέκουν τους ίδιους τους μαθητές σε πρακτικές δραστηριότητες, όπως την επιστημονική έρευνα και την επίλυση σύνθετων προβλημάτων ή με άλλους τρόπους που αυξάνουν την ενεργό συμμετοχή και τη δημιουργική έκφραση των μαθητών. <i>Αυτό το σημείο θα μπορούσε να είναι μια περιγραφή του γιατί οι ελεύθερες τέχνες προστέθηκαν στα μαθήματα STEM. Η προοπτική της ΥΣ των διαφόρων γνωστικών αντικειμένων υποστηρίζει την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών.</i>
6. Στήριξη της ψηφιακής επάρκειας των μαθητών	
6.5.Επίλυση ψηφιακών προβλημάτων	Να ενσωματώνουν δραστηριότητες μάθησης και αξιολόγησης που απαιτούν από τους εκπαιδευόμενους να εντοπίζουν και να επιλύουν τεχνικά προβλήματα ή να μεταφέρουν τις τεχνολογικές γνώσεις, δημιουργικά, σε νέες καταστάσεις. <i>Η υπολογιστική σκέψη είναι μια μέθοδος επίλυσης προβλημάτων. Αναπτύσσει τη δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας των πληροφοριών για τη διαμόρφωση μιας λύσης. Δημιουργώντας ενδιαφέροντα και ελκυστικά προβλήματα, οι εκπαιδευτικοί μεταφέρουν τις γνώσεις τους στους μαθητές τους.</i>



Μαθησιακά Αποτελέσματα (ΜΑ) και Μέθοδοι Αξιολόγησης

Ένας επιτυχημένος μαθητής θα...	Μέθοδοι Αξιολόγησης
αναγνωρίζει ευκαιρίες για την εφαρμογή της ΥΤ σε θέματα STEAM (ανάλυση)	Αξιολόγηση από ομότιμους ενός σχεδίου (με βάση το PRADA) που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο η ΥΣ θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε θέμα/τα STEAM.

είναι σε θέση να επιλέγει την κατάλληλη εκπαιδευτική τεχνολογία που υποστηρίζει την ΥΣ στο STEAM (εφαρμογή)	Αξιολόγηση από ομότιμους ενός σχεδίου (με βάση το πλαίσιο των πτυχών της ΥΣ για STEAM) για τον τρόπο επιλογής της σωστής τεχνολογίας που υποστηρίζει τη μάθηση του/των θέματος/ων STEAM.
είναι σε θέση να σχεδιάσει μια μαθησιακή παρέμβαση, βασισμένη στην ΥΣ και το STEAM, χρησιμοποιώντας εκπαιδευτική τεχνολογία (δημιουργικότητα)	Αξιολόγηση από τους διδάσκοντες της έκθεσης και της παρουσίασης του διδακτικού σχεδιασμού του έργου.



Σχέδιο ενότητας και διδακτικές προσεγγίσεις

Η ενότητα αυτή αποτελεί επεξεργασία του μοντέλου επαγγελματικής ανάπτυξης Code, Connect and Create (3C) (Jocius et al., 2020), το οποίο αποσκοπεί στην υποστήριξη των εκπαιδευτικών στην ενσωμάτωση του διεπιστημονικού περιεχομένου και των αρχών της ΥΣ. Η κωδικοποίηση γενικεύεται στη χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας που υποστηρίζει την ΥΣ και η διεπιστημονικότητα ερμηνεύεται στο πλαίσιο του STEAM. Τα 3C χρησιμοποιούν το μοντέλο PRADA της ΥΣ (Dong et al., 2019), του οποίου οι αρχές ορίζονται με κατάλληλους όρους για τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με την πληροφορική. Παρόλο που το οικείο λεξιλόγιο είναι καλό, μπορεί να αφήσει εκτός γνώσεις που αποτελούν μέρος του υποβάθρου του πλαισίου της ΥΣ. Σε αυτή την ενότητα τονίζουμε τις έννοιες του μοντέλου PRADA, εισάγοντας μαθηματικές, μηχανολογικές και επιστημονικές προοπτικές της ΥΣ για να βοηθήσουμε στην εφαρμογή του.

Σύνοψη ενότητας

Ενότητα 1 - Τρεις προοπτικές της Επιστήμης της Πληροφορικής • Η Επιστήμη της Πληροφορικής (ΕΥ) είναι ένας συνδυασμός μαθηματικών, μηχανικών και επιστημονικών προοπτικών. Οι προοπτικές αυτές υποστηρίζουν την εφαρμογή της Επιστήμης της Πληροφορικής σε αυτούς τους τομείς.
Ενότητα 2 - Προοπτικές ΥΣ στο πλαίσιο STEAM • Αναγνώριση προτύπων, Αφαίρεση, Αποσύνθεση και Σχεδιασμός αλγορίθμων (PRADA) χρησιμοποιούνται ως μοντέλο για την Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ). Οι προοπτικές ΕΥ βοηθούν στην αναγνώριση μοτίβων σε θέματα STEAM, όπου θα μπορούσε να εφαρμοστεί η ΥΣ.
Ενότητα 3 - Επιλογή εκπαιδευτικών τεχνολογιών με βάση τις προοπτικές της ΥΣ • Το πλεονέκτημα της ΥΣ είναι η δυνατότητα εφαρμογής μεθόδων και εργαλείων της ΕΥ. Με την ΕΥ μπορεί κανείς να επιλύσει προβλήματα, να αυτοματοποιήσει εργασίες και να κατανοήσει φαινόμενα, χρησιμοποιώντας την υπολογιστική τεχνολογία. Οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες συνδυάζουν υπολογιστικά εργαλεία που καθιστούν τα εργαλεία κατάλληλα για μάθηση.
Ενότητα 4 - Έργο 1/2: ID για ΥΣ /ET+ STEAM • Σε αυτή την ενότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί μαθαίνουν να συνεργάζονται για τη δημιουργία διδακτικού περιεχομένου χρησιμοποιώντας ένα εννοιολογικό μοντέλο STEAM. Το πλαίσιο προοπτικών της ΥΣ τους επιτρέπει να εντοπίζουν ευκαιρίες, όπου θα μπορούσε να εφαρμοστεί η ΥΣ.
Ενότητα 5 - Έργο 2/2: ID για ΥΣ/ET+ STEAM • Σε αυτή την ενότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συνεχίζουν τη συνεργασία και σχεδιάζουν ένα μαθησιακό περιβάλλον που υποστηρίζει το διδακτικό περιεχόμενο. Ο σχεδιασμός της ενσωμάτωσης της εκπαιδευτικής τεχνολογίας που υποστηρίζει την ΥΣ αποτελεί βασικό μέρος της δημιουργίας του μαθησιακού περιβάλλοντος.
Ενότητα 6 - Παρουσιάσεις έργου • Παρουσιάσεις των διδακτικών σχεδίων που συνδυάζουν ΥΣ, STEAM και εκπαιδευτική τεχνολογία

Δραστηριότητες Ενότητας

ECTS 1 = 27 ώρες (στη Φιλανδία)

Ενότητα 1 - Τρεις προοπτικές επιστήμης υπολογιστών

Διάλεξη

Παρουσιάζοντας τις τρεις προοπτικές της επιστήμης των υπολογιστών: 90 λεπτά

Δραστηριότητα 1.1 Κατ' οίκον εργασία

Εξετάζοντας το δικό σας θέμα μέσα από μία από τις προοπτικές της Επιστήμης της Πληροφορικής: 60 λεπτά

Ενότητα 2 - Προοπτικές ΥΣ για το πλαίσιο STEAM

Διάλεξη

Προοπτικές της ΥΣ για το πλαίσιο STEAM: 90 λεπτά

Δραστηριότητα 2.1 Κατ' οίκον εργασία

Περιγραφή του δικού σας θέματος χρησιμοποιώντας τις προοπτικές της ΥΣ για το STEAM: 60 λεπτά

Δραστηριότητα 2.2 Κατ' οίκον εργασία
Τρεις αξιολογήσεις από ομότιμους: 90 λεπτά

Ενότητα 3 - Επιλογή εκπαιδευτικών τεχνολογιών με βάση τις προοπτικές της ΥΣ

Διάλεξη

Εκπαιδευτική τεχνολογία για τις προοπτικές της ΥΣ: 90 λεπτά

Δραστηριότητα 3.1 Κατ' οίκον εργασία
Σχεδιασμός της υποστήριξης της εκπαιδευτικής τεχνολογίας για το δικό σας θέμα: 2 ώρες

Δραστηριότητα 3.2 Κατ' οίκον εργασία
Τρεις αξιολογήσεις από ομότιμους: 90 λεπτά

Ενότητα 4 - Δημιουργία διδακτικού περιεχομένου για ΥΣ που ενσωματώνει STEAM

Διάλεξη

Μοντέλο διδασκαλίας STEAM 1/2: 90 λεπτά

Δραστηριότητα 4.1
Μέρος της εργασίας του μαθήματος 1/2: 5 ώρες

Δραστηριότητα 4.2
Η ομάδα συζητά το σχέδιο με τον επιβλέποντα: 30 λεπτά

Ενότητα 5 - Σχεδιασμός του μαθησιακού περιβάλλοντος για ΥΣ που ενσωματώνει STEAM

Διάλεξη

Μοντέλο διδασκαλίας STEAM 2/2: 90 λεπτά

Δραστηριότητα 5.1
Εργασία μαθήματος 2/2: 5 ώρες

Ενότητα 6 - Παρουσιάσεις έργων

Δραστηριότητα 6.1
Ομαδικές παρουσιάσεις 2 ώρες



Ενότητες και Δραστηριότητες

Ενότητα 1 - Τρεις προοπτικές της Επιστήμης της Πληροφορικής

Μια πρόκληση της ΥΣ είναι ότι ταιριάζει πολύ καλά σε θέματα STEM. Φαίνεται να αποτελεί μέρος τους, αλλά αν είναι φυσικά ήδη εκεί, όπου είναι η συνεισφορά (Pears, 2019). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ΥΣ είναι η ικανότητα να εντοπίζουμε ευκαιρίες για μεθόδους και εργαλεία από την Επιστήμη των Υπολογιστών (ΕΥ), σε συνδυασμό με τη γνώση του τρόπου με τον οποίο θα μπορούσαν να εφαρμοστούν. Για να είναι αυτό εφικτό, ένας σκεπτόμενος υπολογιστικά θα πρέπει, επίσης, να είναι εξοικειωμένος με την ΕΥ, σύμφωνα με τον Wing (2006). Ωστόσο, δεν υπάρχει συμφωνία για το τι είναι η ΕΥ, αντίθετα μπορεί να ειπωθεί ότι αποτελείται από τρεις μεγάλες προοπτικές: Μαθηματικά, Μηχανική και Επιστήμη (Tedre, 2018). Αυτό φαίνεται να είναι ευνοϊκό, διότι ενσωματώνει τις απόψεις των γνωστικών αντικειμένων STEM (το γνωστικό αντικείμενο της τεχνολογίας (Τ στο STEM) ερμηνεύεται ως μέρος της άποψης της Μηχανικής). Σε αυτή την ενότητα, η ΕΥ παρουσιάζεται μέσα από τον φακό των τριών πιο πάνω προοπτικών.

Η ΕΥ είναι μια νέα επιστήμη. Το πρώτο τμήμα ιδρύθηκε το 1962, στο πανεπιστήμιο Purdue. Με τη βοήθεια της ΕΥ, οι υπολογιστές και η συναφής τεχνολογία αναπτύχθηκαν γρήγορα από τον πρώτο υπολογιστή ENIAC το 1945, με επιφάνεια 1800 τετραγωνικών ποδιών (167 τετραγωνικών μέτρων), σε δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένα κινητά τηλέφωνα το 2020, τα οποία χωράνε στην τσέπη των ιδιοκτητών τους. Πριν από το 1990, η έρευνα στον τομέα αυτό μπορούσε να διαχωριστεί στη μηχανική υπολογιστών που επικεντρωνόταν στο υλικό, στην επιστήμη υπολογιστών (δηλαδή το θεωρητικό μέρος της ΕΥ) που ερευνούσε τον προγραμματισμό, και στα συστήματα πληροφοριών, που αφορούσαν τη χρήση των υπολογιστών σε επίπεδο επιχείρησης. Μετά το 1990, εμφανίστηκαν δύο ακόμη υπο-πεδία. Η μηχανική λογισμικού διερευνούσε την παραγωγή λογισμικού. Η τεχνολογία πληροφοριών, σε επίπεδο επιχείρησης, επικεντρώθηκε στη διαχείριση και υποστήριξη της οργανωτικής χρήσης της τεχνολογίας πληροφοριών. Ο αριθμός των ερευνητικών τομέων στην ΕΥ αυξάνεται, από 12 το 1996, σε 26 το 2005. Παρόλο που ο τομέας φαίνεται να έχει αποκλίσεις, υπάρχει, επίσης, κάτι κοινό σε όλους. Η ΕΥ είναι ένας μοναδικός συνδυασμός Μαθηματικών, Μηχανικής και Επιστήμης.

Μαθηματικά

Η λέξη υπολογιστής στην ΕΥ αναφερόταν, αρχικά, σε ένα επάγγελμα, όπου η εργασία ήταν η εκτέλεση υπολογισμών, σύμφωνα με ένα δεδομένο σχέδιο. Συνήθως, το αποτέλεσμα ενός μεμονωμένου υπολογιστή συνδυαζόταν με άλλους για να διαμορφωθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Παρόλο που απαιτούν μαθηματική επάρκεια από τους ανθρώπινους υπολογιστές για να υπολογίζουν σωστά, η εργασία ήταν κυρίως μηχανική. Οι υπολογισμοί είχαν χωριστεί σε σαφώς καθορισμένους υπολογισμούς που επαναλαμβάνονταν. Αυτή η εργασία ήταν εντελώς διαφορετική από την εργασία ενός μαθηματικού, ο οποίος ερευνά τις ιδιότητες των μαθηματικών συστημάτων ή τις εφαρμογές τους. Οι μαθηματικοί σχεδίαζαν τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές θα έπρεπε να κάνουν την εργασία τους. Η πρώτη υπολογιστική μηχανή δημιουργήθηκε για να παρέχει πρόσθετη υπολογιστική ικανότητα. Ορισμένοι από τους ανθρώπινους υπολογιστές συνέχισαν ως προγραμματιστές της μηχανής.

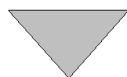
Τα Μαθηματικά είναι βασικό στοιχείο για την ΕΥ και, μπορεί να ειπωθεί ότι αποτελούν τη θεωρία της Πληροφορικής. Τα διάφορα πεδία των Μαθηματικών παρέχουν τις έννοιες και τις μεθόδους που απαιτούνται στους υπολογισμούς. Ένα μαθηματικό μοντέλο μιας υπολογιστικής

μηχανής γενικού σκοπού εφευρέθηκε πριν από το αντίστοιχο φυσικό μοντέλο. Τα διάφορα είδη μαθηματικών βοηθημάτων και υπολογιστικών μηχανών έχουν μεγάλη ιστορία και τη δική τους τεχνική εξέλιξη. Μόνο με την εφεύρεση του σύγχρονου υπολογιστή (μηχανής) μπορεί να ειπωθεί ότι η θεωρητική και η πρακτική γνώση συγχωνεύτηκαν. Το θεωρητικό μοντέλο ενός υπολογιστή δημιουργήθηκε για μαθηματικούς σκοπούς, για να διαπιστωθεί αν ένας τύπος θα μπορούσε να δώσει ένα αποτέλεσμα ή όχι. Το ερώτημα τέθηκε από μια ιδιοφυΐα των Μαθηματικών, τον David Hilbert και απαντήθηκε από έναν 24χρονο Βρετανό φοιτητή, τον Alan Turing.

Το ερώτημα που έθεσε ο Hilbert απαιτούσε τη λύση του Entscheidungsproblem (γερμανικά, "πρόβλημα απόφασης"). Η πρόκληση ήταν να βρεθεί μια γενική μέθοδος που θα επέτρεπε να υπολογιστεί αν ένας τύπος στη λογική πρώτης βαθμίδας ήταν έγκυρος, με άλλα λόγια αν μπορούσε να αποδειχθεί. Για να γίνει αυτό δυνατό, χρειαζόταν ένας σαφής ορισμός των βημάτων του υπολογισμού, ένας αλγόριθμος. Ο Turing άρχισε να επιλύει το πρόβλημα κατασκευάζοντας ένα υπολογιστικό μοντέλο υπολογισμού με στυλό και τετραγωνισμένο χαρτί. Αντί για πολλαπλές γραμμές σε ένα χαρτί, ο υπολογισμός μπορούσε να γίνει σε μία μόνο άπειρη γραμμή. Αρκούσε η χρήση των αριθμών μηδέν και ένα, αφού οποιαδήποτε τιμή μπορούσε να κωδικοποιηθεί, χρησιμοποιώντας πολλούς από αυτούς τους αριθμούς. Επιτρεπόταν μόνο ένα ψηφίο ανά τετράγωνο και ο υπολογισμός γινόταν ένα τετράγωνο τη φορά. Ενώ ο άνθρωπος μπορεί να βασίζεται στις νοητικές του ικανότητες για να υπολογίζει, σε αυτή την περίπτωση, αυτές αντικαταστάθηκαν με ρητούς κανόνες. Το αποτέλεσμα ήταν η περιγραφή μιας μηχανής, με μια άπειρη τετραγωνική χαρτοταινία, μια κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής και κανόνες που έλεγχαν την εκτέλεσή της (βλ. Σχήμα 1).

--

S_1	1	1	right	S_2
S_2	0	0	right	S_2
S_2	end	uneven	stay	—
S_3	1	1	right	S_2



Σχήμα 1. Η μηχανή του Turing αποτελείται από μια άπειρη τετραγωνισμένη χαρτοταινία, μια κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής και κανόνες που έλεγχαν την εκτέλεσή της. Οι κανόνες στην εικόνα περιγράφουν έναν αλγόριθμο για να ελέγχεται αν ο αριθμός των μονάδων είναι περιττός ή ζυγός.

Οι κανόνες ήταν βασικοί στη μηχανή του Τούρινγκ. Κάθε κανόνας είχε ένα αναγνωριστικό και διαφορετικές εκδοχές ανάλογα με το περιεχόμενο του τετραγώνου κάτω από την κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής. Ένας κανόνας μπορούσε να ελέγχει την κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής για να γράψει ένα σύμβολο, να μετακινηθεί ένα βήμα προς τα αριστερά, προς τα δεξιά ή να παραμείνει ακίνητη στην ταινία. Ο κανόνας όριζε, επίσης, τον επόμενο κανόνα. Με τους κανόνες και τα μηχανήματα μπορούσε να οριστεί με σαφήνεια οποιοσδήποτε υπολογισμός. Μια άλλη εφεύρεση ήταν ότι, μια ομάδα κανόνων θα μπορούσε να έχει κοινό αναγνωριστικό, το οποίο επέτρεπε την αρθρωτότητα, όπου ήδη καθορισμένοι υπολογισμοί θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν. Ο Τούρινγκ χρησιμοποίησε αυτό το χαρακτηριστικό για να ορίσει μια μηχανή που θα μπορούσε να προσομοιώνει οποιαδήποτε άλλη μηχανή Τούρινγκ (TM), αν η περιγραφή της ήταν γραμμένη στη φανταστική χαρτοταινία. Αυτή η μηχανή επέτρεψε στον Τούρινγκ να αποδείξει ότι ήταν αδύνατο μια μηχανή να μπορούσε να ελέγξει αν μια άλλη μηχανή παρήγαγε ένα αποτέλεσμα. Αυτό σήμαινε ότι δεν υπάρχει γενική διαδικασία με την οποία θα μπορούσε κανείς να υπολογίσει αν ο τύπος είναι έγκυρος.

Όταν ο Turing ετοιμαζόταν να δημοσιεύσει τα ευρήματά του το 1936, ανακάλυψε ότι, ο Αμερικανός Alonzo Church είχε προβάδισμα με σχετικά ευρήματα. Ο Church χρησιμοποιούσε διαφορετικό είδος υπολογιστικού μοντέλου, το οποίο βασιζόταν στις συναρτήσεις και την απλοποίηση. Το άρθρο του Turing δημοσιεύτηκε ούτως ή άλλως λόγω της μοναδικότητας της μεθόδου του, αλλά δημοσίευσε, αργότερα, ένα παράρτημα όπου αναγνώριζε ότι, ο Church ήταν ο πρώτος. Στο παράρτημα περιέγραφε, επίσης, ένα TM που υλοποιούσε το υπολογιστικό μοντέλο του Church. Και τα δύο μοντέλα ήταν ίσα σε υπολογιστική ικανότητα. Την ίδια περίπου εποχή εφευρέθηκαν διάφορα άλλα υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία διέφεραν ως προς τον τρόπο εκτέλεσης του υπολογισμού. Ήταν όλα ίσα σε χωρητικότητα και καθόρισαν τα όρια του τι μπορεί να υπολογιστεί.

Τα μοντέλα υπολογισμού προηγήθηκαν της εφεύρεσης του σύγχρονου υπολογιστή, αλλά πολλές από τις ιδέες που χρησιμοποιούνται, στο παρόν, μπορούμε να πούμε ότι έχουν επινοηθεί σε σχέση με την τυποποίηση του υπολογισμού στα Μαθηματικά (Davis, 2015). Ο TM, για παράδειγμα, ενσωμάτωσε την ιδέα της γλώσσας προγραμματισμού (κανόνες), της διαμόρφωσης, του προγράμματος και των δεδομένων στην ίδια μνήμη, της εικονικής μηχανής και του διερμηνέα. Ο Turing είχε, επίσης, την ιδέα του κατανεμημένου υπολογισμού, όπου μια μηχανή Turing θα μπορούσε να λάβει μέρος της λύσης από μια εξωτερική πηγή. Η μηχανή Turing ήταν μια μηχανοποίηση του τρόπου με τον οποίο υπολογίζει ένας άνθρωπος, συνεπώς δεν ήταν μόνο θεωρητικά αλλά και διαισθητικά, ένα μοντέλο υπολογισμού. Απόδειξη της σημασίας του έργου του Alan Turing είναι το βραβείο A. M. Turing που εκδίδεται από την Association for Computing Machinery (ACM), η οποία είναι μία από τις δύο κορυφαίες ενώσεις ΕΥ στον κόσμο. Η μηχανή Turing χρησιμοποιείται ακόμη για τυπικές αποδείξεις στη θεωρητική ΕΥ.

Παράλληλα, οι μαθηματικοί υπολογισμοί παρέχουν στην ΕΥ τα μαθηματικά συστήματα που αποτελούν τα αντικείμενα των υπολογισμών. Επομένως, θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει την ΕΥ ως έναν κλάδο των Μαθηματικών (Tedre, 2018). Όταν πρόκειται για την έρευνα των ιδιοτήτων των τυπικών συστημάτων και τη χρήση αυτών των τύπων για τη διερεύνηση άλλων συστημάτων, τότε είναι, αναμφίβολα, Μαθηματικά. Ωστόσο, όταν πρόκειται για την υλοποίηση υπολογιστικών μοντέλων σε μορφές υπολογιστικών μηχανών, υπάρχει και το ζήτημα της πρακτικής εφαρμογής. Αυτό το οποίο ξεκίνησε ως ηλεκτρολογική μηχανική,

εξελίχθηκε στους ανεξάρτητους τομείς της μηχανικής υπολογιστών, κατασκεύασε την τεχνολογία και τη μηχανική λογισμικού, και το οποίο καθόρισε τον τρόπο ελέγχου της. Η επιστήμη των υπολογιστών συνδυάζει την οικοδόμηση της θεωρίας με την πρακτική εφαρμογή.

Μηχανολογία

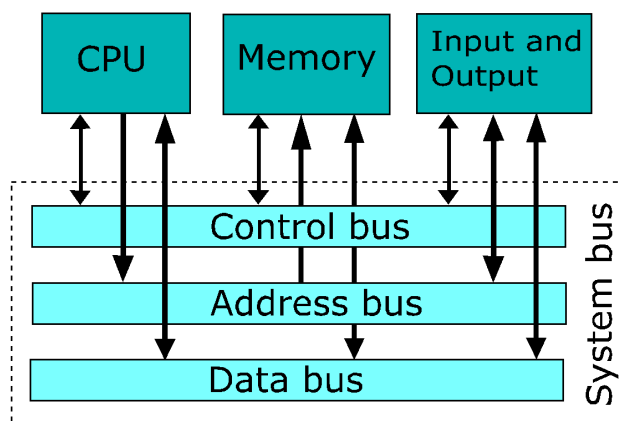
Εκτός από τα Μαθηματικά, η Μηχανολογία είναι, επίσης, βασικό στοιχείο της ΕΥ. Οι πρώτοι υπολογιστές κατασκευάστηκαν στα πανεπιστήμια και από αυτή την πρακτική εργασία διαμορφώθηκε η επιστήμη. Η Μηχανική μπορεί να οριστεί γενικά ως: "...η επιστήμη που χρησιμοποιεί επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις για να φανταστεί, να σχεδιάσει, να δημιουργήσει, να κατασκευάσει, να λειτουργήσει, να συντηρήσει και να αποσυναρμολογήσει πολύπλοκες συσκευές, μηχανές, δομές, συστήματα και διαδικασίες που υποστηρίζουν την ανθρώπινη προσπάθεια". (Blockley, 2012, σ. xi). Ο πρώτος υπολογιστής κατασκευάστηκε για να παρέχει μεγαλύτερη υπολογιστική ικανότητα για τον υπολογισμό πινάκων βολής πυροβόλων όπλων, κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, στις Ηνωμένες Πολιτείες. Κάθε νέο όπλο χρειαζόταν έναν πίνακα με περίπου 3.000 τιμές και, χρειαζόταν ένας μήνας για τον υπολογισμό των αριθμών για εκατό ανθρώπινους υπολογιστές. Ο ίδιος χρόνος χρειαζόταν και με έναν μηχανικό διαφορικό αναλυτή, τον οποίο χειριζόταν άνθρωπος και, εκείνη την εποχή υπήρχαν τρεις σε όλες τις ΗΠΑ. Ο στρατός συνεργάστηκε με τη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Moore για την παραγωγή των πινάκων και είχαν μαζί δύο αναλυτές και διακόσιους ανθρώπινους υπολογιστές. Παρόλα αυτά, δεν μπορούσαν να παράγουν τους πίνακες αρκετά γρήγορα ώστε να συμβαδίζουν με την ανάπτυξη των όπλων.

Η ανάγκη για υπολογιστική ικανότητα δημιούργησε την ιδέα για μια πλήρως ηλεκτρονική υπολογιστική μηχανή στη Σχολή Moore. Ο στρατός συμφώνησε να χρηματοδοτήσει την ιδέα και το 1943 ξεκίνησε το έργο για τη δημιουργία του Ηλεκτρονικού Αριθμητικού Ολοκληρωτή και Υπολογιστή (ENIAC). Ο σχεδιασμός του ENIAC εμπνεύστηκε από τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογισμοί διανέμονταν στους ανθρώπινους υπολογιστές και τον τρόπο με τον οποίο ο διαφορικός αναλυτής συνδύαζε τα επιμέρους αποτελέσματα. Για να αποφευχθεί η επιβράδυνση της λειτουργίας, ο ENIAC έπρεπε να είναι πλήρως ηλεκτρονικός. Χρησιμοποιήθηκαν λυχνίες κενού για την παρουσίαση των μονάδων ελέγχου, των αριθμητικών κυκλωμάτων και την αποθήκευση των αριθμών με τους οποίους λειτουργούσε ο ENIAC. Όπως και οι σημερινοί υπολογιστές, ο ENIAC σχεδιάστηκε για να είναι γενικού σκοπού (Μαθηματικά), αλλά είχε καταναεμημένο σχεδιασμό με πολλές υπολογιστικές μονάδες και χρησιμοποιούσε δεκαδική αναπαράσταση. Το έργο ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 1945. Ο ENIAC ήταν χίλιες φορές ταχύτερος από τις καλύτερες ανταγωνιστικές μεθόδους υπολογισμού εκείνης της εποχής.

Ο ENIAC ήταν επιτυχημένος τόσο τεχνικά όσο και λειτουργικά, αλλά ο προγραμματισμός ήταν πολύ δύσκολος. Το μήκος του ENIAC ήταν τριάντα μέτρα και αποτελείτο από σαράντα μονάδες. Κάθε μονάδα ελεγχόταν από έναν πίνακα διανομής και επιπλέον οι διάφορες μονάδες έπρεπε να συνδεθούν με καλωδίωση, σύμφωνα με τα προγραμματισμένα βήματα του υπολογισμού. Η ομάδα πίσω από τον ENIAC επινόησε ένα σχέδιο για ένα νέο είδος υπολογιστή σε συνεργασία με τον μαθηματικό John von Neumann. Το 1945 κυκλοφόρησε μια προκαταρκτική έκθεση με το όνομα μόνο του φον Νόιμαν, η οποία περιέγραφε το σχέδιο για έναν νέο υπολογιστή. Το σχέδιο πήρε το όνομα αρχιτεκτονική von Neumann και οι σημερινοί υπολογιστές εξακολουθούν να το ακολουθούν. Περιγράφει τα κύρια στοιχεία του υπολογιστή

και τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ενώ οι τεχνικές λεπτομέρειες εξαρτώνται από τον προγραμματιστή (γεγονός που μπορεί να είναι ένας λόγος για τη μακροζωία του).

Η αρχιτεκτονική von Neumann περιέγραφε τον σχεδιασμό μιας μηχανής που αποτελείτο από μονάδα εισόδου, αριθμητική/λογική μονάδα, μονάδα ελέγχου (στους σύγχρονους υπολογιστές η λογική/αριθμητική και ο έλεγχος βρίσκονται σε μία ενιαία κεντρική μονάδα επεξεργασίας), μνήμη και μονάδα εξόδου. Οι διάφορες μονάδες συνδέονταν μέσω ενός παράλληλου διαύλου (βλέπε σχήμα 2). Ο υπολογιστής ελεγχόταν με εντολές που βρίσκονταν στη μνήμη μαζί με τα δεδομένα. Τόσο οι εντολές όσο και τα δεδομένα αναπαριστούνται με δυαδικούς αριθμούς, δηλαδή μια σειρά από μηδενικά και μονάδες. Η χρήση μόνο μηδενικών και μονάδων ήταν τεχνικά πολύ οικονομική σε σύγκριση με τη δεκαδική αναπαράσταση. Οι εντολές εκτελούνταν διαδοχικά και αφορούσαν τόσο τον χειρισμό των δεδομένων όσο και τον έλεγχο του υπολογιστή. Σε επίπεδο υλικού, οι εντολές του υπολογιστή είναι απλώς μια ομάδα εξαρτημάτων του υπολογιστή που έχουν ένα συγκεκριμένο φορτίο, το οποίο μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία άλλων εξαρτημάτων. Σε αφηρημένο επίπεδο οι εντολές αποτελούν μια περιγραφή του προβλεπόμενου υπολογισμού με βάση ένα υπολογιστικό μοντέλο. Μεταξύ του υλικού και του αφηρημένου υπάρχει ένα οριακό τεχνούργημα, η φυσική αναπαράσταση του προγράμματος που πρόκειται να εκτελεστεί (Dasgupta, 2016).



Σχήμα 2. (CC BY-SA 3.0)¹ Η αρχιτεκτονική von Neumann περιγράφει τα κύρια στοιχεία των σύγχρονων υπολογιστών και τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα κύρια στοιχεία είναι η μονάδα εισόδου, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), η κύρια μνήμη και η μονάδα εξόδου.

Οι πρώτες εφαρμογές της αρχιτεκτονικής von Neumann έγιναν στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το Mark I ήταν έτοιμο τον Απρίλιο του 1949 στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ και μόλις ένα μήνα αργότερα ολοκληρώθηκε ο EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) στο Κέιμπριτζ. Η ανάπτυξη του EDSAC ήταν μια κοινοπραξία μεταξύ μιας ιδιωτικής εταιρείας και

¹ Από τον W Nowicki - Δικό του έργο, βασισμένο σε ένα διάγραμμα το οποίο με τη σειρά του φαίνεται να βασίζεται στη σελίδα 36 του βιβλίου The Essentials of Computer Organization and Architecture των Linda Null, Julia Lobur, https://books.google.com/books?id=f83XxoBC_8MC&pg=PA36, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15258936>

του πανεπιστημίου. Η J. Lyons & Company ήταν η μεγαλύτερη εταιρεία τροφοδοσίας της Βρετανίας, η οποία εξαρτιόταν από ένα τεράστιο οικονομικό τμήμα για να κρατήσει την εταιρεία κερδοφόρα. Έψαχναν πάντα για τεχνικά βοηθήματα για να βελτιώσουν το μηχανικό μέρος της οικονομικής λειτουργίας και, είχαν ενημερωθεί για τον νέο υπολογιστή. Η συμφωνία ήταν να χρηματοδοτήσουν την ανάπτυξη του EDSAC και αργότερα το πανεπιστήμιο θα τους βοηθούσε να κατασκευάσουν τον δικό τους υπολογιστή. Ο υπολογιστής της J. Lyons & Co. ονομαζόταν LEO (Lyons Electronic Office) και τον χρησιμοποιούσαν για τη διαχείριση των μισθών, των παραγγελιών και των αποστολών, καθώς και για τη διαχείριση της παραγωγής των μιγμάτων τσαγιού τους. Ο LEO ήταν η πρώτη επιχειρηματική εφαρμογή της Πληροφορικής και για να το τιμήσει αυτό η Ένωση Πληροφοριακών Συστημάτων (AIS) προσφέρει το βραβείο LEO σε εξαιρετικούς επιστήμονες στον τομέα των πληροφοριακών συστημάτων.

Υπήρχαν δυνατότητες για πολλά είδη εφαρμογών, δεδομένου ότι η αρχιτεκτονική von Neumann περιέγραφε μόνο τη γενική οργάνωση του υπολογιστή. Εκείνη την εποχή, οι άνθρωποι που κατασκεύαζαν υπολογιστές ήταν ηλεκτρολόγοι μηχανικοί. Απαιτήθηκε ευφυΐα για να χρησιμοποιηθούν εφευρέσεις που είχαν αναπτυχθεί για άλλους σκοπούς και να επαναχρησιμοποιηθούν για την κατασκευή υπολογιστών. Ο προγραμματισμός ήταν αναπόσπαστο μέρος της αρχιτεκτονικής von Neumann. Ήταν δυνατό να επιλέξει κανείς αν ένα χαρακτηριστικό θα εφαρμοζόταν σε υλικό υπολογιστή ή με προγραμματισμό. Ο Maurice Wilkes, ο οποίος ήταν ένας από τους σχεδιαστές του EDSAC, εφήυρε τον μικροπρογραμματισμό, ο οποίος ήταν ένα σύνολο προγραμμάτων που διευκόλυνε τη δουλειά των προγραμματιστών, αφού τα προγράμματα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως εντολές υψηλότερου επιπέδου για τον έλεγχο του υπολογιστή. Η εξειδίκευση της Μηχανικής Υπολογιστών (MY) άρχισε να εμφανίζεται στα τμήματα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (HM) των πανεπιστημίων, παράλληλα, με την ευρύτερη χρήση των υπολογιστών και την εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών.

Η σύγχρονη MY αφορά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την υλοποίηση και τη συντήρηση των στοιχείων λογισμικού και υλικού των υπολογιστικών συστημάτων, του εξοπλισμού που ελέγχεται από υπολογιστή και των δικτύων ευφών συσκευών. Η MY ξεκίνησε ως συνδυασμός των HM και EY. Έχει εξελιχθεί τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες ως ανεξάρτητος κλάδος, αλλά η HM και η EY εξακολουθούν να αποτελούν τους κλάδους αναφοράς της. Παρόλο που η MY ξεκίνησε με τον σχεδιασμό των βασικών στοιχείων των υπολογιστών, πολύ λίγοι μηχανικοί ασχολούνται σήμερα με αυτά. Μέσω της σμίκρυνσης της τεχνολογίας των υπολογιστών, ο τομέας αυτός έχει γίνει εξαιρετικά εξειδικευμένος. Η σμίκρυνση των συσκευών πυριτίου, η αυξημένη αξιοπιστία και τα ολοκληρωμένα συστήματα σε τσιπ έχουν καταστήσει τους υπολογιστές πανταχού παρόντες και έχουν αντικαταστήσει πολλές συμβατικές ηλεκτρονικές συσκευές. Οι μηχανικοί υπολογιστών χρειάζονται στην κατασκευή έξυπνων τηλεφώνων, ταμπλετών, ασύρματων δικτύων και άλλων ψηφιακών προϊόντων. Μέσω των ενσωματωμένων συστημάτων ασχολούνται, επίσης, με τα αυτοκίνητα, τις οικιακές συσκευές, τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και τελευταία αναπτύσσουν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων. Ενώ η ACM ήταν περισσότερο για τους θεωρητικούς επιστήμονες Πληροφορικής, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IHMM) η εταιρεία υπολογιστών, είναι περισσότερο για τους ερευνητές της Πληροφορικής με τεχνολογικό προσανατολισμό.

Ο προγραμματισμός ελέγχει τη λειτουργία του υπολογιστή και χωρίς τα προγράμματα οι υπολογιστές δεν θα λειτουργούσαν. Οι υπολογιστές δημιουργήθηκαν για μαθηματικούς

υπολογισμούς, αλλά παράλληλα με τη φυσική τους εξέλιξη, το υλικό, εξελίχθηκαν και τα προγράμματα που τρέχουν στον υπολογιστή, το λογισμικό. Επινοήθηκαν και άλλες χρήσεις για το λογισμικό και αυτές έκαναν τα προγράμματα να αναπτυχθούν. Οι μαθηματικές μέθοδοι δεν επαρκούσαν για να διαχειριστούν την πολυπλοκότητα του προγραμματισμού και το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε κρίση λογισμικού. Το NATO διοργάνωσε ένα συνέδριο το 1968 και ένα άλλο το 1969 σχετικά με τον τρόπο διαχείρισης της πολυπλοκότητας του λογισμικού, όπου προτάθηκαν μέθοδοι από τις επιστήμες της Μηχανικής. Αυτό ήταν η αρχή για ένα νέο πεδίο που ονομάστηκε Μηχανική Λογισμικού (ΜΛ) (Software Engineering, SE). Ένας σύγχρονος ορισμός της ΜΛ δίνεται από το IEEE: "Η εφαρμογή μιας συστηματικής, πειθαρχημένης, ποσοτικοποιήσιμης προσέγγισης στην ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του λογισμικού, δηλαδή η εφαρμογή της Μηχανικής στο λογισμικό". (IEEE, 2010).

Η μηχανική λογισμικού αφορά τις μεθόδους, τα εργαλεία και τη διαχείριση της ανάπτυξης λογισμικού. Η κύρια πρόκληση είναι η πολυπλοκότητα: πώς να δομηθεί ο κώδικας του προγράμματος ώστε να γίνει η ανάπτυξη πιο διαχειρίσιμη, να επιτραπεί σε πολλούς ανθρώπους να εργάζονται ταυτόχρονα στο προϊόν και πώς να συντονίζεται η δραστηριότητα. Οι διαδικασίες και οι συναρτήσεις ήταν οι πρώτες μέθοδοι δόμησης του κώδικα, ιδανικά η πρώτη αλλάζει την κατάσταση του υπολογιστή και η άλλη επιστρέφει ένα αποτέλεσμα- και οι δύο μπορούν να κληθούν από άλλα μέρη του προγράμματος. Ο αντικειμενοστρεφής προγραμματισμός είναι ένας τρόπος να οικοδομείται το πρόγραμμα από ανεξάρτητα στοιχεία. Κάθε αντικείμενο μπορεί να έχει διάφορες μεθόδους, οι οποίες είναι μια αφαίρεση των διαδικασιών και των συναρτήσεων, δηλαδή μπορούν να συμπεριφέρονται με οποιονδήποτε τρόπο. Τα πρότυπα σχεδίασης εμπνεύστηκαν από την αρχιτεκτονική για να περιγράψουν ένα γενικό πρότυπο αλληλεπιδρώντων αντικειμένων που επιλύουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Γενικά, η αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται, επίσης, ως όρος για να περιγράψει τη γενική αρχή του τρόπου με τον οποίο είναι δομημένο το λογισμικό.

Κάνοντας το λογισμικό πιο δομημένο, το έργο του προγραμματισμού μπορεί να κατανεμηθεί σε περισσότερα άτομα. Είναι σημαντικό να συμφωνηθεί η συμπεριφορά ενός συστατικού, δεδομένου ότι άλλα μέρη του λογισμικού μπορεί να βασίζονται σε αυτό. Αυτό αποτελεί, επίσης, πηγή σφαλμάτων όταν γίνονται αλλαγές σε ένα υπάρχον τμήμα του προγράμματος. Τα σύγχρονα περιβάλλοντα ανάπτυξης επιτρέπουν την αναζήτηση εξαρτήσεων μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του λογισμικού. Βοηθούν, επίσης, στην παρουσίαση της γενικής δομής του λογισμικού και στην επισήμανση των διαφόρων κατηγοριών εντολών από τις οποίες αποτελείται το πρόγραμμα. Τα σύγχρονα προγράμματα λογισμικού είναι μεγάλα, και για την ανάπτυξή τους απαιτούνται πολλά άτομα. Το σύστημα ελέγχου εκδόσεων βοηθά στη διαχείριση των διαφόρων τμημάτων και εκδόσεων του λογισμικού που αναπτύσσεται. Υπάρχουν δύο κύριες στρατηγικές για τη διαχείριση του έργου ανάπτυξης λογισμικού. Η μία ονομάζεται μέθοδος καταρράκτη, όπου η ανάπτυξη εξελίσσεται σε στάδια απαιτήσεων, σχεδιασμού, ανάπτυξης, επαλήθευσης και συντήρησης. Ο άλλος τύπος ανάπτυξης ονομάζεται ευέλικτη μέθοδος, όπου η ανάπτυξη εξελίσσεται σε επαναλήψεις και σε κάθε επανάληψη προστίθενται χαρακτηριστικά στο σύνολο. Λέγεται ότι, η μέθοδος καταρράκτη είναι προτιμότερη σε μεγαλύτερα έργα και η ευέλικτη μέθοδος είναι καλύτερη όταν το έργο είναι μικρό έως μεσαίο ή όταν υπάρχει αβεβαιότητα για το τελικό σύνολο χαρακτηριστικών.

Η άποψη της Μηχανικής αφορά την τεχνική κατασκευή τόσο του υλικού όσο και του λογισμικού των υπολογιστών. Η σημερινή ψηφιακή κοινωνία μας είναι το αποτέλεσμα της τεχνικής ανάπτυξης από την αρχή της εποχής των υπολογιστών. Αυτή η ανάπτυξη συνέβη στα

πανεπιστήμια, αλλά και σε πολλές εταιρείες, τα προϊόντα των οποίων κατέστησαν δυνατή την ψηφιακή επανάσταση. Η θεωρητική εργασία αποτέλεσε σημαντικό μέρος της ανάπτυξης. Ιδιαίτερα στην αρχή πολλά πράγματα δεν θα ήταν δυνατά αν δεν είχαν αναπτυχθεί θεωρητικές μέθοδοι για να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι υπάρχουσες τεχνολογίες. Όταν η αρχή εφευρέθηκε, ήταν δυνατή η περαιτέρω ανάπτυξή της. Τόσο η θεωρητική όσο και η τεχνική ξεκίνησαν από την ίδια μοντελοποίηση προέλευσης του ανθρώπινου υπολογισμού. Με αυτή τη μοντελοποίηση ήρθε η ιδέα της προσομοίωσης της ανθρώπινης νοημοσύνης. Εδώ η υπολογιστική χρησιμοποιείται ως θεωρία της νοημοσύνης και το παράδειγμά της για την επιστημονική προοπτική της ΕΥ.

Επιστήμη

Η προοπτική της Επιστήμης αφορά την ΕΥ ως εμπειρική έρευνα, όπως στις Φυσικές Επιστήμες, όπου υπάρχουν αντικειμενικά φαινόμενα που ερευνώνται. Διαφέρει από την προοπτική στα Μαθηματικά που αφορά τη θεωρητική πτυχή της ΕΥ και τη Μηχανική που αφορά την κατασκευή υλικού και λογισμικού. Η Επιστήμη μπορεί να περιγραφεί με τις τεχνικές του πειράματος, της παρατήρησης και της θεωρίας της κατασκευής (Okasha, 2016). Δεν μπορούν όλοι οι τομείς να χρησιμοποιήσουν τον πειραματισμό π.χ. η αστρονομία, αλλά πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος συλλογής δεδομένων για την επικύρωση των θεωριών. Το 1956 διοργανώθηκε ένα θερινό σχολείο στο Dartmouth των ΗΠΑ για ερευνητές που ενδιαφέρονταν για ένα νέο θέμα της ΕΥ, την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN). Η έρευνα της TN βασίστηκε στην ιδέα ότι: "... κάθε πτυχή της μάθησης ή χαρακτηριστικό της νοημοσύνης μπορεί κατ' αρχήν να περιγραφεί με τόση ακρίβεια, ώστε μια μηχανή να μπορεί να την προσομοιώσει". (McCarthy et al., 2006, σ. 2). Εδώ η ΕΥ χρησιμοποιείται με επιστημονικό τρόπο για να περιγράψει ένα εξωτερικό φαινόμενο.

Η τεχνητή νοημοσύνη συνέβαλε στη συμμετοχή της ΕΥ στη διεπιστημονική έρευνα του νου που ονομάστηκε Γνωσιακή Επιστήμη. Ο νους είναι ένα σύνθετο θέμα που συνδυάζει ερευνητικούς τομείς πολλών επιστημών: Φιλοσοφία, Ψυχολογία, Γλωσσολογία, Ανθρωπολογία, Νευροεπιστήμη και Επιστήμη των Υπολογιστών. Το θεωρητικό μοντέλο του υπολογισμού και ο υπολογιστής έδωσαν στις άλλες επιστήμες εργαλεία για να μοντελοποιήσουν και να προσομοιώσουν τι συμβαίνει στο νου. Μπορούμε να πούμε ότι η Γνωστική Επιστήμη γεννήθηκε την ίδια χρονιά με την Τεχνητή Νοημοσύνη, σε ένα σεμινάριο στο MIT (Miller, 2003). Ο διάσημος γλωσσολόγος Noam Chomsky περιέγραψε τι είδους ικανότητα απαιτείται για την παραγωγή γλώσσας. Συνέκρινε τη μηχανή Turing (TM) με μηχανές μικρότερης ικανότητας για να δείξει ότι για την παραγωγή γλώσσας απαιτείται ένα σύστημα ίσο με την TM. Ο Georg Miller έδειξε ότι, ο άνθρωπος μπορεί να χειριστεί το πολύ επτά πράγματα, ταυτόχρονα, στη μνήμη εργασίας, αλλά μέσω της ομαδοποίησης μπορεί να αυξηθεί ο όγκος των πληροφοριών. Ο Allen Newell και ο Herbert Simon εισήγαγαν το Logic theorist (που παρουσιάστηκε, επίσης, στο Dartmouth), το οποίο ήταν ένα πρόγραμμα που μπορούσε να αποδείξει μαθηματικά θεωρήματα. Το Logic theorist χρησιμοποιούσε ευρετικούς αλγορίθμους που προσομοίαζαν τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος σκέφτεται, όταν αντιμετωπίζει κατάσταση αβεβαιότητας.

Μια άλλη σημαντική εφαρμογή της ΕΥ στη μελέτη του νου βασίστηκε στην ιδέα ότι, οι νευρώνες του εγκεφάλου μπορούν να ερμηνευθούν ως φορείς λογικών λειτουργιών από τους Warren S. McCulloch και Walter Pitts (Bermúdez, 2020). Ο εγκέφαλος έχει 86 δισεκατομμύρια νευρώνες, κάθε νευρώνας μπορεί να έχει πάνω από 10 000 συνδέσεις και μαζί

σχηματίζουν ένα μεγάλο δίκτυο. Γνωρίζουμε ότι, οι νευρώνες επικοινωνούν μέσω ηλεκτρικών σημάτων, και αυτή η δραστηριότητα μπορεί να παρακολουθείται. Η Νευροεπιστήμη έχει καταφέρει να χαρτογραφήσει τη δραστηριότητα σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου σε γνωστικές λειτουργίες. Αλλά το τι σημαίνει η δραστηριότητα, δηλαδή τι είδους αναπαράσταση (υποτίθεται ότι) χρησιμοποιείται, είναι ακόμη άγνωστο. Η εργασία των McCulloch και Pitts δίνει έναν μηχανισμό όπου οι τεχνητοί νευρώνες λειτουργούν με τιμές 0 και 1, όπως ένας υπολογιστής. Αυτό επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να προσομοιώνει τις λειτουργίες ενός νευρωνικού δικτύου. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα κατέστησαν δυνατή τη μοντελοποίηση της λειτουργίας του εγκεφάλου, την προσομοίωση γνωστικών λειτουργιών και την κατασκευή ευφυούς λογισμικού. Η ύπαρξη φαινομένων-στόχων και σχετικών ερευνητικών αποτελεσμάτων για σύγκριση, καθορίζει αν μια προσομοίωση είναι επιστήμη ή μηχανολογία.

Η ΕΥ μπορεί να περιγραφεί ως η μελέτη των φυσικών και τεχνητών διαδικασιών πληροφόρησης (Denning, 2007). Τα Πληροφοριακά Συστήματα (ΠΣ) ως έρευνα των επιχειρήσεων ή γενικότερα της οργανωτικής χρήσης των υπολογιστών συνδυάζουν και τις δύο απόψεις. Ένας οργανισμός μπορεί να ερμηνευθεί ως ένα σύστημα αλληλεπιδρώντων διαδικασιών που παράγει τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες για την εκπλήρωση του σκοπού του (Checkland & Holwell, 1998). Κάθε διεργασία χρειάζεται πληροφορίες για να λειτουργήσει και παράγει πληροφορίες στις οποίες άλλες διεργασίες μπορούν να βασιστούν. Επιπλέον, οι πληροφορίες χρειάζονται για τη διαχείριση και τον συντονισμό του συστήματος. Τα πληροφοριακά συστήματα γεννήθηκαν από την ανάγκη σχεδιασμού και προγραμματισμού της χρήσης της τεχνολογίας πληροφοριών για την υποστήριξη των πληροφοριακών αναγκών του οργανισμού. Αυτή είναι η σχεδιαστική πλευρά των ΠΣ, αλλά υπάρχει και η συμπεριφορική, της οποίας η επιστήμη αναφοράς είναι η Κοινωνιολογία (Hevner et al., 2004). Τα ΠΣ ως επιστήμη είναι η έρευνα για το πώς οι άνθρωποι δημιουργούν και χρησιμοποιούν τις πληροφορίες για να καταστήσουν δυνατή τη λειτουργία του οργανισμού. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία πληροφοριών επηρεάζει τις οργανωσιακές λειτουργίες, είναι ένας άλλος τομέας έρευνας.

Τόσο η ΤΝ όσο και τα ΠΣ περιλαμβάνουν έρευνες που σχετίζονται με εξωτερικά φαινόμενα και στις οποίες χρησιμοποιούνται εμπειρικές μέθοδοι. Υπάρχει, όμως, και η ιδέα ότι ο συνδυασμός θεωρητικών και μηχανικών προοπτικών της ΕΥ θα μπορούσε να θεωρηθεί ως εμπειρική επιστήμη. Για να αναγνωριστεί η έρευνα θα πρέπει να είναι σχολαστική, και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι ισότιμες με εκείνες των Φυσικών Επιστημών. Από τη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να βρει πέντε κύριες απόψεις για την πειραματική ΕΥ (Tedre & Moisseinen, 2014): σκοπιμότητα, δοκιμή, πεδίο, σύγκριση και ελεγχόμενο πείραμα.

Η σκοπιμότητα στο πείραμα αφορά νέες τεχνικές και εργαλεία. Στόχος είναι να διερευνηθεί αν μια εργασία μπορεί να αυτοματοποιηθεί οικονομικά, αποτελεσματικά, εφικτά, αξιόπιστα ή με την τήρηση κάποιων άλλων απλών κριτηρίων. Η μέθοδος του πειράματος είναι μια επίδειξη ότι μπορεί να γίνει. Ένα *Δοκιμαστικό Πείραμα* πηγαίνει πιο πέρα από τη σκοπιμότητα και έχει ως στόχο να αξιολογήσει αν ένα σύστημα επιβεβαιώνει τις προδιαγραφές του ή πόσο καλά αποδίδει. Η απόδοσή του αξιολογείται σε σχέση με ένα σύνολο προκαθορισμένων μεταβλητών. Το πείραμα βασίζεται, συνήθως, στο εργαστήριο, αλλά μπορεί επίσης να διεξαχθεί σε πραγματικό περιβάλλον, εάν ληφθεί υπόψη ο μικρότερος έλεγχος του περιβάλλοντος. Η τελευταία επιλογή αποτελεί, επίσης, το πλαίσιο για ένα *Πείραμα Πεδίου*, όπου ο στόχος είναι να δοκιμαστεί το σύστημα κατά τη χρήση. Εδώ τα απρόβλεπτα του πραγματικού

περιβάλλοντος αποτελούν μέρος του πειράματος. Ο στόχος είναι να δοκιμαστεί η απόδοση, η χρηστικότητα ή η ευρωστία του συστήματος. Αυτού του είδους τα πειράματα χρησιμοποιούνται συχνά στον τομέα των πληροφοριακών συστημάτων, όπου η επιτυχία μετράται από τα οφέλη στην πράξη.

Σε πολλούς κλάδους της ΕΥ, αναζητείται λύση με την καλύτερη δυνατή απόδοση. Μπορεί να αφορά τη χρήση των πόρων, την ταχύτητα, την πληρότητα, την ποιότητα της υπηρεσίας ή κάποιον άλλο παράγοντα, όπου μπορεί κανείς να κρίνει αν ένα αποτέλεσμα είναι καλύτερο ή χειρότερο. Αυτά ονομάζονται *πειράματα σύγκρισης*, όπου ο σκοπός είναι να αξιολογηθεί αν μια λύση είναι καλύτερη από την άλλη, όταν τα πειράματα γίνονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Το *ελεγχόμενο πείραμα* μπορεί να ειπωθεί ότι είναι το χρυσό πρότυπο της επιστήμης και μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο της ΕΥ. Σημαίνει ότι λαμβάνεται μέριμνα για τον έλεγχο όλων των παραγόντων που επηρεάζουν. Ο απλούστερος τύπος έχει θετικούς και αρνητικούς ελέγχους, οι οποίοι είναι συνήθως επαρκείς για την εξάλειψη της αβεβαιότητας με τις μεταβλητές. Οι έλεγχοι σημαίνουν ότι, τα αρνητικά και τα θετικά αποτελέσματα προκύπτουν όταν αναμένονται.

Η ΕΥ και η Τεχνολογία της Πληροφορικής έχουν, επίσης, αλλάξει τις επιστήμες όπως και άλλα τμήματα της κοινωνίας. Ο νομπελίστας Wilson (1989) έγραψε για τη χρήση των υπολογιστών στην επιστήμη, την οποία ονόμασε Υπολογιστική Επιστήμη. Αναγνώρισε ότι, παράλληλα, με την παραδοσιακή, πειραματική και θεωρητική έρευνα υπάρχει πλέον και μια τρίτη μέθοδος υπολογιστικής έρευνας. Ωστόσο και οι πειραματικές και θεωρητικές μέθοδοι έχουν αλλάξει λόγω των δυνατοτήτων των σύγχρονων υπολογιστών (Denning, 2017a). Η πειραματική επιστήμη αφορά τη συλλογή δεδομένων μέσω παρατηρήσεων και πειραμάτων για την επιβεβαίωση ή την απόρριψη μιας υπόθεσης. Οι υπολογιστές επιτρέπουν το χειρισμό και την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Δεδομένου ότι, η διαθεσιμότητα των υπολογιστικών πόρων έχει αυξηθεί μαζικά τα τελευταία χρόνια, ο επιστήμονας δεν χρειάζεται πλέον να αρκестεί σε στατιστικές αναλύσεις δειγμάτων, αλλά μπορεί να αναλύσει ολόκληρο το σύνολο των δεδομένων. Στη θεωρητική επιστήμη, ο επιστήμονας κατασκευάζει μαθηματικά μοντέλα για να εξηγήσει τα όσα είναι γνωστά και χρησιμοποιεί τα μοντέλα για να κάνει υποθέσεις για πιθανά φαινόμενα. Οι υπολογιστές βοηθούν στον υπολογισμό των εξισώσεων στις οποίες βασίζονται τα μοντέλα. Η χρήση των υπολογιστών δεν έχει αλλάξει το γεγονός ότι για να υπάρξει επιστήμη χρειάζονται τόσο δεδομένα όσο και μοντέλα (θεωρία).

Η χρήση υπολογιστών για την επιτάχυνση της πειραματικής και θεωρητικής έρευνας αποτελεί από μόνη της επανάσταση (Denning, 2017a). Ωστόσο, ο υπολογισμός έχει περισσότερες δυνατότητες. Αντί για στατικά μοντέλα μπορεί κανείς να κατασκευάσει δυναμικές προσομοιώσεις που ενεργοποιούν τις διαδικασίες που περιγράφονται. Αυτό επιτρέπει τη διερεύνηση πραγμάτων που δεν μπορούν να παρατηρηθούν ή επιτρέπει να δούμε τις συνέπειες πολύπλοκων αλληλεπιδρώντων συστημάτων. Αυτά τα συστήματα δεν θα μπορούσαν να υπολογιστούν αφού υπάρχουν πάρα πολλές μεταβλητές για εξισώσεις, αλλά μπορεί κανείς να κατασκευάσει τα συστατικά και να αφήσει τον υπολογιστή να χειριστεί την αλληλεπίδραση. Στην τεχνητή νοημοσύνη ο υπολογισμός χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ανθρώπινης επεξεργασίας πληροφοριών. Φαίνεται ότι και άλλες φυσικές διεργασίες μπορούν να ερμηνευτούν ως διεργασίες πληροφορίας (Denning, 2017a). Οι πληροφοριακές διεργασίες δέχονται εισροές και παράγουν αποτελέσματα. Ο υπολογιστής είναι ιδιαίτερα κατάλληλο εργαλείο για τον υπολογισμό τέτοιου είδους αποτελεσμάτων. Η ΕΥ είναι η επιστημονική έρευνα της τεχνολογίας των υπολογιστών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση της

λειτουργίας της ανθρώπινης νοημοσύνης και των οργανισμών και είναι ένα σπουδαίο εργαλείο για τις άλλες επιστήμες. Ωστόσο, για να είναι επιστήμη πρέπει να ακολουθείται η επιστημονική μέθοδος, ακόμη και αν είναι προσαρμοσμένη στα χαρακτηριστικά της ΕΥ.

Περίληψη

Υπάρχουν σαφείς αποδείξεις για τις τρεις προοπτικές της ΕΥ. Τα Μαθηματικά παρέχουν τη θεωρία της Πληροφορικής δίνοντας έναν σαφή και αυστηρό ορισμό ενός αλγορίθμου που αποτελεί τη βάση όλων των υπολογισμών (βλέπε Πίνακα 1.1. δεύτερη στήλη από αριστερά). Αυτό επιτρέπει τη διερεύνηση των προβλημάτων που μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς μέσω των Μαθηματικών. Οι υπολογιστές διευρύνουν τις δυνατότητες των Μαθηματικών, επιτρέποντας τον χειρισμό μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων και μεγάλης πολυπλοκότητας που δεν θα ήταν εφικτό να γίνουν με το χέρι. Η ψηφιακή μας κοινωνία είναι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης της τεχνολογίας των πληροφοριών από την τεχνολογία των υπολογιστών και του λογισμικού. Η μηχανολογική πλευρά της Πληροφορικής βρίσκει συνεχώς νέους τομείς εφαρμογής, διερευνώντας ποιες εργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον έλεγχο της τεχνολογίας των πληροφοριών (βλ. Πίνακα 1.1. τρίτη στήλη από αριστερά). Η τεχνολογία πληροφοριών χρησιμοποιείται επιστημονικά για την προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης και ως μοντέλο για την επεξεργασία πληροφοριών σε οργανισμούς. Πολλά επιστημονικά φαινόμενα είναι πολύ μεγάλα για να γίνουν κατανοητά με τα παραδοσιακά μέσα. Οι μηχανισμοί που οδηγούν σε ορισμένα φαινόμενα δεν είναι πάντα παρατηρήσιμοι, και σε αυτή την περίπτωση οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση των πιθανών αιτιών. Οι επιστημονικές υπολογιστικές διαδικασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση φαινομένων που χωρίς τους υπολογιστές δεν θα ήταν προσβάσιμα (βλέπε Πίνακα 1.1. τέταρτη στήλη από αριστερά).

Πίνακας 1.1. Τρεις προοπτικές της επιστήμης των υπολογιστών

	Μαθηματικά	Μηχανολογία	Επιστήμη
Αντικείμενο	μοντέλα υπολογισμού	τεχνολογία υπολογιστών και λογισμικού	φυσικές και τεχνητές διαδικασίες πληροφόρησης
Μεθοδολογία	υπολογισμοί και αποδείξεις	ηλεκτρονική, τεχνολογία υπολογιστών και προγραμματισμός	εμπειρική έρευνα, υπολογιστικά μοντέλα, προσομοιώσεις
Γνώση	πιθανότητες/όρια υπολογισμού	πώς να σχεδιάζετε και να παράγετε υλικό και λογισμικό	υπολογιστική ερμηνεία των φαινομένων
Ερώτηση	Ποια προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς;	Ποιες δραστηριότητες μπορούν να επιτευχθούν με τον έλεγχο της τεχνολογίας των πληροφοριών;	Ποια φαινόμενα μπορούν να κατανοηθούν ως υπολογιστικές διαδικασίες;

Διάλεξη - Παρουσίαση των τριών προοπτικών της επιστήμης των υπολογιστών



Χρησιμοποιώντας το παραπάνω κείμενο

- Μαθηματικά: ποια προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς
- Μηχανολογία: ποιες δραστηριότητες μπορούν να επιτευχθούν με τον έλεγχο της τεχνολογίας των πληροφοριών
- Επιστήμη: ποια φαινόμενα μπορούν να κατανοηθούν ως υπολογιστικές διαδικασίες

Δραστηριότητα 1.1 Κατ' οίκον εργασία - Εξετάζοντας το δικό σας θέμα από μία από τις προοπτικές της Επιστήμης των Υπολογιστών



Γράψτε ένα σύντομο κείμενο (200 λέξεις) με βάση μια αναζήτηση στο διαδίκτυο ή/και βοηθητικό υλικό που σας παρέχει ο εκπαιδευτικός, περιγράφοντας πώς ένα παράδειγμα που σχετίζεται με το δικό σας θέμα χρησιμοποιεί την Επιστήμη των Υπολογιστών. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις προοπτικές της Επιστήμης της Πληροφορικής ως βοήθημα στην αναζήτησή σας (βλέπε παραπάνω Πίνακα 1.1).

Ενότητα 2 - Προοπτικές ΥΣ για το πλαίσιο STEAM

Σε αυτή την περίπτωση οι προοπτικές της Επιστήμης των Υπολογιστών συνδυάζονται με την υπολογιστική σκέψη για τον σχεδιασμό υπολογιστικής υποστήριξης για την εκπαίδευση STE(A)M. Οι τρεις προοπτικές ήταν τα Μαθηματικά, η Μηχανολογία και η Επιστήμη, οι οποίες απαντούν σε διαφορετικού τύπου ερωτήσεις.

Ερωτήσεις που απαντώνται από τις τρεις προοπτικές της Επιστήμης της Πληροφορικής:

- Μαθηματικά: Ποια προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς;
- Μηχανική: Ποιες δραστηριότητες μπορούν να επιτευχθούν με τον έλεγχο της τεχνολογίας των πληροφοριών;
- Επιστήμη: Ποια φαινόμενα μπορούν να κατανοηθούν ως υπολογιστικές διαδικασίες;

Το μοντέλο PRADA (Dong et al., 2019) για την υπολογιστική σκέψη επινοήθηκε για να αποτελέσει έναν πρακτικό τρόπο ενσωμάτωσης της υπολογιστικής σκέψης στην εκπαίδευση K-12. Στόχος ήταν να δοθεί μια κατανοητή εικόνα για το τι είναι η υπολογιστική σκέψη. Το ακρωνύμιο PRADA αποτελείται από τις λέξεις Pattern Recognition, Abstraction, Decomposition και Algorithms (Αναγνώριση Μοτίβων, Αφαίρεση, Αποσύνθεση και Αλγόριθμοι). Εδώ αναλύουμε τις έννοιες της ΥΣ του PRADA και βλέπουμε πώς οι προοπτικές της ΕΥ επηρεάζουν την ερμηνεία.

Παρατηρήστε! Χρησιμοποιούμε το μοντέλο PRADA που δίνει έμφαση στο εννοιολογικό μέρος της ΥΣ για να βοηθήσουμε τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς να επιλέξουν ένα κατάλληλο υπολογιστικό εργαλείο για τη διδασκαλία του αντικειμένου-στόχου τους. Διαφέρει από το μοντέλο ΥΣ που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 2, Ενότητα 1, το οποίο δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην επίλυση προβλημάτων.

Μοντέλο PRADA:

- **Αναγνώριση Μοτίβων** παρατηρώντας και εντοπίζοντας μοτίβα, τάσεις και κανονικότητες σε δεδομένα, διαδικασίες ή προβλήματα
- **Αφαίρεση:** προσδιορισμός των γενικών αρχών και ιδιοτήτων που είναι σημαντικές και σχετικές με το πρόβλημα
- **Αποσύνθεση** δεδομένων, διαδικασιών ή προβλημάτων σε σημαντικά μικρότερα, διαχειρίσιμα μέρη
- **Αλγόριθμοι** που αναπτύσσουν βήμα προς βήμα οδηγίες για την επίλυση (ενός προβλήματος) και παρόμοιων προβλημάτων

Αναγνώριση Μοτίβων

Τα μοτίβα ερμηνεύονται εδώ με δύο τρόπους, μαθηματικό και τεχνικό τρόπο. Τα Μαθηματικά λέγεται ότι είναι "η βασίλισσα των επιστημών" επειδή παρέχουν τις έννοιες που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση θεωριών. Η τεχνική ερμηνεία του μοτίβου καλύπτει τόσο τη Μηχανική όσο και την Τεχνολογία. Η διαφορά έγκειται στο στάδιο ανάπτυξης από τον σχεδιασμό στο προϊόν. Τα μαθηματικά μοτίβα (Devlin, 1994- Kvasz, 2019) περιγράφουν κανονικότητες σε έναν τομέα των Μαθηματικών που μπορούν να οριστούν με ένα μικρό σύνολο γεγονότων και κανόνων. Από αυτά τα γεγονότα και τους κανόνες μπορεί κανείς να αντλήσει λογικά όλες τις άλλες έννοιες του πεδίου (Devlin, 2012). Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε μοτίβα για να καταστήσουμε σαφείς τις συχνά πολύ αφηρημένες μαθηματικές έννοιες που χρησιμοποιούμε στους υπολογισμούς μας. Τεχνικά στο πλαίσιο της υπολογιστικής σκέψης, τα μοτίβα αφορούν τον έλεγχο των υπολογιστών, των ηλεκτρονικών και των ενσωματωμένων συστημάτων. Η απαίτηση είναι η λειτουργία του συστήματος-στόχου να μπορεί να περιγραφεί με διακριτές ηλεκτρικές καταστάσεις και μεταβάσεις μεταξύ αυτών. Τόσο στη μαθηματική όσο και στην τεχνική θεώρηση, το πρώτο βήμα προς τη λύση είναι η αναγνώριση των μοτίβων που πλαισιώνουν το πρόβλημα.

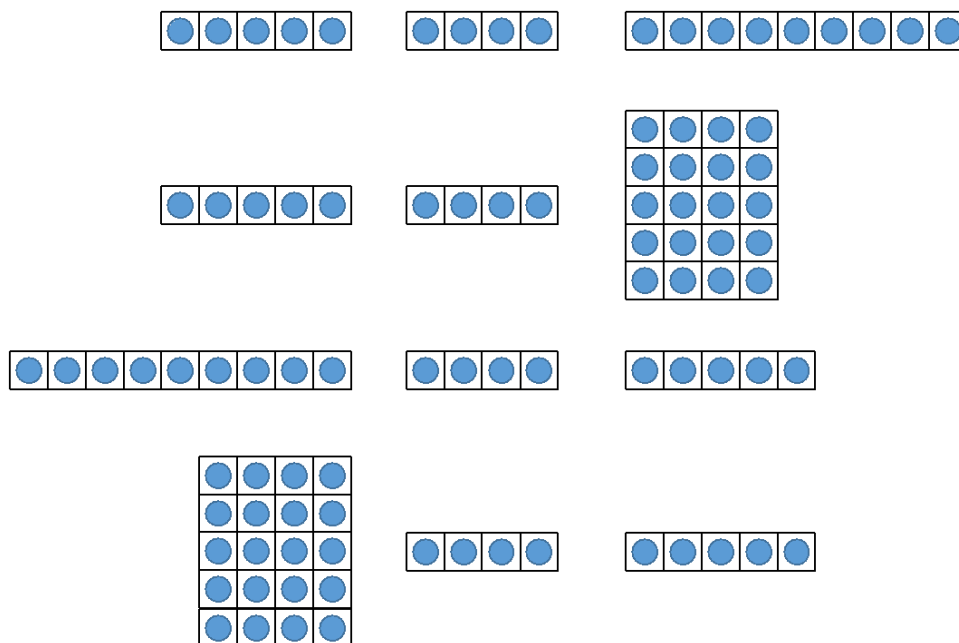
Η εκμάθηση των Μαθηματικών μπορεί να θεωρηθεί ως αναλογία της εκμάθησης μιας γλώσσας (Sfard, 2007). Χωρίς τη γλώσσα, δεν θα μπορούσαμε να έχουμε πρόσβαση στα αφηρημένα αντικείμενα των Μαθηματικών και στις ιδιότητές τους. Οι λέξεις-κλειδιά στον μαθηματικό λόγο σηματοδοτούν τα αντικείμενα. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούμε τους αριθμούς για να δηλώσουμε την ποσότητα και τα σχήματα για τα γεωμετρικά αντικείμενα. Οι λέξεις-κλειδιά περιγράφουν, επίσης, τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όπως η ισότητα, η ανισότητα, η ομοιότητα, η ισοδυναμία κ.λπ. Κάθε υπο-πεδίο των Μαθηματικών έχει τις δικές του λέξεις-κλειδιά, αλλά ένα πεδίο μπορεί να χρησιμοποιήσει τις λέξεις-κλειδιά και τα αντικείμενα ενός άλλου πεδίου, εάν αποτελούν μέρος της σύνθεσής του. Όταν μιλάμε για μαθηματικά αντικείμενα, χρησιμοποιούμε λέξεις, αλλά για την οπτική επικοινωνία χρησιμοποιούμε ένα σύστημα συμβόλων που είναι πολύ πιο συνοπτικό και αποτελεσματικό. Το σύστημα συμβόλων περιλαμβάνει ψηφία, αλγεβρικούς και λογικούς συμβολισμούς και τύπους. Τα σύμβολα λειτουργούν, επίσης, ως γνωστικά βοηθήματα. Μπορούμε, επίσης, να οπτικοποιήσουμε τις δομές που σχηματίζουν τα αντικείμενα και οι σχέσεις τους, όπως τα γεωμετρικά σχέδια και τα γραφήματα. Τα διαγράμματα καθιστούν δυνατή την οπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των τύπων και των συναρτήσεων με διαφορετικά δεδομένα.

Κάθε υπο-πεδίο των Μαθηματικών περιγράφεται από ένα σύστημα γεγονότων και κανόνων που καθορίζουν τα θέματά του. Ένας νέος μαθηματικός ορισμός πρέπει να αποδειχθεί ότι

μπορεί να συναχθεί από το σύστημα. Μια απόδειξη είναι μια αφήγηση σχετικά με τα αντικείμενα και τις σχέσεις μεταξύ τους που αποτελούν έναν ορισμό. Η αφήγηση γίνεται αποδεκτή ή απορρίπτεται από τους μαθηματικούς του υπο-πεδίου ανάλογα με το πόσο καλά συμμορφώνεται με την καθιερωμένη κατανόηση του εν λόγω μαθηματικού συστήματος. Μερικές φορές το υπάρχον σύστημα μπορεί να αλλάξει αν ο νέος ορισμός είναι θεμελιώδους σημασίας, αλλά αυτές οι περιπτώσεις είναι σπάνιες. Οι αφηγήσεις χρησιμοποιούν αξιώματα, ορισμούς, ισχυρισμούς και αποδείξεις για να θεμελιώσουν νέα ευρήματα. Η γλώσσα των Μαθηματικών είναι τυπική και στηρίζεται σε έναν συνηθισμένο τρόπο ομιλίας για τα αντικείμενα ενδιαφέροντος. Ένας σημαντικός τύπος ρουτίνας είναι οι ενέργειες πάνω στα μαθηματικά αντικείμενα. Παραδείγματα αυτών των ρουτινών είναι ο υπολογισμός, η επίλυση προβλημάτων, η επικύρωση και η απόδειξη.

Τα μαθηματικά αντικείμενα και οι σχέσεις τους μπορούν να θεωρηθούν ότι σχηματίζουν ένα μοτίβο. Το μοτίβο αποτελεί τη βάση για τους υπολογισμούς μας και μας δίνει το λεξιλόγιο για να συζητήσουμε για το μαθηματικό πεδίο. Συνήθως, το μοτίβο δεν αποτελεί τον πυρήνα του μαθηματικού συστήματος, αλλά μια συνέπειά του. Έχουμε διδαχθεί τις έννοιες και τη σχέση τους στα μαθήματα Μαθηματικών ή στα βιβλία και τις έχουμε εξασκήσει κάνοντας υπολογισμούς. Δεδομένου ενός προβλήματος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα μοτίβα για να αναγνωρίσουμε αν ένα υπο-πεδίο των Μαθηματικών θα βοηθούσε στην επίλυσή του. Εδώ χρησιμοποιούμε τη μαθηματική θεωρία των αριθμών, που είναι γνωστή ως αριθμητική (βλ. Σχήμα 2.1). για να απεικονίσουμε ένα μαθηματικό μοτίβο.

‘ ‘ ‘



Σχήμα 2.1. Η πρόσθεση, ο πολλαπλασιασμός, η αφαίρεση και η διαίρεση της αριθμητικής μπορούν να οπτικοποιηθούν για να δείξουν ποσοτικά μοτίβα που σχετίζονται με τις συμβολικές πράξεις.

Το Πλαίσιο του Αμερικανικού Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες K-12 (NRC, 2012) απαριθμεί την ανάπτυξη μοντέλων, την ανάλυση δεδομένων και τη μαθηματική και υπολογιστική σκέψη μεταξύ των οκτώ κεντρικών επιστημονικών και

μηχανικών πρακτικών. Το πλαίσιο επαναλαμβάνεται στα αμερικανικά Επιστημονικά Πρότυπα Επόμενης Γενιάς (NGSS Lead States, 2013), τα οποία συνδυάζουν τις πρακτικές, έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται μαθηματικές αναπαραστάσεις (μοντέλα) για την υποστήριξη επιστημονικών συμπερασμάτων και ψηφιακά εργαλεία (υπολογιστική σκέψη) για την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Επίσης, πλαίσια όπως η υπολογιστική σκέψη στη μαθηματική και επιστημονική ταξινόμηση (Weintrop et al., 2016) και τα στοιχεία της ενσωμάτωσης της υπολογιστικής σκέψης από την επιστημονική πτυχή (Malyn-Smith et al., 2018), τονίζουν τη χρήση μοντέλων και δεδομένων ως σημαντικό μέρος της επιστημονικής πρακτικής. Η μοντελοποίηση και η ανάλυση δεδομένων μπορεί να ερμηνευτεί ως αναγνώριση μοτίβων.

Η πιο κοινή έννοια του μοντέλου είναι η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος που δημιουργείται για έναν συγκεκριμένο σκοπό (Gilbert and Boulter, 1998). Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός μοντέλου είναι τα εξής:

- Αναπαριστά κάποιο μέρος του συστήματος που μοντελοποιείται, και οι πτυχές που επιλέγονται αντικατοπτρίζουν το ενδιαφέρον του μοντελοποιητή. Ένα μοντέλο είναι ένα ανθρώπινο δημιούργημα και δεν υπάρχει στον φυσικό κόσμο.
- Η ίδια πραγματικότητα μπορεί να αναπαρασταθεί από πολλαπλά μοντέλα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν αυτόν που δημιουργεί το μοντέλο.

Στην επιστήμη ένα μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ως αναπαράσταση ενός συστήματος, το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο αντικειμένων και των ιδιοτήτων ή μεταβλητών τους (Gutiérrez & Pintó, 2005). Το μοντέλο απεικονίζει τους νόμους του συστήματος που καθορίζουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων ή τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών των αντικειμένων. Η ουσιαστική λειτουργία ενός μοντέλου είναι η εξήγηση και η πρόβλεψη. Τα επιστημονικά μοντέλα είναι, επίσης, αναπαραστάσεις με τις οποίες μπορούμε να συλλογιστούμε (Justi & Gilbert, 2002). Τα μοντέλα είναι, συχνά, Μαθηματικά, αλλά βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης από τις απλές μαθηματικές έννοιες. Αντί των βασικών αντικειμένων και πράξεων ενός μαθηματικού υπο-πεδίου, τα μοντέλα τα συνδυάζουν σε τύπους για να περιγράψουν τα φαινόμενα που μας ενδιαφέρουν. Ένα μαθηματικό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ως μια φανταστική και απλουστευμένη εκδοχή του τμήματος της πραγματικότητας που μελετάται, όπου είναι δυνατοί οι ακριβείς υπολογισμοί (Gowers, 2002). Η Νευτώνεια μηχανική είναι ένα παράδειγμα αυτού του είδους μοντέλου (βλ. Σχήμα 2.2).

$$1) \sum F = 0 \Leftrightarrow \frac{dv}{dt} \quad 2) F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} \quad 3) F_A = -F_B$$

Σχήμα 2.2. Η Νευτώνεια μηχανική είναι μια άλλη ονομασία της κλασικής μηχανικής στη Φυσική. Ο Ισαάκ Νεύτων έθεσε τα θεμέλια της κλασικής μηχανικής, ορίζοντας τους τρεις νόμους της κίνησης: Ο πρώτος νόμος ορίζει ότι ένα αντικείμενο παραμένει ακίνητο ή συνεχίζει την κίνησή του εάν δεν επηρεάζεται από μια εξωτερική δύναμη (1), ο δεύτερος νόμος ορίζει ότι το άθροισμα των δυνάμεων που επιδρούν σε ένα αντικείμενο είναι η μάζα του αντικειμένου πολλαπλασιασμένη με την επιτάχυνσή του (2) και ο τρίτος νόμος ορίζει ότι όταν ένα αντικείμενο ασκεί μια δύναμη σε ένα άλλο, το δεύτερο αντικείμενο ασκεί ίση δύναμη στο πρώτο. Αυτοί οι νόμοι αποτελούν παραδείγματα επιστημονικών μοτίβων στη Φυσική.

Η προηγούμενη εικόνα της επιστήμης βασίζεται στην ιδέα ότι, η περιγραφή ενός φαινομένου μπορεί να απλοποιηθεί σε βαθμό που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακριβής υπολογισμός για την εξαγωγή πληροφοριών από τις προσδιορισμένες μεταβλητές. Δεν μπορούν όλα τα φαινόμενα να περιγραφούν με ακρίβεια. Για παράδειγμα τα κοινά χαρακτηριστικά κάποιου ανθρώπινου πληθυσμού, οι καιρικές τάσεις, οι οικονομικές προβλέψεις ή η εξάπλωση ασθενειών περιλαμβάνουν διακυμάνσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αντί για διακριτές και ακριβείς τιμές έχουμε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, όπου τα αντικείμενα μιας κατηγορίας μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές για τις ίδιες μεταβλητές. Όλα τα φαινόμενα δεν είναι στατικά, οπότε οι τιμές που συλλέγονται μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τη στιγμή της μέτρησης. Τα δεδομένα μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις, και εκτός από την ίδια την πρόβλεψη είναι κατατοπιστικό να εκτιμηθεί πόσο σίγουρο ή πιθανό είναι το αποτέλεσμα. Τα στατιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τον χειρισμό της διακύμανσης και της αβεβαιότητας στα δεδομένα. Ο στόχος είναι να γίνει κατανοητό τι σημαίνουν τα δεδομένα ή τι συνεπάγονται.

Η στατιστική έρευνα μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που περιλαμβάνει πέντε φάσεις: πρόβλημα, σχεδιασμός, δεδομένα, ανάλυση και συμπεράσματα (Wolff et al., 2016- Wild & Pfannkuch, 1999). Αρχικά, προσδιορίζεται ο σκοπός της έρευνας και ποια είναι τα σχετικά ερωτήματα που σχετίζονται με αυτήν. Ο σχεδιασμός ξεκινά με τη διατύπωση υποθέσεων, δηλαδή τι είδους αποτελέσματα υποθέτουμε. Στη συνέχεια γίνεται ένα σχέδιο που περιγράφει τι είδους δεδομένα θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν την υπόθεση. Επίσης, παρατίθενται οι πιθανές πηγές δεδομένων και ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να αποκτηθούν. Στη φάση των δεδομένων συλλέγονται ή αποκτώνται τα δεδομένα. Εδώ πρέπει να ληφθεί υπόψη η ποιότητα των δεδομένων και πιθανές δεοντολογικές ανησυχίες όπως η συγκατάθεση, η ανωνυμοποίηση και τα διάφορα είδη αδειών. Μια από τις κεντρικές φάσεις της διαδικασίας είναι η ανάλυση δεδομένων όπου συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα και δημιουργούνται εξηγήσεις με βάση αυτά. Τέλος, αξιολογείται η εγκυρότητα της εξήγησης και δημιουργούνται πιθανά νέα ερωτήματα με βάση τα αποτελέσματα. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι και εργαλεία στα οποία μπορεί να βασιστεί η ανάλυση δεδομένων, εδώ χρησιμοποιούμε τα κοινά στατιστικά μέτρα, όπως ο αριθμητικός μέσος όρος και η τυπική απόκλιση ως παραδείγματα (βλ. Σχήμα 2.3).

$$1) A = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \quad 2) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Σχήμα 2.3. Οι βασικές στατιστικές μετρήσεις, όπως ο αριθμητικός μέσος όρος και η τυπική απόκλιση, δίνουν περιλήψεις των μοτίβων που εντοπίζονται στα αριθμητικά δεδομένα. Ο αριθμητικός μέσος όρος περιγράφει τη μέση τιμή ενός στοιχείου σε ένα σύνολο δεδομένων (1). Η τυπική απόκλιση περιγράφει πόσο διαφέρουν οι τιμές των στοιχείων από τη μέση τιμή στο σύνολο δεδομένων (2).

Διαφορετικοί κλάδοι της Μηχανικής χρησιμοποιούν τα μοντέλα των Μαθηματικών και της Επιστήμης στην εργασία τους. Στο πλαίσιο της υπολογιστικής σκέψης υπάρχουν, επίσης, τεχνικά μοντέλα που σχετίζονται με τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών και υπολογιστικών συσκευών. Για να ελέγχει μια ηλεκτρική συσκευή υπολογιστικά πρέπει να είναι υπολογιστής ή πρέπει να διαθέτει ηλεκτρονικά για να επικοινωνεί

με έναν υπολογιστή. Σε απλές περιπτώσεις η συσκευή θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ηλεκτρονικά για αυτοματισμό και έλεγχο, αλλά για πιο σύνθετες ανάγκες είναι ευκολότερο να προστεθεί υπολογιστική ικανότητα από το να προσπαθήσει κανείς να την κατασκευάσει μόνο με ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Οι υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά λειτουργούν σε διακριτές καταστάσεις, πράγμα που σημαίνει ότι κάποιο ηλεκτρικό φορτίο ή ρεύμα είναι είτε ενεργοποιημένο είτε απενεργοποιημένο. Αυτό δεν σημαίνει ότι η συσκευή πρέπει να είναι στατική. Μια κατάσταση μπορεί να είναι ότι ένας κινητήρας λειτουργεί ή ακόμη και ότι επιταχύνει. Ένα μοντέλο μπορεί να κατασκευαστεί για να περιγράψει τις καταστάσεις που ελέγχουν ή αυτοματοποιούν μια συσκευή.

Ένα μοντέλο ελέγχου ή μηχανισμού αυτοματισμού μιας συσκευής χρειάζεται μια αρχική κατάσταση, μεταβάσεις μεταξύ καταστάσεων, εισόδους που ελέγχουν τις μεταβάσεις. Αυτό το είδος μοντέλου ονομάζεται μηχανή καταστάσεων ή μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων (FSM), δεδομένου ότι, ο αριθμός των καταστάσεων είναι περιορισμένος (βλέπε Σχήμα 2.4). Η FSM είναι το απλούστερο υπολογιστικό μοντέλο που διαθέτει μνήμη. Η συνδυαστική λογική είναι απλούστερη αφού μπορεί απλώς να υπολογίζει ένα αποτέλεσμα, αλλά επειδή δεν έχει μνήμη δεν μπορεί να χειριστεί καταστάσεις. Ένα FSM αλλάζει καταστάσεις μεταβαίνοντας σε μια επόμενη κατάσταση, όταν λαμβάνει μια είσοδο. Συνήθως, ανάλογα με την κατάσταση της μηχανής, ο αριθμός των πιθανών μεταβάσεων είναι περιορισμένος και διαφορετικές καταστάσεις μπορούν να έχουν διαφορετικές μεταβάσεις. Η FSM ορίζεται από τον κατάλογο των καταστάσεων, την αρχική κατάσταση και τις εισόδους που προκαλούν τις μεταβάσεις. Παρόλο που ο φορμαλισμός μοντελοποίησης είναι απλός, μπορεί να μοντελοποιηθεί μεγάλη ποικιλία συσκευών. Το FSM είναι μια αφαίρεση, περιγράφει τα αποτελέσματα των λειτουργιών της συσκευής και όχι την πραγματική μηχανική.

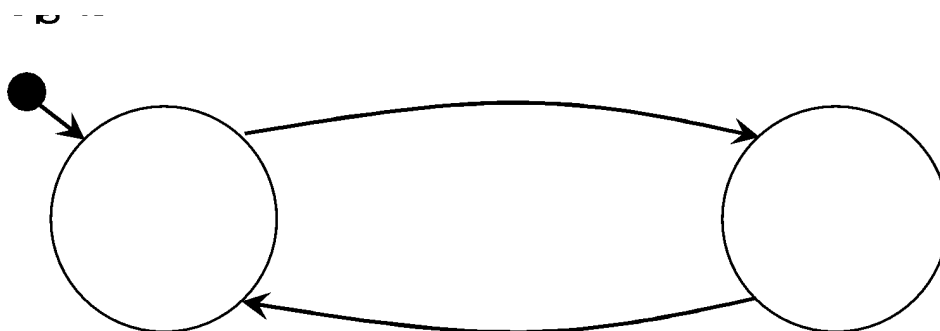
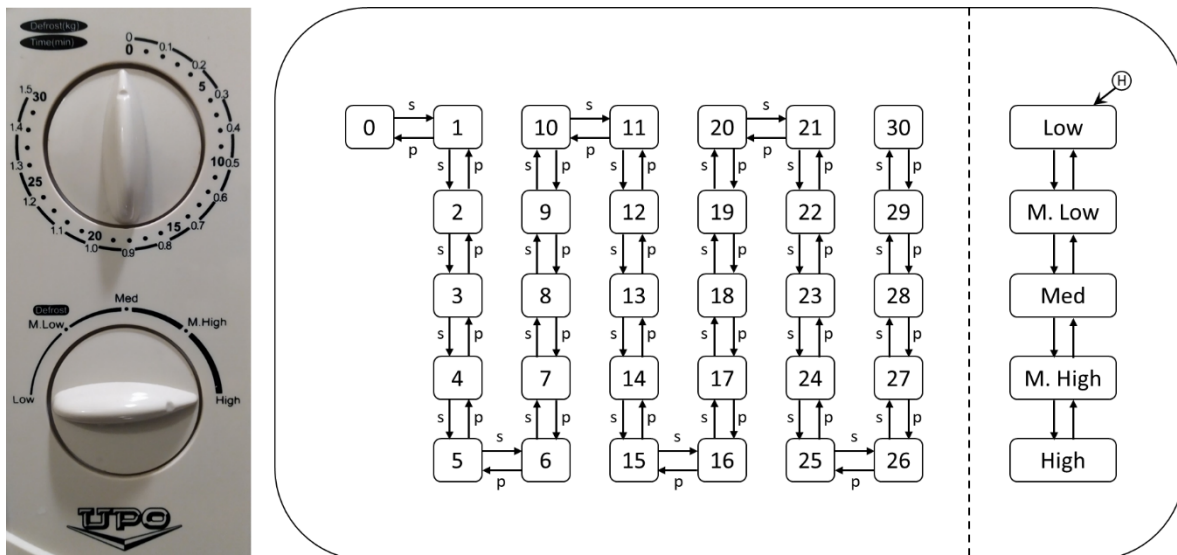


Figure 2.4. A simple Finite State Machine (FSM) περιγράφει ένα σύστημα αποτελούμενο από έναν διακόπτη και μια λάμπα. Η FSM περιγράφει τις καταστάσεις του λαμπτήρα ενώ ο διακόπτης αλλάζει καταστάσεις. Αν γυρίσουμε τον διακόπτη προς τα πάνω, το φως ανάβει και αν γυρίσουμε τον διακόπτη προς τα κάτω, το φως σβήνει. Η προεπιλεγμένη ή αρχική κατάσταση είναι το φως σβηστό και ο διακόπτης είναι κατεβασμένος.

Τα μοντέλα των FSM μπορεί να γίνουν πολύ πολύπλοκα αν υπάρχουν πολλά δεδομένα και καταστάσεις, αφού κάθε συνδυασμός πρέπει να μοντελοποιηθεί. Τα διαγράμματα καταστάσεων επινοήθηκαν από τον Harel (1987) για να διευκολύνουν τη μοντελοποίηση ενός FSM (βλέπε σχήμα 2.5). Τα διαγράμματα καταστάσεων χρησιμοποιούν διάφορα γραφικά μέσα για να κάνουν το μοντέλο μιας μηχανής καταστάσεων πιο εύκολο στην ερμηνεία: συστάδες,

προεπιλεγμένες καταστάσεις, και καταστάσεις και σύνδεσμος ιστορικού (Thimbleby, 2007). Εάν μια είσοδος ενεργοποιεί μια μετάβαση κατάστασης σε μια ομάδα καταστάσεων που είναι συμπληρωματικές, τότε αυτές μπορούν οπτικά να ομαδοποιηθούν μέσα σε έναν κόμβο. Η κατάσταση που είναι πάντα πρώτη σε μια ομάδα καταστάσεων μπορεί να χαρακτηριστεί ως default-state. Εάν διάφορες καταστάσεις έχουν κάτι κοινό, αλλά διαφέρουν σε κάποια πτυχή, τότε αυτό μπορεί να μοντελοποιηθεί με an and-state. Οπτικά, an and-state είναι μια συστάδα που χωρίζεται στα δύο, η οποία επιτρέπει τον συνδυασμό υποκαταστάσεων. Μερικές φορές πρέπει να θυμόμαστε την τελευταία κατάσταση σε μια συστάδα καταστάσεων και αυτό μπορεί να επισημανθεί με έναν σύνδεσμο ιστορικού. Εάν ένας σύνδεσμος ιστορικού συνδέεται με μια συστάδα καταστάσεων, τότε ένα πρόσθετο αστέρι, μετά το όνομα της συστάδας θα μπορούσε να επισημάνει ότι εννοείται μία από τις καταστάσεις εντός της συστάδας.



Σχήμα 2.5. Ένα διάγραμμα καταστάσεων που περιγράφει τη λειτουργία της διεπαφής χρήστη ενός απλού φούρνου μικροκυμάτων. Η διεπαφή αποτελείται από έναν επιλογέα χρονοδιακόπτη (0-30) και ρύθμιση για το επίπεδο ισχύος (χαμηλή-υψηλή). Τα βέλη που σημειώνονται με *s* στη μέση της εικόνας περιγράφουν τη ρύθμιση του χρόνου ως αλλαγή καταστάσεων και τα βέλη που σημειώνονται με *p* την αλλαγή του χρόνου μέσω ενός χρονικού παλμού. Η χρήση του φορμαλισμού των διαγραμμάτων καταστάσεων απλοποιεί την περιγραφή του συνδυασμού δύο ιεραρχιών καταστάσεων, επιτρέποντας την αλλαγή τους ξεχωριστά. Το επίπεδο ισχύος θυμάται (*H*) την τελευταία του κατάσταση στην ιεραρχία.

Αφαίρεση

Τα μοτίβα που περιγράφηκαν πιο πάνω για τα Μαθηματικά, την Επιστήμη, τη Μηχανική/Τεχνολογία αποτελούν παραδείγματα αφηρημένων εννοιών. Τα μαθηματικά αντικείμενα δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα αλλά είναι προϊόν του μυαλού μας. Ο φιλόσοφος Καρλ Πόπερ διέκρινε μεταξύ τριών επιπέδων της ανθρώπινης βιωμένης πραγματικότητας, τον φυσικό κόσμο, τον κόσμο των σκέψεών μας και τα μη υλικά δημιουργήματα του πολιτισμού μας. Τα Μαθηματικά είναι πολιτισμικά δημιουργημένα (Hersh, 2014), αναπτύσσονται εδώ και χιλιετίες και διαδίδονται μέσω της διδασκαλίας και της συγγραφής. Η Επιστήμη χρησιμοποιεί Μαθηματικά και στατιστικά μοντέλα για να κάνει ακριβή περιγραφή των φαινομένων που μας ενδιαφέρουν. Δεδομένου ότι, τα μοντέλα είναι

συνήθως ένας συνδυασμός βασικών πράξεων και παίρνουν το όνομά τους από τα φαινόμενα που απεικονίζονται, μπορούμε να πούμε ότι βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης από τα απλά Μαθηματικά. Η Μηχανική/Τεχνολογία χρησιμοποιεί τις μηχανές καταστάσεων από την επιστήμη των υπολογιστών ως αφαίρεση για να περιγράψει τον τρόπο λειτουργίας μιας συσκευής. Οι μηχανές καταστάσεων δεν περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας των συσκευών, αλλά μοντελοποιούν τα αποτελέσματα των λειτουργιών. Γενικά, το να αφαιρέσεις κάτι σημαίνει να παραλείψεις λεπτομέρειες ή να ομαδοποιήσεις λεπτομέρειες που σχετίζονται μεταξύ τους κάτω από μια περιγραφική ετικέτα.

Τα Μαθηματικά, η Επιστήμη και η Μηχανική/Τεχνολογία χρησιμοποιούν αφηρημένες έννοιες. Η αφαίρεση είναι, επίσης, κεντρική έννοια στην ΕΥ (Kramer, 2007) και επομένως και στην ΥΣ (Wing, 2006). Ωστόσο, η ΕΥ/ΥΣ απαιτεί σκέψη σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης, συχνά σε δύο επίπεδα ταυτόχρονα. Ένα παράδειγμα των επιπέδων αφαίρεσης που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της εκπαίδευσης της ΕΥ είναι μια ιεραρχία τεσσάρων επιπέδων από τους Perrenet et al. (2005): πρόβλημα, αντικείμενο, πρόγραμμα και εκτέλεση (βλ. κατάλογο παρακάτω). Τα επίπεδα της ιεραρχίας περιγράφουν διαφορετικές ερμηνείες ενός αλγορίθμου στον προγραμματισμό. Στο επίπεδο του προβλήματος ένας αλγόριθμος είναι η αλλαγή που απαιτείται από τα εσωτερικά σε εξωτερικά στοιχεία. Τα δεδομένα βασίζονται στα μοτίβα που παισιώνουν το πρόβλημα. Σε επίπεδο αντικειμένου σκεφτόμαστε τα γενικά βήματα του αλγορίθμου που απαιτούνται για τη μετατροπή των των εσωτερικών στοιχείων σε εξωτερικά. Σε επίπεδο προγράμματος ο αλγόριθμος υλοποιείται σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Η γλώσσα προγραμματισμού είναι μια υψηλού επιπέδου περιγραφή της λειτουργίας ενός υπολογιστή ή ενός υπολογιστικού μοντέλου. Το επίπεδο εκτέλεσης είναι η φυσική λειτουργία του υπολογιστή. Εδώ κάναμε τα βήματα από ένα πρότυπο που βρίσκεται στο πλαίσιο της περιοχής του προβλήματος μέχρι τον ορισμό ενός αλγορίθμου για την επίλυση του προβλήματος και τη λύση του ως πρόγραμμα εκτελέσιμο σε υπολογιστή. Η ΥΣ είναι ικανότητα εκτέλεσης αυτής της διαδικασίας.

Επίπεδα αφαίρεσης των αλγορίθμων Perrenet et al. (2005):

- Επίπεδο προβλήματος: αλλαγή από τα εσωτερικά στα εξωτερικά στοιχεία
- Επίπεδο αντικειμένου: περιγραφή αλγορίθμου (υψηλού επιπέδου)
- Επίπεδο προγράμματος: υλοποίηση του αλγορίθμου σε μια γλώσσα προγραμματισμού
- Επίπεδο εκτέλεσης: η λειτουργία της μηχανής

Αποσύνθεση

Η αποσύνθεση αφορά τον τρόπο με τον οποίο ένα πρόβλημα αναλύεται σε διαχειρίσιμα μέρη. Στο πλαίσιο της ΥΣ ο στόχος είναι να βρεθεί ένας αλγόριθμος που θα λύσει το πρόβλημα. Πριν από την αποσύνθεση, ένα πρόβλημα είναι γνωστό μόνο ως ένα μαύρο κουτί με εισόδους, εξόδους και πιθανές σχέσεις με άλλα προβλήματα. Το μαύρο κουτί απεικονίζει τις εσωτερικές λειτουργίες του προβλήματος που είναι ακόμη άγνωστες. Για να βρεθεί η εσωτερική λειτουργία, το πρόβλημα αναλύεται σε πολλαπλά υποπροβλήματα. Κάθε υποπρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα πρόβλημα που πρέπει να διασπαστεί στα συστατικά του μέρη. Τέλος, επιτυγχάνεται ένα ατομικό επίπεδο όπου δεν υπάρχουν άλλα υποπροβλήματα. Μια λύση μπορεί να επινοηθεί με βάση τα αναγνωρισμένα συστατικά του προβλήματος. Μπορεί κανείς να προσεγγίσει τη λύση από πάνω προς τα κάτω, χειριζόμενος πρώτα τα προβλήματα του ανώτερου επιπέδου, ή από κάτω προς τα πάνω, επιλύοντας πρώτα τα ατομικά προβλήματα.

Η διαδικασία αποσύνθεσης περιλαμβάνει δύο είδη δράσεων (Rich et al., 2019). Η πρώτη, η ουσιαστική αποσύνθεση, είναι η διαφοροποίηση και η κατηγοριοποίηση των τμημάτων (υποπροβλημάτων) του προβλήματος. Η δεύτερη, η σχεσιακή αποσύνθεση, είναι η εύρεση σχέσεων μεταξύ των υποπροβλημάτων. Στην ουσιαστική αποσύνθεση πρέπει να επιλέξει κανείς μια αρχή που χρησιμοποιείται για να διασπάσει το πρόβλημα σε μέρη. Η αρχή εξαρτάται από τη δήλωση του προβλήματος και το πλαίσιο. Τα ξεχωριστά υποπροβλήματα παρέχουν πληροφορίες που δεν ήταν προσβάσιμες ενώ συνδυάζονταν. Όταν έχουν εντοπιστεί τα υποπροβλήματα μπορεί κανείς να αρχίσει να αποδίδει σχέσεις μεταξύ τους. Πριν από αυτή τη φάση δεν υπήρχε σχέση μεταξύ των προβλημάτων. Τα υποπροβλήματα και οι σχέσεις τους σχηματίζουν το μοτίβο του προβλήματος. Ένα παράδειγμα από την αριθμητική θα ήταν η πρόσθεση δύο φυσικών αριθμών. Η σχέση μεταξύ των αριθμών είναι η διαφορά μεταξύ των θέσεων σε μια αριθμογραμμή. Για να προσθέσει κανείς έναν αριθμό σε έναν άλλο, θα έπαιρνε τη θέση του πρώτου αριθμού ως αφετηρία και θα υπολόγιζε ένα ποσό ίσο με τη θέση του δεύτερου αριθμού προς τα εμπρός. Ο αριθμός της νέας θέσης είναι το αποτέλεσμα της πρόσθεσης.

Στη Μηχανική, την ΕΥ, τον σχεδιασμό και άλλους τομείς, τα προβλήματα, συχνά, αναλύονται με βάση τις λειτουργίες τους (Rich et al., 2019). Η λειτουργική αποσύνθεση είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού ουσιαστικών και σχεσιακών διαδικασιών. Το κλειδί για να καταστεί η αποσύνθεση λειτουργική είναι η σχέση μεταξύ των υποπροβλημάτων. Εάν η σχέση είναι λειτουργική, τότε κάποια λειτουργία συμβαίνει μεταξύ δύο υποπροβλημάτων. Μια λειτουργική σχέση στην αριθμητική θα μπορούσε να είναι η πρόσθεση, η αφαίρεση, ο πολλαπλασιασμός ή η διαίρεση. Παράδειγμα χρήσης αριθμητικών συναρτήσεων σε άλλα πεδία των Μαθηματικών είναι η τετραγωνική εξίσωση, ο μεγαλύτερος κοινός διαιρέτης και το Πυθαγόρειο θεώρημα. Στην ΕΥ ένας αλγόριθμος που εκφράζεται σε μια γλώσσα προγραμματισμού προστακτικού τύπου (που δίνει εντολές στον υπολογιστή) θα χρησιμοποιούσε δομές ελέγχου που διαμορφώνουν τη σχέση μεταξύ των λύσεων των υποπροβλημάτων. Η διάσπαση του προβλήματος με τη χρήση ουσιαστικής και σχεσιακής αποσύνθεσης βοηθά στην απόκτηση νέων ουσιαστικών πληροφοριών για την επινόηση μιας (αλγοριθμικής) λύσης (Rich et al., 2019).

Αλγόριθμοι

Οι αλγόριθμοι είναι μέρος των Μαθηματικών. Μερικές φορές οποιαδήποτε διαδικασία βήμα προς βήμα περιγράφεται ως αλγόριθμος, αλλά δεν είναι η διαδικασία, αλλά ο ορισμός που αποτελεί τον αλγόριθμο. Ο ορισμός πρέπει να περιγράφει τη διαδικασία με μαθηματική ακρίβεια. Η ΕΥ βασίζεται σε αλγορίθμους, καθώς η βασική λειτουργία της βασίζεται σε ένα υπολογιστικό μοντέλο (βλ. Ενότητα 1/Μαθηματικά). Ό,τι κάνει ο υπολογιστής είναι ένας υπολογισμός (που ονομάζεται υπολογισμός), αλλά για να ξέρει η μηχανή τι να κάνει, κάθε ενέργεια πρέπει να είναι ρητή. Σε ένα πλαίσιο ΕΥ ένας αλγόριθμος μπορεί να οριστεί ως *"...μια πεπερασμένη, αφηρημένη, αποτελεσματική, σύνθετη δομή ελέγχου, επιτακτικά δεδομένη, που επιτυγχάνει έναν δεδομένο σκοπό υπό δεδομένες διατάξεις"*. (Hill, 2016, σ. 47).

Για να αποδομήσουμε τον ορισμό του Robin K. Hill (2016) για έναν αλγόριθμο (βλ. παραπάνω), μπορούμε να ξεκινήσουμε απεικονίζοντας έναν αλγόριθμο ως ορισμό μιας διαδικασίας που αποτελείται από διακριτά βήματα. Ένας αλγόριθμος περιγράφει μια πεπερασμένη διαδικασία που πρέπει να καταλήξει σε ένα τέλος. Η περιγραφή είναι αφηρημένη και χρησιμοποιεί μόνο τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την απεικόνιση της

επιδιωκόμενης αλλαγής. Εκτός από το πεπερασμένο, ο αλγόριθμος πρέπει να είναι αποτελεσματικός, πράγμα που σημαίνει ότι οι πόροι και ο χρόνος που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι λογικοί. Ένας αλγόριθμος είναι ένας συνδυασμός διαφορετικών δομών ελέγχου που καθοδηγεί την αλλαγή των τιμών του και τελικά καταλήγει σε ένα αποτέλεσμα. Οι δομές ελέγχου και οι αλλαγές στις μεταβλητές παρουσιάζονται ως προσταγές με τη χρήση εντολών. Ο αλγόριθμος πρέπει να εκπληρώνει τον επιδιωκόμενο σκοπό του και τίποτε άλλο. Ο αλγόριθμος πρέπει να συμπεριφέρεται σωστά με οποιαδήποτε είσοδο στο καθορισμένο εύρος.

Η υπολογιστική σκέψη μπορεί να οριστεί ως οι νοητικές δεξιότητες που απαιτούνται για την αυτοματοποίηση της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου (Denning, 2017b). Οι ιδιότητες του αλγορίθμου που ορίζονται παραπάνω αποτελούν προϋπόθεση ότι μπορεί να εφαρμοστεί, ότι συμπεριφέρεται όπως αναμένεται και ότι το αποτέλεσμα είναι σωστό. Εφαρμογή είναι η συγγραφή ενός προγράμματος, στο οποίο εντάσσεται ο αλγόριθμος. Παρόλο που κάθε πρόγραμμα είναι αλγοριθμικό, μόνο τα μέρη του προγράμματος που είναι αρκετά γενικά, ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε κάποια άλλα πλαίσια, ονομάζονται αλγόριθμοι. Αυτοί οι γενικοί αλγόριθμοι ονομάζονται και οι ορισμοί τους είναι κοινοί μεταξύ των επιστημόνων πληροφορικής. Πολλοί κώδικες προγραμμάτων έχουν να κάνουν με τον έλεγχο του υπολογιστή σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και ο κώδικας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο άλλο. Ένα πρόγραμμα γράφεται σε σχέση με τις ιδιότητες του υπολογιστή. Θα μπορούσε κανείς να ελέγξει τον υπολογιστή απευθείας, αλλά αυτό είναι πολύ δύσκολο και επιρρεπές σε σφάλματα. Γενικά, οι προγραμματιστές εργάζονται με ένα υπολογιστικό μοντέλο υψηλότερου επιπέδου, το οποίο περιγράφεται από μια γλώσσα προγραμματισμού.

Ένα πρόγραμμα είναι γραμμένο σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Η γραμματική της γλώσσας προγραμματισμού ονομάζεται σύνταξη. Η σημασιολογία ορίζει το νόημα των προτάσεων της γλώσσας. Το νόημα μπορεί να αναφέρεται σε υπολογισμούς ή στη λειτουργία του υπολογιστή. Ένα πρόγραμμα είναι ένας κατάλογος προτάσεων, οι οποίες ονομάζονται εντολές. Οι προτάσεις εκτελούνται μία προς μία με δεδομένη σειρά. Μια δήλωση αποτελείται από μια εντολή και τιμές που χρειάζονται οι εντολές για την εκτέλεσή της. Οι τιμές μπορούν να οριστούν απευθείας, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο σύμβολο γράμματος ως υποκατάστατο, όπως στη σχολική άλγεβρα. Το σύμβολο ονομάζεται μεταβλητή αν μπορεί να αλλάξει, και τιμή αν είναι σταθερό από τη στιγμή που έχει οριστεί. Μερικές φορές μια εντολή περιέχει μαθηματικές ή λογικές εκφράσεις που υπολογίζουν νέες τιμές με βάση τις μεταβλητές/τιμές. Η διαφορά μεταξύ μιας εντολής και μιας έκφρασης είναι ότι, η πρώτη ελέγχει τη λειτουργία του υπολογιστή και η δεύτερη παράγει τιμές. Το αποτέλεσμα μιας έκφρασης είναι οι εισροές στην εντολή. Οι εκφράσεις αποτελούνται από τελεστές (όπως η πρόσθεση ή η αφαίρεση στα Μαθηματικά και το AND ή το OR στη Λογική) που λειτουργούν με τις τιμές/μεταβλητές. Η εκτέλεση ενός προγράμματος τελειώνει στην τελευταία εντολή, αν δεν υπάρχει εντολή που να λέει το αντίθετο.

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο με μία εντολή σε κάθε γραμμή. Η εκτέλεση του προγράμματος περνάει από κάθε γραμμή του προγράμματος, μέχρι να φτάσει στο τέλος. Οι εντολές ελέγχου αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται η εκτέλεση. Οι δηλώσεις υπό όρους επιτρέπουν την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών διαδρομών εκτέλεσης. Είναι δυνατόν, η εκτέλεση να επιστρέψει στο κύριο μονοπάτι, μετά την εκτέλεση των εναλλακτικών δηλώσεων. Η δήλωση επανάληψης είναι μια κατασκευή που επαναλαμβάνει ένα σύνολο δηλώσεων, μέχρι να ικανοποιηθεί μια συνθήκη. Μετά το πέρας της εκτέλεσης της επανάληψης, η εκτέλεση του προγράμματος συνεχίζεται εφόσον έχουν απομείνει δηλώσεις. Τα προγράμματα μπορεί να

γίνουν αρκετά μεγάλα, γεγονός που καθιστά δύσκολη την κατανόηση του κώδικα του προγράμματος. Μερικές φορές η λειτουργικότητα ενός μέρους ενός προγράμματος θα ήταν χρήσιμη σε ένα άλλο. Οι συναρτήσεις και οι διαδικασίες παρέχουν αρθρωτότητα και επαναχρησιμοποίηση. Είναι υποπρογράμματα που μπορούν να ονομαστούν και να κληθούν όπως οι υπάρχουσες εντολές της γλώσσας. Η διαφορά μεταξύ μιας συνάρτησης και μιας διαδικασίας είναι ότι η πρώτη επιστρέφει μια τιμή και η δεύτερη αλλάζει την κατάσταση του υπολογιστή. Η Python και η Racket είναι παραδείγματα γλωσσών προγραμματισμού κειμένου που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση. Υπάρχουν, επίσης, οπτικές γλώσσες προγραμματισμού που απευθύνονται σε αρχάριους, όπου ο προγραμματισμός μοιάζει με την κατασκευή ενός παζλ.

Η προσέγγιση του οπτικού προγραμματισμού με βάση τα παζλ ονομάζεται, επίσης, προγραμματισμός με βάση τα μπλοκ (Weintrop, 2019). Σε αυτό το είδος προγραμματισμού, οι εντολές της γλώσσας παρουσιάζονται ως οπτικά μπλοκ. Η μορφή των μπλοκ δίνει ενδείξεις για το πώς και πού μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η ομάδα-στόχος αυτού του είδους των γλωσσών προγραμματισμού μπορεί να είναι παιδιά ηλικίας μόλις πέντε ετών, αλλά κυρίως οι γλώσσες απευθύνονται σε παιδιά ηλικίας οκτώ έως δεκαέξι ετών. Για να γράψετε ένα πρόγραμμα χρειάζεται να συνδυάσετε μπλοκ προγράμματος, με σύρσιμο και απόθεση. Συνήθως, το προγραμματιστικό περιβάλλον εμποδίζει τον συνδυασμό μπλοκ που δεν ταιριάζουν μεταξύ τους. Αυτό επιτρέπει τη συγγραφή ενός προγράμματος δήλωση προς δήλωση, όπως στις γλώσσες προγραμματισμού κειμένου, ενώ παράλληλα αποτρέπονται τα συντακτικά λάθη. Εφόσον ο προγραμματισμός γίνεται με σύρσιμο και απόθεση, το προγραμματιστικό περιβάλλον μπορεί να προσφέρει πρόσθετη υποστήριξη, ομαδοποιώντας τα μπλοκ ανά λειτουργία και χρησιμοποιώντας χρώματα για εύκολη αναγνώριση. Η γνώση ή η μνήμη του τι είναι δυνατό να γίνει αντικαθίσταται από την περιήγηση σε εντολές.

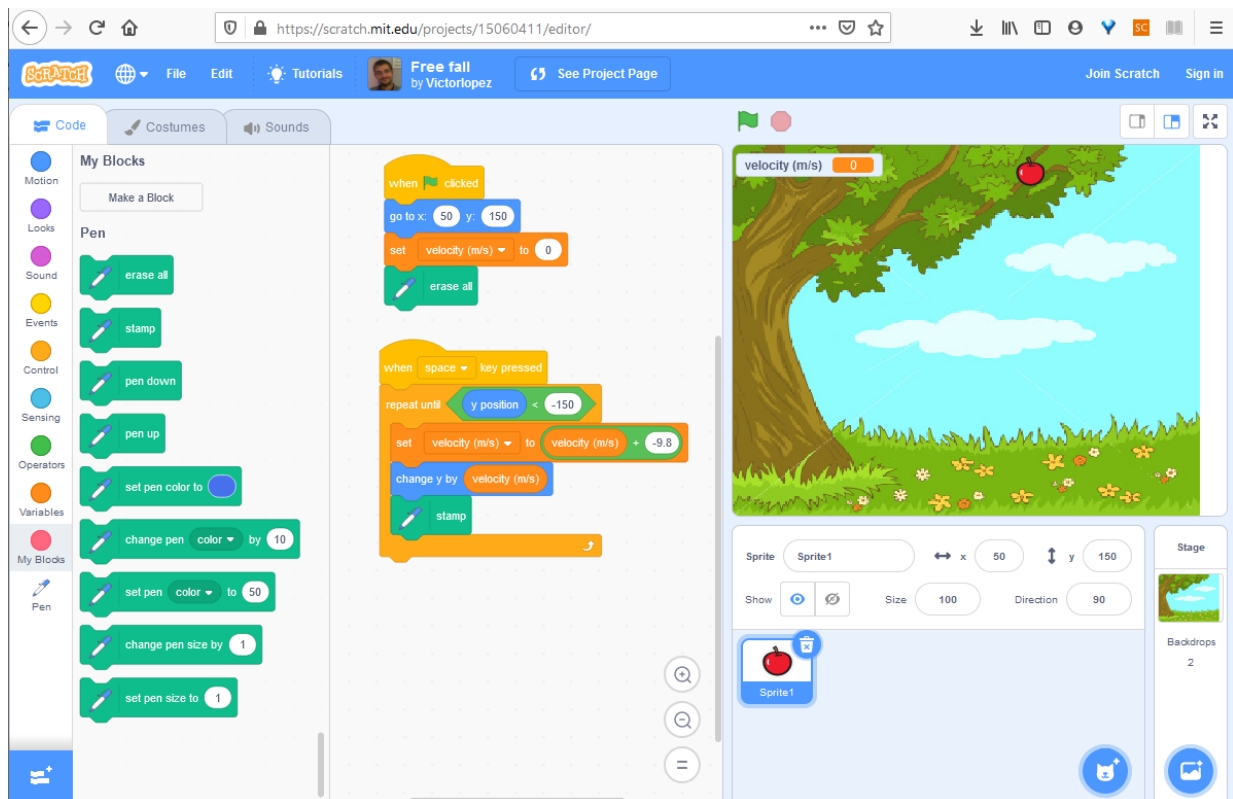
Μια παρενέργεια του προγραμματισμού με βάση τα μπλοκ είναι ότι απαλλάσσει τον χρήστη από τη συγγραφή. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να ανησυχεί για ορθογραφικά λάθη, περίεργα σημεία στίξης ή κομμάτια σύνταξης που λείπουν. Η γραφική αναπαράσταση των εντολών επιτρέπει τη χρήση μακρύτερων περιγραφών, αφού οι εντολές δεν χρειάζεται να γράφονται. Δίνει, επίσης, τη δυνατότητα περιγραφής του νοήματος, αφού η ακρίβεια που χρειάζεται ο υπολογιστής μπορεί να αποκρυβεί από τον χρήστη. Εκτός από τη γλώσσα που βασίζεται σε μπλοκ μπορούν να προστεθούν και άλλα βοηθήματα στο περιβάλλον προγραμματισμού. Στο Scratch (Maloney et. al., 2010), που είναι σήμερα (το 2020) η πιο γνωστή γλώσσα προγραμματισμού με βάση τα μπλοκ, ο έλεγχος των γραφικών στοιχείων στην οθόνη που ονομάζονται sprites έχει γίνει ιδιαίτερα εύκολος. Κάθε sprite έχει το δικό του πρόγραμμα που ελέγχει τη συμπεριφορά του. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του sprite είναι η θέση του. Αυτό διευκολύνει την πραγματοποίηση γεγονότων στην οθόνη. Δεδομένου ότι τα sprites είναι ανεξάρτητες ολότητες όπως οι συναρτήσεις ή οι διαδικασίες σε άλλες γλώσσες, μπορούν εύκολα να μετακινηθούν από το ένα πρόγραμμα στο άλλο.

Μελέτη περίπτωσης: Μοντελοποίηση της βαρύτητας στο Scratch

Οι Lopez και Hernandez (2015) δημιούργησαν ένα παράδειγμα έργου Φυσικής με τίτλο "Ελεύθερη πτώση", το οποίο θα μπορούσε να αποτελέσει εργασία για μαθητές Δημοτικού ή Γυμνασίου. Το έργο υλοποιήθηκε σε Scratch και μοντελοποίησε τον τρόπο με τον οποίο η βαρύτητα προκαλεί επιτάχυνση, όταν ένα αντικείμενο πέφτει ελεύθερα. Το φυσικό φαινόμενο

οπτικοποιήθηκε με την εικόνα ενός δέντρου και ενός μήλου που πέφτει από ένα από τα κλαδιά του. Η ταχύτητα του μήλου που πέφτει εμφανίζεται ως τιμή και η επιτάχυνση απεικονίζεται με την αποτύπωση της θέσης του μήλου σε αυξανόμενα βήματα. Για να ολοκληρώσει την εργασία ένας μαθητής, πρέπει να μάθει για τη βαρύτητα και τι είδους τύπος περιγράφει τα αποτελέσματά της σε ένα αντικείμενο που πέφτει. Χρησιμοποιώντας τον τύπο, θα ήταν εύκολο να υπολογιστεί η ταχύτητα στο τέλος μιας απόστασης από ένα φανταστικό κλαδί στο έδαφος. Η πρόκληση είναι να χρησιμοποιήσει τις ιδιότητες του Scratch για να δείξει την αυξανόμενη ταχύτητα λόγω επιτάχυνσης.

Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι για τους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης θα εμφανιζόταν το αποτέλεσμα του προγράμματος, ενώ για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέρος της εργασίας θα ήταν να σκεφτούν οι ίδιοι την αρχή της οπτικοποίησης. Από την εφαρμογή του μοντέλου των Lopez και Hernandez, μια αρχή θα ήταν να προσθέσουν τη σκηνή με το τρία, να σχεδιάσουν ένα ελατήριο που απεικονίζει ένα μήλο και να μετακινήσουν το μήλο στη σωστή θέση, με τη διαδικασία δοκιμής και σφάλματος (βλ. εικόνα 2.6 δεξιά). Στη συνέχεια, πρέπει να βρουν πώς να συνδέσουν το μοντέλο της επιτάχυνσης με την αλλαγή σε μια θέση για το μήλο. Η μεταβολή της θέσης σε σχέση με τον χρόνο (δευτερόλεπτα) θα είναι η ταχύτητα και η επιτάχυνση θα είναι η εκτύπωση της νέας θέσης του μήλου, σε ίσα χρονικά βήματα. Η αρχική ταχύτητα για το μήλο θα ήταν μηδέν (βλ. σχήμα 2.6 στο κέντρο της πρώτης σειράς μπλοκ).



Σχήμα 2.6. Ένα στιγμιότυπο οθόνης του περιβάλλοντος Scratch που έχει τα γραφικά στοιχεία του μήλου σε ένα δέντρο και το σχετικό πρόγραμμα για την απεικόνιση της πτώσης λόγω της βαρύτητας.

Στην εφαρμογή του μοντέλου ένα δευτερόλεπτο απεικονίζεται ως ένας γύρος σε ένα καλώδιο(εδώ καλείται επανάληψη μέχρι μια συνθήκη- βλ. προηγούμενος σχήμα 2.6: κέντρο το δεύτερο σετ μπλοκ). Τώρα η ταχύτητα είναι η μεταβολή της θέσης του μήλου, κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης. Πρώτα, λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της επιτάχυνσης προσθέτοντας 9,8 στην ταχύτητα (ορισμός ταχύτητας (m/s)...) και η κατακόρυφη θέση του μήλου μεταβάλλεται (αλλαγή μέσω ταχύτητας (m/s)- βλέπε σχήμα 2.6: κέντρο το δεύτερο σετ μπλοκ). Η λειτουργία Stamp χρησιμοποιείται σε κάθε γύρο της επανάληψης για την εκτύπωση ενός μήλου (στυλό και σφραγίδα- βλ. προηγούμενος σχήμα 2.6: κεντράρισμα του δεύτερου σετ μπλοκ). Η επανάληψη τερματίζεται όταν η θέση του μήλου βρίσκεται στο κάτω άκρο της σκηνής. Αφού κατασκευαστεί το μοντέλο, υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης του μοντέλου ώστε να γίνει πιο ρεαλιστικό. Οι μαθητές θα μπορούσαν να προσθέσουν τριβή αέρα ή να μοντελοποιήσουν την επίδραση του ανέμου.

Περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τη μελέτη περίπτωσης: Το Scratch ως εργαλείο υπολογιστικής μοντελοποίησης για τη διδασκαλία της Φυσικής (βλ. αναφορές Lopez & Hernandez, 2015).

Η εφαρμογή στο Scratch (επίσκεψη 30.8.2020): <https://scratch.mit.edu/projects/15060411/>

Περίληψη

Τα στοιχεία της ΥΣ, αναγνώριση μοτίβου, αφαίρεση, αποσύνθεση και αλγόριθμοι ως προγράμματα υπολογιστών χρησιμοποιούνται όλα, στο προηγούμενο παράδειγμα. Αυτές είναι δεξιότητες που χρειάζονται οι μαθητές για να γνωρίζουν πώς να αξιοποιούν τις δυνατότητες της πληροφορικής στο STEM. Τα διάφορα συστατικά στοιχεία της ΥΣ πρέπει να παρουσιαστούν στους μαθητές: πρώτα ξεχωριστά και στη συνέχεια να συνδυαστούν για να σχηματίσουν ένα σύνολο. Είναι σημαντικό, ο προγραμματισμός να μην παρουσιάζεται μόνο ως μια περίτεχνη αριθμομηχανή, αλλά να εξηγούνται οι πραγματικές δυνατότητες της Πληροφορικής. Στο παραπάνω παράδειγμα, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με το θέμα της βαρύτητας, κατασκεύασαν ένα υπολογιστικό μοντέλο και χρησιμοποίησαν τις ιδιότητες του περιβάλλοντος Scratch για να το απεικονίσουν. Ανάλογα με την ωριμότητα των μαθητών μπορούν να παρουσιαστούν θεωρητικές εξηγήσεις για την Πληροφορική, αλλά χωρίς πρακτική εξάσκηση δεν μπορεί να διδαχθεί η υπολογιστική σκέψη. Επίσης, ο εκπαιδευτικός πρέπει να εξασκηθεί στον προγραμματισμό για να μπορέσει να μεταφέρει τις γνώσεις που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός προγράμματος.

Διάλεξη - Προοπτικές ΥΣ για το πλαίσιο STEAM



Χρησιμοποιώντας το παραπάνω κείμενο

- Τρεις πτυχές της ΕΥ
- Αναγνώριση μοτίβου

- Αφαίρεση
- Αποσύνθεση
- Αλγόριθμος που εκτελείται από υπολογιστή

Δραστηριότητα 2.1 Κατ' οίκον εργασία - περιγραφή του δικού σας θέματος με τη χρήση της ΥΣ Προοπτικές για το STEAM



Στόχος αυτής της άσκησης είναι να εξασκηθείτε στην εφαρμογή της υπολογιστικής σκέψης σε ένα θέμα του γνωστικού σας αντικειμένου. Η μελέτη περίπτωσης Μοντελοποίηση της βαρύτητας στο Scratch (βλ. παραπάνω) είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής όπου η βαρύτητα στη Φυσικής έχει μοντελοποιηθεί και οπτικοποιηθεί υπολογιστικά. Θα πρέπει να προσδιορίσετε πώς η υπολογιστική σκέψη θα μπορούσε να βοηθήσει στην επίλυση ενός προβλήματος, στη δημιουργία μιας τεχνολογίας ή στην κατανόηση ενός φαινομένου.

1. Επιλέξτε ένα ενδιαφέρον θέμα στο αντικείμενό σας.
2. Ποια προοπτική της ΕΥ σχετίζεται με το θέμα σας;
 - Μαθηματικά: Ποια προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς;
 - Μηχανική: Ποιες δραστηριότητες μπορούν να επιτευχθούν με τον έλεγχο της τεχνολογίας της Πληροφορικής;
 - Επιστήμες: Ποια φαινόμενα μπορούν να κατανοηθούν ως υπολογιστικές διαδικασίες;
3. Εφαρμόστε το μοντέλο PRADA στο θέμα σας σύμφωνα με την επιλεγμένη προοπτική.
 - Αναγνώριση μοτίβου
 - Αφαίρεση
 - Αποσύνθεση
 - Αλγόριθμος που εκτελείται από υπολογιστή
4. Τι είδους άσκηση θα μπορούσε να αναπτυχθεί από την υπολογιστική ερμηνεία του θέματος;
 - Αναφέρετε την ηλικία/τάξη των μαθητών.
 - Περιγράψτε την ιδέα για μια άσκηση (οι λεπτομέρειες υλοποίησης μπορούν να παραλειφθούν).

Δραστηριότητα 2.2 Κατ' οίκον εργασία - Αξιολογήσεις από ομοτίμους



- Επανεξέταση της δραστηριότητας 2.1 - απαντήσεις τριών συναδέλφων
- Αξιολόγηση: Αποδεκτή/Αποτυχημένη
- Κάθε σημείο βαθμολογείται στην κλίμακα 0-5 (ο μέσος όρος πρέπει να είναι 2 ή καλύτερος για αποδοχή)

- ο η παρουσίαση του θέματος
- ο επιχειρηματολογία και σαφήνεια
- ο αξιοποίηση του περιεχομένου της ενότητας

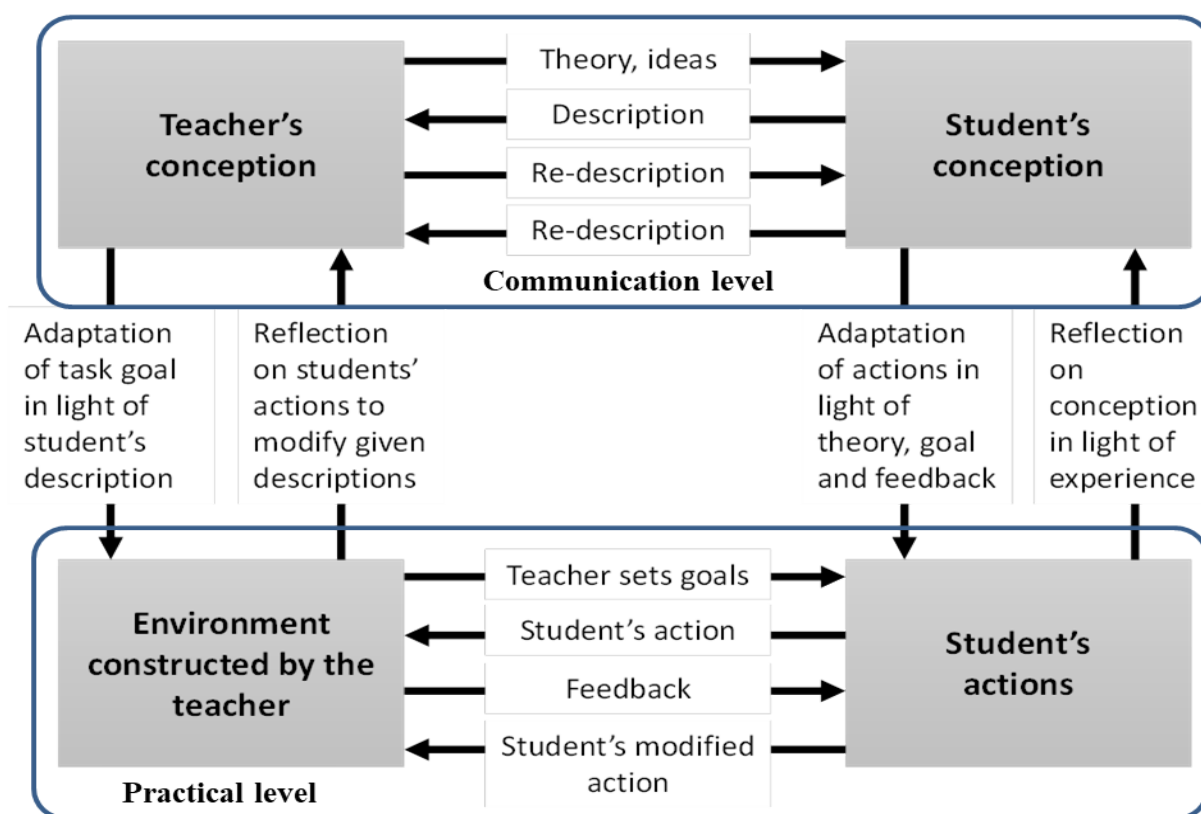
Ενότητα 3 - Επιλογή εκπαιδευτικών τεχνολογιών με βάση τις προοπτικές της ΥΣ

Οι σημερινοί μαθητές είναι εξαιρετικοί χρήστες των ψηφιακών τεχνολογιών, αλλά αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι κατανοούν τις αρχές. Πρέπει πρώτα να εξασκηθούν στη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών σε ένα πιο οργανωμένο περιβάλλον για να είναι αργότερα σε θέση να τις εφαρμόσουν πιο ελεύθερα. Η εκπαίδευση STEAM αφορά τον συνδυασμό γνώσεων και δεξιοτήτων από διαφορετικούς τομείς για την επίλυση ενός προβλήματος. Οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν από εμπειρίες, τόσο με γενικά εργαλεία, όσο και με εργαλεία που στοχεύουν σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Και στις δύο περιπτώσεις ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει το πλαίσιο των προοπτικών ΥΣ για να αναγνωρίσει εκπαιδευτικές τεχνολογίες που συνδυάζουν το χειρισμό συγκεκριμένων θεματικών μοτίβων με υπολογιστικές δυνατότητες. Σε αυτή την ενότητα το πλαίσιο τοποθετείται σε ένα μοντέλο διδασκαλίας για να βοηθήσει στην επιλογή ενός εργαλείου που ταιριάζει στην επιδιωκόμενη παιδαγωγική. Δίνονται παραδείγματα εκπαιδευτικών τεχνολογιών από τις τρεις προοπτικές. Τέλος, ο εκπαιδευτικός μπορεί να αποφασίσει κατά πόσο η διδασκαλία επηρεάζεται από τις τεχνολογικές δυνατότητες.

Το Πλαίσιο Συνομιλίας (βλ. Σχήμα 3.1) περιγράφει τη μάθηση ως έναν επαναληπτικό διάλογο μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών (Laurillard, 2002- Laurillard, 2012). Υπάρχουν δύο επίπεδα: το επικοινωνιακό επίπεδο, όπου ανταλλάσσονται θεωρίες και έννοιες και το πρακτικό επίπεδο, όπου οι πράξεις οδηγούν σε εμπειρίες. Τα επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους με την εμπλοκή τόσο του εκπαιδευτικού όσο και των μαθητών στην προσαρμογή των θεωριών στην πράξη και στον αναστοχασμό των θεωριών, με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία. Στον διάλογο ο εκπαιδευτικός μεταδίδει θεωρίες και ιδέες και οι μαθητές απαντούν με εννοιολογήσεις των όσων άκουσαν. Σε περίπτωση παρερμηνείας, ο εκπαιδευτικός μπορεί να τροποποιήσει το μήνυμα και οι μαθητές μπορούν να απαντήσουν με νέες ερμηνείες. Σε πολλά θέματα υπάρχει, επίσης, μια πρακτική διάσταση. Ο εκπαιδευτικός δημιουργεί ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν τις θεωρίες στην πράξη, εκτελώντας εργασίες. Ανάλογα με τις απαντήσεις των μαθητών στον διάλογο, οι εργασίες μπορούν να προσαρμοστούν στο κατάλληλο επίπεδο γνώσεων. Ο εκπαιδευτικός θέτει στόχους για τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσουν οι μαθητές. Οι μαθητές προσαρμόζουν τις ενέργειές τους με βάση τη θεωρητική τους κατανόηση και τους δεδομένους στόχους. Με βάση την ανατροφοδότηση που αποκτούν από την εκτέλεση των εργασιών, οι μαθητές αναστοχάζονται σχετικά με την κατανόησή τους και προσαρμόζουν τις ενέργειές τους για να προσπαθήσουν ξανά. Με βάση τις επιδόσεις των μαθητών, ο εκπαιδευτικός τροποποιεί τον τρόπο με τον οποίο θα διδάξει την επόμενη φορά. Το πλαίσιο συνομιλίας (βλ. Σχήμα 3.1) περιγράφει τη μάθηση ως έναν επαναληπτικό διάλογο μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών (Laurillard, 2002- Laurillard, 2012). Υπάρχουν δύο επίπεδα: το επικοινωνιακό επίπεδο, όπου ανταλλάσσονται θεωρίες και έννοιες και το πρακτικό επίπεδο, όπου οι πράξεις οδηγούν σε εμπειρίες. Τα επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους με την εμπλοκή τόσο του εκπαιδευτικού όσο και των μαθητών στην προσαρμογή των θεωριών στην πράξη και στον αναστοχασμό των θεωριών, με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία. Στον διάλογο ο εκπαιδευτικός διαδίδει θεωρίες και ιδέες και οι μαθητές απαντούν με εννοιολογήσεις των όσων άκουσαν. Σε περίπτωση παρερμηνείας ο εκπαιδευτικός μπορεί να τροποποιήσει το

μήνυμα και οι μαθητές μπορούν να απαντήσουν με νέες ερμηνείες. Σε πολλά θέματα υπάρχει, επίσης, μια πρακτική διάσταση. Ο εκπαιδευτικός δημιουργεί ένα περιβάλλον, όπου οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν τις θεωρίες στην πράξη εκτελώντας εργασίες. Ανάλογα με τις απαντήσεις των μαθητών στον διάλογο, οι εργασίες μπορούν να προσαρμοστούν στο κατάλληλο επίπεδο γνώσεων. Ο εκπαιδευτικός θέτει στόχους για τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσουν οι μαθητές. Οι μαθητές προσαρμόζουν τις ενέργειές τους με βάση τη θεωρητική τους κατανόηση και τους δεδομένους στόχους. Με βάση την ανατροφοδότηση που αποκτούν από την εκτέλεση των εργασιών οι μαθητές αναστοχάζονται σχετικά με την κατανόησή τους και προσαρμόζουν τις ενέργειές τους για να προσπαθήσουν ξανά. Με βάση τις επιδόσεις των μαθητών, ο εκπαιδευτικός τροποποιεί τον τρόπο διδασκαλίας την επόμενη φορά.

Conversational Framework



Σχήμα 3.1 Το Πλαίσιο Συνομιλίας περιγράφει την αλληλεπίδραση εκπαιδευτικού και μαθητή, τόσο σε εννοιολογικό επίπεδο, όσο και μέσω ασκήσεων που παρέχει ο εκπαιδευτικός. Τόσο ο εκπαιδευτικός, όσο και ο μαθητής προσαρμόζουν τις ενέργειές τους με βάση την επικοινωνία και τις εμπειρίες τους μέσω των ενεργειών τους. Ο εκπαιδευτικός δημιουργεί το περιβάλλον για να εξασκήσει ο μαθητής τις γνώσεις του και ο μαθητής μετριάξει τις ενέργειές του με βάση την ανατροφοδότηση, η οποία επηρεάζει και την αντίληψή του για το θέμα.

Ως μοντέλο, το Πλαίσιο Συνομιλίας δίνει μια απλοποιημένη εικόνα της διδασκαλίας, αλλά έχει αρκετές λεπτομέρειες για να καλύψει τους πιο συνηθισμένους τρόπους μάθησης (Laurillard, 2012). Καλύπτει τη μάθηση μέσω της απόκτησης, της διερεύνησης, της εξάσκησης, της παραγωγής, της συζήτησης και της συνεργασίας. Στόχος του πλαισίου είναι να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό στον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος. Στα σχέδια μπορούν να

χρησιμοποιηθούν διαφορετικά είδη τεχνολογιών. Σε αυτή την ενότητα μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα η τεχνολογία που υποστηρίζει τη διάσταση της πρακτικής/μοντελοποίησης του πλαισίου (βλ. Σχήμα 3.1 κάτω μισό). Η εκπαιδευτική Τεχνολογία υποστηρίζει τον εκπαιδευτικό στη δημιουργία εργασιών για τους μαθητές που θα τους επιτρέψουν να εξασκηθούν στις έννοιες που διδάχθηκαν. Η διάσταση της εξάσκησης βασίζεται στον εκπαιδευτικό για την ανατροφοδότηση των επιδόσεων των μαθητών. Η τεχνολογία μπορεί, επίσης, να παρέχει μια πλατφόρμα για απαντήσεις, ανατροφοδότηση και βαθμολόγηση. Στη διάσταση της μοντελοποίησης ο εκπαιδευτικός παρέχει ένα τεχνολογικό περιβάλλον που δίνει ανατροφοδότηση. Στο πλαίσιο της διεπιστημονικής ΥΣ το έργο του αείμνηστου Seymour Papert σχετικά με τον εποικοδομισμό (Harel & Papert, 1991) και τους μικρόκοσμους (Papert, 1980; 1996) αποτελούν εξαιρετικά παραδείγματα της διάστασης της μοντελοποίησης.

Από υπολογιστική άποψης, τα διάφορα αντικείμενα STEM απαντούν σε διαφορετικά ερωτήματα. Τα Μαθηματικά αναφέρουν τι είδους προβλήματα μπορούν να επιλυθούν με υπολογισμούς. Οι υπολογιστές φτιάχτηκαν για τον υπολογισμό και επομένως, ακόμη και αν ο στόχος δεν είναι μαθηματικός, το πρόβλημα πρέπει να εκφράζεται με μαθηματική ακρίβεια. Η Μηχανική/Τεχνολογία αφορά τον έλεγχο των ηλεκτρικών συσκευών. Για πιο σύνθετο έλεγχο, η συσκευή πρέπει να έχει ενσωματωμένη ηλεκτρονική ή υπολογιστική τεχνολογία. Τα επιστημονικά φαινόμενα μπορούν, επίσης, να μοντελοποιηθούν ως υπολογιστικές διαδικασίες. Όλα τα φαινόμενα των οποίων η συμπεριφορά μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά, μπορούν να υπολογιστούν στον υπολογιστή. Τα φαινόμενα που δεν μπορούν να περιγραφούν με ακριβείς τύπους, μπορούν να περιγραφούν με τη χρήση Στατιστικής. Η Στατιστική μπορεί να χειριστεί τη διακύμανση, την αβεβαιότητα και μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Οι προοπτικές απαντούν σε διαφορετικά ερωτήματα, παρόλο που ο υπολογιστικός μηχανισμός είναι ο ίδιος.

Το πλαίσιο των προοπτικών ΥΣ αποτελείται από αναγνώριση μοτίβου, αφαίρεση, αποσύνθεση και αλγορίθμους. Η επιλεγμένη Τεχνολογία πρέπει να είναι σε θέση να αναπαραστήσει το μοτίβο που παισιώνει το πρόβλημα. Γενικά, το μοτίβο αντιπροσωπεύει μία από τις προοπτικές STEM. Η δυνατότητα χρήσης εννοιών και σχέσεων, που ονομάζονται με βάση το λεξιλόγιο του μοτίβου, διευκολύνει τους μαθητές να σκεφτούν μια αλλαγή που θα έλυne το πρόβλημα. Η αλλαγή από τις εισροές στις εκροές ως λύση του προβλήματος, είναι μια περιγραφή στο υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης (επίπεδο προβλήματος). Στο επίπεδο του αντικειμένου, οι μαθητές ορίζουν έναν αλγόριθμο που λειτουργεί με βάση τις έννοιες και τις σχέσεις του μοτίβου. Το επίπεδο προγράμματος μπορεί να είναι πιο κοντά στον αλγόριθμο (επίπεδο αντικειμένου) ή στον υπολογιστή (επίπεδο εκτέλεσης). Οι μαθητές επωφελούνται από μια γλώσσα προγραμματισμού ή άλλη υπολογιστική αναπαράσταση που επιτρέπει την αποσύνθεση του προβλήματος άμεσα, χωρίς να γίνονται μετασχηματισμοί, μεταξύ του επιπέδου αντικειμένου και του επιπέδου προγράμματος. Η εκπαιδευτική Τεχνολογία θα πρέπει να παρέχει ανατροφοδότηση στους μαθητές, ώστε να μπορούν να αξιολογούν τα αποτελέσματα και να κάνουν διορθώσεις, αν απαιτείται.

Το Πλαίσιο Συνομιλίας έχει ως στόχο να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό στην ανάπτυξη του μαθησιακού περιβάλλοντος. Για τη διάδοση των εμπειριών με νέα μαθησιακά περιβάλλοντα μπορεί κανείς, να χρησιμοποιήσει Παιδαγωγικά Μοτίβα (Laurillard, 2012). Ένα Παιδαγωγικό Πρότυπο είναι ένας τρόπος να αρθρώνονται, να δοκιμάζονται και να μοιράζονται οι αρχές και οι πρακτικές της διδασκαλίας με ψηφιακές τεχνολογίες (Laurillard & McAndrew, 2003). Το μοτίβο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την αλληλουχία των δραστηριοτήτων διδασκαλίας-μάθησης. Επιπλέον, ένα Παιδαγωγικό Μοτίβο περιέχει πληροφορίες για την

περιγραφή του πλαισίου του μοτίβου (βλ. Πίνακα 3.1), την προέλευση, την περίληψη, τα θέματα, τα μαθησιακά αποτελέσματα, τη λογική, τη διάρκεια, τα χαρακτηριστικά των μαθητών, το περιβάλλον και το μέγεθος της ομάδας. Το Παιδαγωγικό πρότυπο χρησιμοποιείται εδώ ως βοήθημα για την περιγραφή εκπαιδευτικών τεχνολογιών για τη διδασκαλία STEAM. Οι μαθητές μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιήσουν τα μοτίβα αργότερα ως εκπαιδευτικοί για να μοιραστούν τα δικά τους σχέδια μάθησης με εκπαιδευτικές τεχνολογίες.

Πίνακας 3.1: Περιγραφικοί δείκτες πλαισίου παιδαγωγικών μοτίβων (Laurillard, 2012).

Κατηγορία	Περιγραφή
Προέλευση	η πρωτότυπη πηγή και οι μεταγενέστεροι συνεργάτες
Περίληψη	σύντομη περιγραφή του τι διδάσκεται και πώς
Θέματα	λέξεις-κλειδιά που θα βοηθήσουν τους άλλους εκπαιδευτικούς να αποφασίσουν τη συνάφεια με αυτούς
Μαθησιακό αποτέλεσμα	τι θα γνωρίζει ή θα είναι σε θέση να κάνει ο μαθητής στο τέλος
Λογική	τη μαθησιακή προσέγγιση ή την αρχή του παιδαγωγικού σχεδιασμού
Διάρκεια	συνολικές ώρες μάθησης, όχι απαραίτητα συνεχόμενες
Χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου	εκπαιδευτικά προαπαιτούμενα, εμπειρία, ενδιαφέροντα
Πλαίσιο	πρόσωπο με πρόσωπο, μεικτό ή διαδικτυακό
Μέγεθος ομάδας	το εύρος από το ελάχιστο έως οποιοδήποτε μέγιστο

Παραδείγματα εκπαιδευτικών τεχνολογιών στο STE(A)M

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται παραδείγματα εκπαιδευτικών τεχνολογιών για τα θέματα STEM. Κάθε παράδειγμα παρουσιάζεται ως παιδαγωγικό πρότυπο που περιγράφει έναν παιδαγωγικό σχεδιασμό, όπου η Τεχνολογία αποτελεί μέρος ενός κύκλου διδασκαλίας και μάθησης. Ο συνδυασμός της Τεχνολογίας και η περιγραφή της χρήσης της αποτελούν ένα σύνολο. Μπορεί κανείς να επινοήσει έναν νέο τρόπο χρήσης της Τεχνολογίας, αλλά αυτό θα ήταν, επίσης, ένα νέο μοτίβο. Επιπλέον, παρέχεται μια γενική περιγραφή, η οποία αναφέρει τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου. Ακολουθούν, παραδείγματα μοτίβων για τα θέματα της ενότητας των μαθηματικών, της τεχνολογίας/μηχανικής και της επιστήμης.

C2STEM (επιστήμη)

Κατηγορία	Περιγραφή
Προσέλευση	Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., ... & McElhaney, K. (2020). C2STEM: A System for Synergistic Learning of Physics and Computational Thinking. Journal of

	Science Education and Technology, 29(1), 83-100, https://doi.org/10.1007/s10956-019-09804-9 .
Περίληψη	Το περιβάλλον μοντελοποίησης και προσομοίωσης C2STEM χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία της Φυσικής. Το θέμα είναι η κινηματική, συμπεριλαμβανομένων των εννοιών της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Τα μοντέλα που δημιουργούνται είναι υπολογιστικά, γεγονός που υποστηρίζει τόσο την εκμάθηση της Φυσικής, όσο και τις πρακτικές της ΥΣ. Το περιβάλλον μοντελοποίησης παρέχει υποστήριξη της μάθησης με διαμορφωμένες εργασίες και ενσωματωμένες διαμορφωτικές αξιολογήσεις.
Θέματα	STEM+ΥΣ, συνεργατική μάθηση, μάθηση μέσω μοντελοποίησης, ΥΣ, τεκμηριωμένος σχεδιασμός, ανοικτό μαθησιακό περιβάλλον
Μαθησιακά αποτελέσματα	Ο μαθητής θα γνωρίζει έννοιες και πρακτικές της φυσικής. Η εκμάθηση μέσω μοντελοποίησης με τη χρήση ενός υπολογιστικού περιβάλλοντος διδάσκει επίσης πρακτική της ΥΣ όπως η αποσύνθεση, η βελτίωση και η αποσφαλμάτωση.
Λογική	Μάθηση με μοντελοποίηση
Διάρκεια	-
Χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενου	μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης
Πλαίσιο	μεικτό
Μέγεθος ομάδας	1

Το C2STEM είναι ένα ανοικτό μαθησιακό περιβάλλον για τη μάθηση STEM. Προέρχεται από τις αρχές σχεδιασμού με επίκεντρο τα αποδεικτικά στοιχεία για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συνεργατικού C2STEM για την ολοκληρωμένη μάθηση STEM + ΥΣ σε μαθήματα Φυσικών Επιστημών στο Λύκειο (για παράδειγμα Φυσική σε αυτό το πλαίσιο). Ο στόχος του C2STEM είναι η εκμάθηση θεμάτων STEM μέσω υπολογιστικής μοντελοποίησης. Η υπολογιστική μοντελοποίηση αντιπροσωπεύει βασικές επιστημονικές πρακτικές, όπως η μοντελοποίηση, η επαλήθευση και η εξήγηση. Τα υπολογιστικά μοντέλα βοηθούν στην εκμάθηση πολύπλοκων συστημάτων με τη χρήση Μαθηματικών, Φυσικής και Πληροφορικής. Το C2STEM βασίζεται στο παράδειγμα της μάθησης μέσω μοντελοποίησης, το οποίο υποστηρίζει την εξερεύνηση, επιτρέποντας στους μαθητές να διεγείρουν και να παίζουν με τα μοντέλα τους, και να μελετούν τη συμπεριφορά τους υπό διάφορες συνθήκες. Στη Φυσική, ένα παράδειγμα είναι η χρήση ενός υπολογιστικού μοντέλου για τη μελέτη μιας ατομικής δομής με τη διερεύνηση των ιδιοτήτων της υπό διάφορες συνθήκες.

Το CTSTEM βασίζεται στο διαδίκτυο και αναπτύσσεται με διακομιστή βασισμένο στο νέφος, ο οποίος επιτρέπει τη συνεχή πρόσβαση μέσω διακομιστών ιστού και πόρων διαδικτύου. Το περιβάλλον C2STEM παρεμβαίνει με οπτικό προγραμματισμό (NetsBlox), με γλώσσες μοντελοποίησης ειδικών τομέων για την προώθηση της συνεργατικής μάθησης ειδικών επιστημονικών κλάδων (π.χ. Φυσική, Θαλάσσια Βιολογία), με έννοιες και πρακτικές της επιστήμης των υπολογιστών. Ειδικότερα, το NetsBlox είναι μια οπτική γλώσσα

προγραμματισμού και ένα περιβάλλον βασισμένο στο υπολογιστικό νέφος που επιτρέπει σε αρχάριους μαθητές να δημιουργούν και να τροποποιούν υπολογιστικά μοντέλα ειδικού τομέα. Η οπτική σημειογραφία του NetBlox είναι μια επέκταση του Snap και χρησιμοποιεί κώδικα JavaScript για τη δημιουργία έργων STEM, όπως υπολογιστικά μοντέλα για την "κινηματική". Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο οθόνης ενός μοντέλου που εξάγεται από το (<https://www.c2stem.org/>).

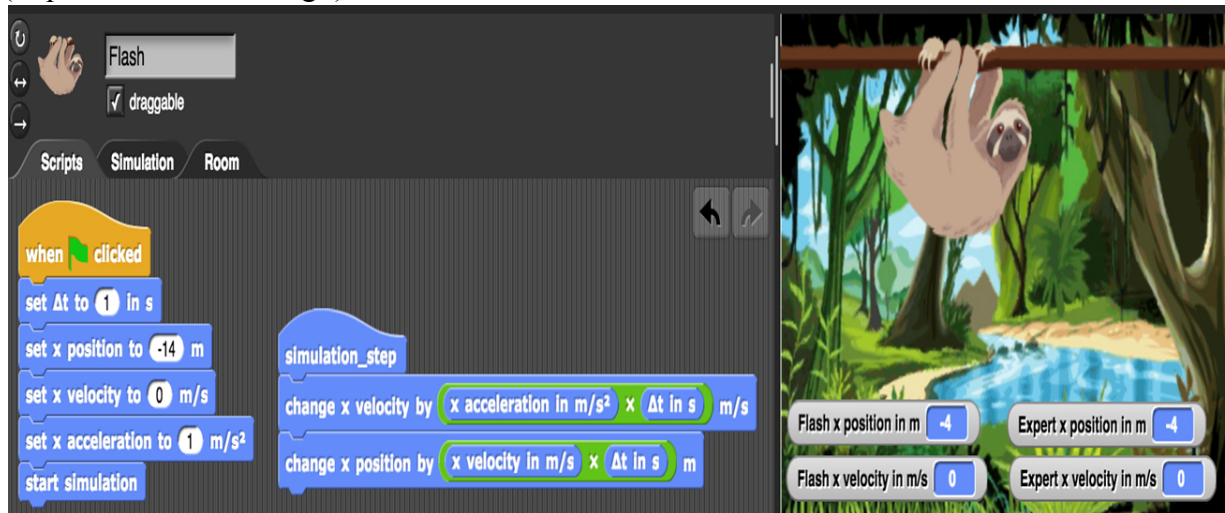
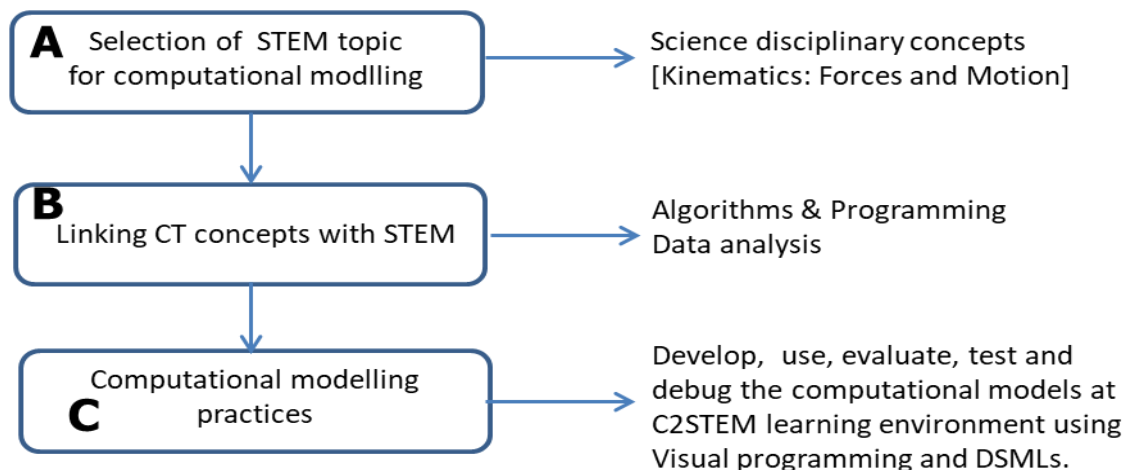


Figure 3.2: Στιγμιότυπο οθόνης του μοντέλου C2STEM

Οι Hutchins κ.ά. (2020) ανέπτυξαν ένα σύστημα C2STEM για μαθητές Γυμνασίου, με σκοπό την ενίσχυση της εκμάθησης της Φυσικής με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων. Υιοθέτησαν μια προσέγγιση βασισμένη στον σχεδιασμό για την ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός συνεργατικού, υπολογιστικού περιβάλλοντος μάθησης STEM (C2STEM). Το πλαίσιο της μελέτης ορίστηκε με βάση τις αρχές: i. Σχεδιασμός με επίκεντρο τα αποδεικτικά στοιχεία, ii. Παράδειγμα μάθησης μέσω μοντελοποίησης στο STEM και iii. Διερευνητική εκμάθηση δυναμικών διαδικασιών για τη μάθηση CT+ Φυσικής. Στο Σχήμα 3.3 παρουσιάζεται το πλαίσιο C2STEM που ανέπτυξαν οι Hutchins et al. για τη μελέτη τους.



Σχήμα 3.3: Απλοποιημένη διαδικασία σχεδιασμού που αναπτύχθηκε από τους Hutchins et al.

A. Επιλογή θέματος STEM (Φυσική σε αυτό το πλαίσιο) για υπολογιστική μοντελοποίηση:

Θέμα: Υπολογιστική μοντελοποίηση της **κινηματικής**

Υποθέματα και περιεχόμενα: Δυνάμεις και κίνηση Έννοιες της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης και των σχέσεών τους, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου και της απόστασης.

B. Σύνδεση εννοιών ΥΣ με ένα επιλεγμένο θέμα:

Εκμάθηση προγραμματισμού για την κατανόηση της βασικής κωδικοποίησης που περιλαμβάνει αλγορίθμους, αρχικοποίηση και αναβάθμιση μεταβλητών, τελεστές και εκφράσεις, δομές ελέγχου και πολλά άλλα. Δηλαδή, το NetsBlox και οι γλώσσες προγραμματισμού ειδικού τομέα.

Γ. Πρακτικές υπολογιστικής μοντελοποίησης (A+B)

Θέμα "Υπολογιστικά μοντέλα": σε μια φυλή, σε μια απομακρυσμένη ζούγκλα του Αμαζονίου Η παρούσα μελέτη υιοθέτησε την προσέγγιση **της μάθησης με βάση το πρόβλημα** για την εκτέλεση της προαναφερθείσας διαδικασίας βήμα προς βήμα για την καταγραφή των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών.

Οι δραστηριότητες είναι,

1. Ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου που προσομοιώνει τη μονοδιάστατη κίνηση σταθερής **ταχύτητας**, χρησιμοποιώντας την πρόσθεση διανυσμάτων ταχύτητας που εμφανίζονται μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες.
2. Αποσφαλμάτωση ενός συγκεκριμένου μοντέλου, ώστε να προσομοιώνει σωστά την 1-D κίνηση σταθερής **επιτάχυνσης**, υπολογίζοντας την ταχύτητα και τη θέση με βάση τον χρόνο και την επιτάχυνση.
3. Χρησιμοποιήστε ένα υπολογιστικό μοντέλο για την επίλυση ενός προβλήματος κίνησης 2-D που περιλαμβάνει **απόσταση, ταχύτητα, επιτάχυνση και χρόνο**.
4. Χρησιμοποιήστε ένα δεδομένο γράφημα ή δεδομένα ικανά να *εντοπίσουν πιθανά σφάλματα* σε ένα υπολογιστικό μοντέλο που προσομοιώνει 1-D κατακόρυφη κίνηση ως αποτέλεσμα της επιτάχυνσης λόγω βαρύτητας.

Όπως τονίζεται (με έντονα γράμματα και υπογράμμιση), οι τρεις πρώτες δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με βάση το θέμα "κινηματική" που διδάσκεται στο μάθημα της Φυσικής. Οι μαθητές καθοδηγήθηκαν να χρησιμοποιήσουν τον προγραμματισμό για το μαθησιακό περιβάλλον C2STEM για να αναπτύξουν, να χρησιμοποιήσουν και να αξιολογήσουν ένα μοντέλο για να κατανοήσουν τις ιδιότητες των δυνάμεων και της κίνησης υπό διάφορες συνθήκες.

Αρχικά, οι μαθητές παρακολούθησαν διάλεξη σχετικά με το θέμα των υπολογιστικών μοντέλων και των σχετικών εργασιών που τέθηκαν για την παρούσα μελέτη. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης του/των μοντέλου/ων δόθηκε στους μαθητές

καθοδηγούμενη έρευνα ζητήθηκε από τους μαθητές να αλλάξουν τις παραμέτρους των μοντέλων προσομοίωσης που ανέπτυξαν για να αξιολογήσουν τις φυσικές σχέσεις. Για παράδειγμα, ζητήθηκε από τους μαθητές να τεκμηριώσουν τα αποτελέσματα της εκτέλεσης των μοντέλων τους με διαφορετικές θετικές και αρνητικές αρχικές τιμές για την επιτάχυνση και την αρχική ταχύτητα που έγιναν για την εργασία 1. Με βάση μια διδακτική διάλεξη και την καθοδηγούμενη διερεύνηση, οι μαθητές εργάστηκαν σε εργασίες κατασκευής μοντέλων, όπου συνδύαζαν τις γνώσεις Φυσικής που έμαθαν με έννοιες της ΥΣ για να κατασκευάσουν υπολογιστικά μοντέλα. Επιπλέον, οι μαθητές εφάρμοσαν, επίσης, διαφορετικές συνθήκες για να ελέγξουν την επιτάχυνση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του οχήματος που χρησιμοποίησαν στο μοντέλο τους. Για παράδειγμα, *αν η ταχύτητα του φορτηγού > 50 τότε "επιβραδύνει"*. Οι δραστηριότητες 3 και 4 τέθηκαν ως πρόκληση για τους μαθητές να επεκτείνουν τις δεξιότητές τους στην εξερεύνηση μέσω της εκμάθησης περισσότερων τεχνικών κωδικοποίησης σε ευθυγράμμιση με τις καθορισμένες έννοιες της Φυσικής, που τέθηκαν για την παρούσα μελέτη.

SmileyCluster (επιστήμη)

Κατηγορία	Περιγραφή
Προσέλευση	Wan, X., Zhou, X., Ye, Z., Mortensen, C. K., & Bai, Z. (2020, June). SmileyCluster: supporting accessible machine learning in K-12 scientific discovery. In Proceedings of the Interaction Design and Children Conference (pp. 23-35), https://doi.org/10.1145/3392063.3394440 .
Περίληψη	Δεδομένου ότι, η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη, οι νέοι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν τη φύση της Τεχνολογίας για να εκτιμήσουν τη σημασία της για την προσωπική και επαγγελματική ζωή. Η μηχανική μάθηση (MM) είναι, σήμερα, ένα από τα σημαντικότερα υποπεδία της TN, αλλά λόγω της προηγμένης μαθηματικής και υπολογιστικής φύσης της δεν είναι προσιτή στους νέους μαθητές. Το SmileyCluster είναι ένα περιβάλλον όπου απεικονίζεται η ικανότητα της MM για αναγνώριση μοτίβων και ταξινόμηση, έτσι ώστε ο μαθητής να μπορεί να χρησιμοποιήσει τις δικές του παρόμοιες ικανότητες για να κατανοήσει τη λειτουργικότητα της Τεχνολογίας.
Θέματα	οπτικοποίηση δεδομένων, πρακτική μάθηση, αλφαριθμητισμός TN, επιστημονική ανακάλυψη, εκπαίδευση STEM
Μαθησιακά αποτελέσματα	γενική κατανόηση της Αναγνώρισης Μοτίβων (AM) και του τρόπου με τον οποίο οι έννοιες και οι μέθοδοι MM σχετίζονται με την AM.
Λογική	κονστρουκτιβισμός, διερευνητική μάθηση, συνεργατική μάθηση
Διάρκεια	-

Χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενου	Γυμνάσιο
Πλαίσιο	Πρόσωπο με πρόσωπο
Μέγεθος ομάδας	ζευγάρια μαθητών

Το *SmileyCluster* είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης για την εκμάθηση εννοιών και μεθόδων μηχανικής μάθησης (MM). Χρησιμοποιεί την τεχνική ομαδοποίησης k-means για την εκμάθηση βασικών εννοιών MM. Η ομαδοποίηση k-means είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους αλγορίθμους MM, χωρίς επίβλεψη, που βασίζονται σε ομοιότητες και χρησιμοποιούνται ευρέως για ομαδοποίηση ή σύγκριση ομοιότητας για την ανάλυση δεδομένων. Αυτή η μέθοδος ομαδοποίησης επιτρέπει τη διερεύνηση δεδομένων, η οποία με τη σειρά της προωθεί τη δημιουργία υποθέσεων για επιστημονικά φαινόμενα. Περιέχει face-overlay, μια μεταφορά οπτικοποίησης δεδομένων, η οποία παρουσιάζει τα μεταφρασμένα σημεία δεδομένων ως οπτικά στοιχεία για να κατανοήσουν οι εκπαιδευόμενοι τα χαρακτηριστικά ομοιότητας και σύγκρισης των σημείων δεδομένων.

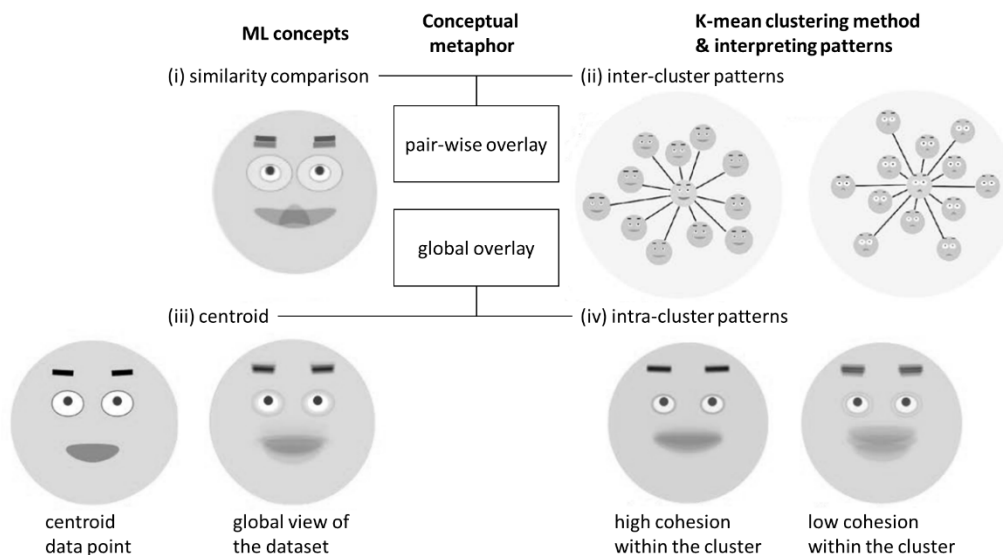
Οι Wan et al. χρησιμοποίησαν το *SmileyCluster* για να εισάγουν ολοκληρωμένες έννοιες της επιστήμης των δεδομένων ΥΣ, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών MM και k-means clustering για μαθητές Γυμνασίου. Διεξήχθη στο πλαίσιο θερινού προγράμματος προ-κολλεγιακού επιπέδου. Δώδεκα μαθητές παρακολούθησαν την εκδήλωση. Η μελέτη αυτή διευκολύνθηκε από έναν διδάσκοντα του μαθήματος και με τέσσερις ερευνητές της επιστήμης των δεδομένων. Η διάρκεια του προγράμματος διήρκεσε περίπου 2,5 ώρες. Οι δραστηριότητες ήταν οι εξής:

- 25 λεπτά για διδασκαλία στην τάξη σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη και τις γενικές διαφορές μεταξύ αλγορίθμων μάθησης, με επίβλεψη και χωρίς επίβλεψη
- 15 λεπτά για το ερωτηματολόγιο, πριν από τη μελέτη (pre-test), σχετικά με το υπόβαθρο των φοιτητών στη μηχανική μάθηση και την ανάλυση συστάδων
- 40 λεπτά για την αλληλεπίδραση με το σύστημα (*SmileyCluster*): ομαδοποίηση προσώπων, με τη χρήση ομαδοποίησης k-means
- 15 λεπτά για το ερωτηματολόγιο, μετά τη μελέτη (post-test).
- 30 λεπτά για συνέντευξη σε ομάδα εστίασης (8 μαθητές)

Ανατρέξτε στο βίντεο στο YouTube για περισσότερες λεπτομέρειες
(<https://www.youtube.com/watch?v=ZiSR-5zpabw>)

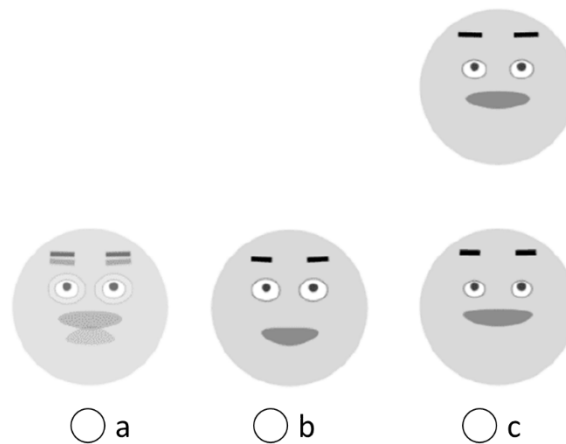
Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε εργαστήριο υπολογιστών, εντός της πανεπιστημιούπολης. Η διαδικτυακή διεπαφή εγκαταστάθηκε σε επιτραπέζιους υπολογιστές, σε ένα εργαστήριο για να φιλοξενήσει και τους 12 φοιτητές. Όπως σημειώνεται, στην αρχή της μελέτης δόθηκε 25λεπτη διάλεξη στους σπουδαστές για την εκμάθηση αλγορίθμων TN και MM (εποπτευόμενες και μη εποπτευόμενες μέθοδοι, αλλά ομαδοποίηση). Στη συνέχεια, διεξήχθη προ-δοκιμασία που επικεντρώθηκε στα θέματα της 25λεπτης διάλεξης και στις προηγούμενες γνώσεις στην επιστήμη των δεδομένων. Μετά από ένα 15λεπτο ερωτηματολόγιο προ-μελέτης, οι φοιτητές ομαδοποιήθηκαν σε ζεύγη των επιλογών τους. Οι ομάδες άρχισαν να χρησιμοποιούν υπολογιστές με δυνατότητα *SmileyCluster*. Το σύνολο δεδομένων για τη μελέτη συλλέχθηκε από το αποθετήριο μηχανικής μάθησης του UCI- σχετικό με τον τομέα STEM και επικυρωμένο από επιστήμονες. Το σύστημα είχε ήδη φορτώσει εικόνες (emoji:smiley-icons) ως σύνολο δεδομένων για τη διερεύνηση.

Ο στόχος της 40λεπτης εργαστηριακής συνεδρίας ήταν: 1. Η παρουσίαση του συνόλου δεδομένων και του μηχανισμού χαρτογράφησης προσώπων και 2. Η μετάδοση της έννοιας του πολυδιάστατου χώρου χαρακτηριστικών. Ο διδάσκων του μαθήματος και οι υποστηρικτικοί ερευνητές εξήγησαν στους σπουδαστές τη μέθοδο "Face-overlay", για να εξερευνήσουν, και να ομαδοποιήσουν τα εικονίδια προσώπου με βάση τα προκαθορισμένα 16 χαρακτηριστικά του προσώπου, συμπεριλαμβανομένης της θέσης των ματιών, της υφής της μύτης, της γωνίας των φρυδιών και του σχήματος των χειλιών. Η μέθοδος Face-overlay είναι η διεπαφή ομαδοποίησης των προσώπων που έχει σχεδιαστεί για να εξερευνήσουν οι μαθητές τη διαδικασία ομαδοποίησης. Οι μαθητές ενημερώθηκαν για να ομαδοποιήσουν τα εικονίδια προσώπου με βάση τα παρατιθέμενα χαρακτηριστικά προσώπου, χειροκίνητα με σύρσιμο, και απόθεση (χειροκίνητη ομαδοποίηση) και για να συγκρίνουν τα αποτελέσματα που παράγει το σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το Face-overlay υποστηρίζει τόσο συγκρίσεις ανά ζεύγη όσο και συνολικές συγκρίσεις επικάλυψης για να εντοπιστούν οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των σημείων δεδομένων (εικονίδια προσώπων σε αυτό το πλαίσιο) για την ομαδοποίησή τους. Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η επισκόπηση των εννοιών face-overlay και global-overlay που προέρχονται από τη μελέτη των Wan et al. (2020).



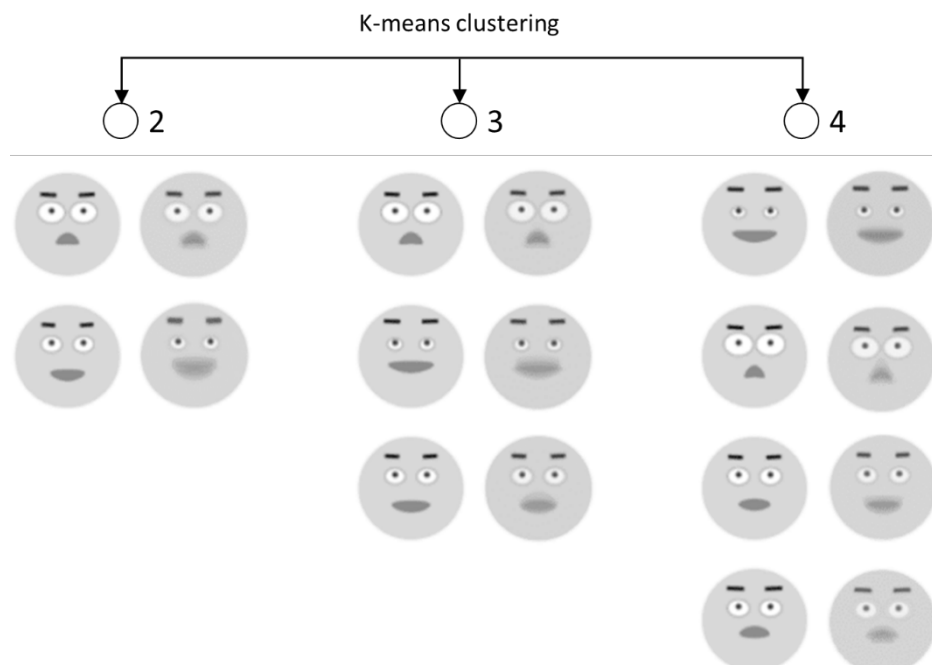
Σχήμα 3.4. Η επισκόπηση της μεταφοράς προσώπου-επικάλυψης και των τεχνικών MM.

Εκτός από τα παραπάνω, οι μαθητές παρακολούθησαν τις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής για να μάθουν για τη σύγκριση ομοιοτήτων. Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται το δείγμα των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής που σχεδιάστηκαν για τη μελέτη.



Σχήμα 3.5. Ο σχεδιασμός των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής που παρουσιάζονται στο SmileyCluster με τη βοήθεια υπολογιστή

Για παράδειγμα, οι μαθητές έλαβαν οδηγίες να επιλέξουν τον καλύτερο αριθμό για το k για να μάθουν πώς λειτουργεί η ομαδοποίηση k -means, με βάση k εισόδους (Σχήμα 3.6). Δηλαδή, συγκρίνοντας το κεντρικό πρόσωπο και συνδυάζοντας τα πρόσωπα κάθε συστάδας. Στο Σχήμα 3.6 παρουσιάζεται το στιγμιότυπο οθόνης της εικόνας αποτελεσμάτων της ομαδοποίησης k -means, με βάση τα αποτελέσματα.



Σχήμα 3.6. Το στιγμιότυπο οθόνης της ομαδοποίησης k -means που ορίζεται στο διαδικτυακό περιβάλλον SmileyCluster

Μετά από 40 λεπτά εργαστηριακής συνεδρίας, διεξήχθη post-test για άλλα 15 λεπτά για να μετρηθεί η κατανόηση των μαθητών σχετικά με τις έννοιες και τις μεθόδους ομαδοποίησης k -means, τα μοτίβα δημιουργίας νοήματος και την επιστημονική έρευνα που διδάχτηκαν για να

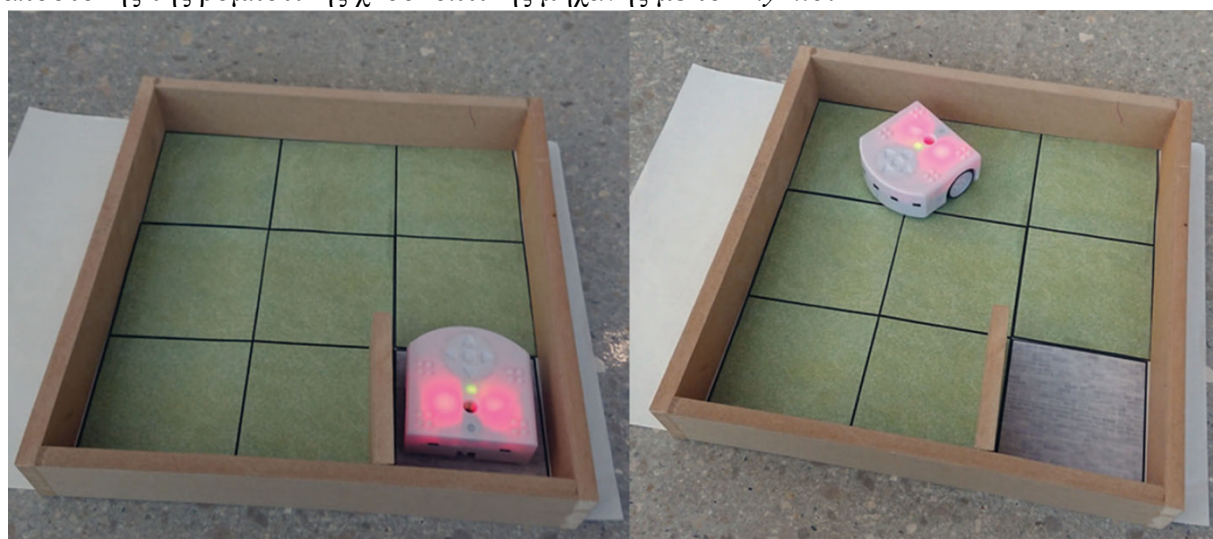
συγκρίνουν τις απαντήσεις, πριν και μετά τη μάθηση. Τέλος, διεξήχθη μια ημιδομημένη συνέντευξη ομάδας εστίασης για να ληφθεί η άποψη των συμμετεχόντων σχετικά με την εμπειρία μάθησης συστάδων, στο διαδικτυακό περιβάλλον *SmileyCluster*. Τα σενάρια των συνεντεύξεων αναλύθηκαν με τη χρήση θεματικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα των post-test και των συνεντεύξεων υποδεικνύουν ότι, το περιβάλλον *SmileyCluster*, που βασίζεται σε μεταφορική σχεδίαση προσώπου-επικάλυψης, διευκόλυνε την κατανόηση των εννοιών MM, των τεχνικών ομαδοποίησης, της αναγνώρισης μοτίβων που δημιουργούν νόημα και των τεχνικών χαρακτηριστικών παρομοίων συγκρίσεων.

Εκπαιδευτική ρομποτική και δημιουργική υπολογιστική επίλυση προβλημάτων (θέμα: Τεχνολογία/Μηχανική)

Κατηγορία	Περιγραφή
Προέλευση	Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: a model for creative computational problem solving. <i>International Journal of STEM Education</i> , 7(1), 1-18, https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z .
Περίληψη	Η εκπαιδευτική Ρομποτική (ΕΡ) χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην τάξη για τη διδασκαλία της ΥΣ. Η δημιουργική υπολογιστική επίλυση προβλημάτων είναι ένα μοντέλο που υποστηρίζει τους εκπαιδευτικούς στον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων ΕΡ. Το μοντέλο βοηθά τον εκπαιδευτικό να σχεδιάσει τη διδακτική παρέμβαση που εισάγει σχετικές έννοιες της ΥΣ για τις διάφορες φάσεις των δραστηριοτήτων ΕΡ. Προσφέρει στον μαθητή μια πιο ισορροπημένη άποψη της επίλυσης προβλημάτων από το να εστιάζει μόνο στον προγραμματισμό.
Θέματα	υπολογιστική σκέψη, εκπαιδευτική Ρομποτική, διδακτική παρέμβαση, επίλυση προβλημάτων, δοκιμή και σφάλμα.
Μαθησιακά αποτελέσματα	Οι μαθητές θα γνωρίζουν πώς να ελέγχουν ένα ρομπότ και να επιλύουν σχετικά προβλήματα. Θα μάθουν πώς να χρησιμοποιούν τη μέθοδο δοκιμής και σφάλματος, την ανάλυση προβλημάτων, τη δημιουργία ιδεών και τη διατύπωση λύσεων στο πλαίσιο της ΥΣ.
Λογική	διερευνητική μάθηση
Διάρκεια	-
Χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενου	Μαθητές Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (μεταξύ 9 και 10 ετών)
Πλαίσιο	Πρόσωπο με πρόσωπο
Μέγεθος ομάδας	2-3 μαθητές

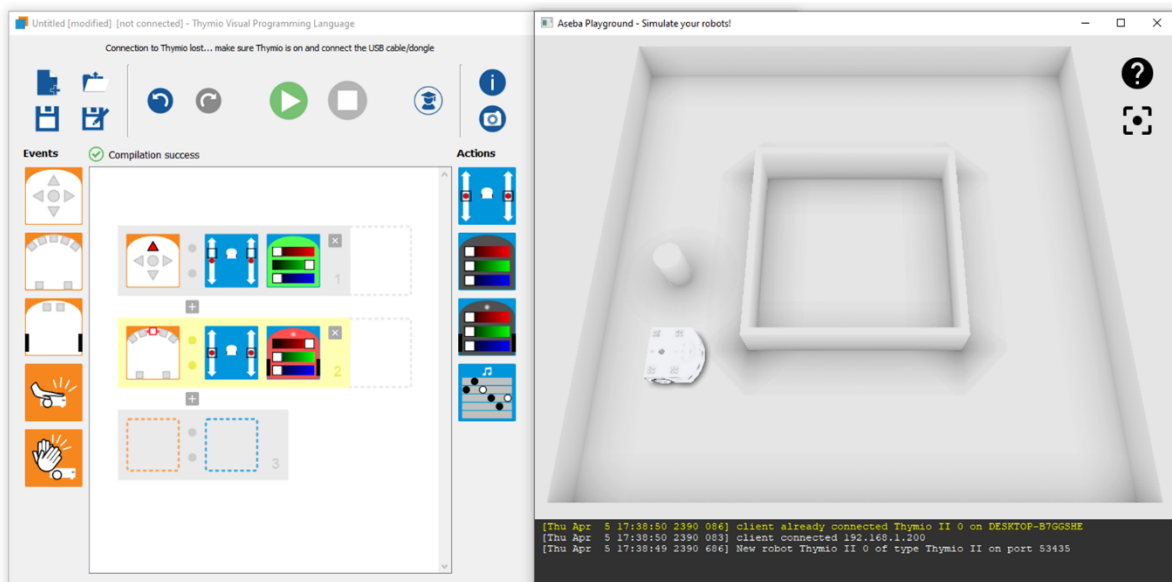
Η εκπαιδευτική ρομποτική (ΕΡ) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση για να ενισχύσει την ανάπτυξη δεξιοτήτων και ικανοτήτων των νεαρών μαθητών, συμπεριλαμβανομένων των παιδιών και των εφήβων. Οι δραστηριότητες της ΕΡ περιέχουν συνήθως τρία κύρια συστατικά. Αυτά είναι: 1. Η ΕΡ, 2. Η διεπαφή που επιτρέπει στον χρήστη να επικοινωνεί με τα ρομπότ και 3. Οι εργασίες που πρέπει να επιλυθούν με τη χρήση της ΕΡ και της διεπαφής. Πράγματι, η ρομποτοποίηση δεν είναι μια νέα έννοια στην εκπαίδευση. Η ΕΡ εφαρμόζεται ευρέως σε περιβάλλοντα μάθησης, ως μέρος του εποικοδομητισμού [13]. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της ρομποτικής σε ένα μαθησιακό περιβάλλον μπορεί να δημιουργήσει ενδιαφέρον για θέματα STEAM. Η διδασκαλία και η μάθηση με βάση την ΕΡ συμβάλλει στη βελτίωση της κριτικής σκέψης και της επίλυσης προβλημάτων των μαθητών [14]. Η ΕΡ χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στις τάξεις για την προώθηση της ανάπτυξης των δεξιοτήτων ΥΣ των μαθητών. Έχουν υπάρξει μελέτες που συζητούν τον τρόπο εφαρμογής δραστηριοτήτων ΕΡ για την ανάπτυξη ΥΣ στις τάξεις [15,16]. Για παράδειγμα, οι Chevalier et al. παρουσίασαν ένα μοντέλο που καθοδηγεί τους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν τις σχετικές έννοιες της ΥΣ για τις διάφορες φάσεις των δραστηριοτήτων ΕΡ, προκειμένου να σχεδιάσουν τις κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις. Ανέπτυξαν ένα εννοιολογικό πλαίσιο του συστήματος εκπαιδευτικής Ρομποτικής (ΣΕΡ) συνδυάζοντας τη δημιουργική και την υπολογιστική επίλυση προβλημάτων. Ονομάζεται μοντέλο δημιουργικής υπολογιστικής επίλυσης προβλημάτων (CCPS). Περιλαμβάνει πέντε φάσεις. Οι τρεις πρώτες φάσεις του CCPS επικεντρώνονται σε τρεις έννοιες: κατανόηση του προβλήματος, παραγωγή ιδεών και σχεδιασμός δράσης (διαμόρφωση της συμπεριφοράς του ρομπότ). Η τέταρτη φάση περιγράφει τη δημιουργία εκτελέσιμου κώδικα (προγραμματισμός) για το ρομπότ και η πέμπτη φάση επικεντρώνεται στην εκτέλεση του κώδικα για την αξιολόγηση της λύσης (συμπεριφορά του ρομπότ).

Το προτεινόμενο μοντέλο CCPS αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας ένα ρομπότ χλοοκοπτικής μηχανής "Thymio" (<https://www.thymio.org/>) με 29 μαθητές δημοτικού. Οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν σε ομάδες των 2-3 μαθητών. Η εργασία ήταν: εκτέλεση της αποστολής της χλοοκοπτικής με το ρομπότ *Thymio*. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ο Παιχνιδότοπος της αποστολής της ρομποτικής χλοοκοπτικής μηχανής με το *Thymio*.



Σχήμα 3.7. (Chevalier et al. 2020; CC BY 4.0)² Παιχνιδότοπος της αποστολής του ρομποτικού χλοοκοπτικού με το Thymio.

Ο Παιχνιδότοπος του ρομποτικού χλοοκοπτικού ήταν 45 cm X 45 cm. Η περίφραξη του Παιχνιδότοπου κατασκευάστηκε με ξύλο. Η περιοχή του γκαζόν αναπαρίστατο από οκτώ τετράγωνα ίσου μεγέθους, με αποτυπωμένο σχέδιο νόμου. Το ένατο τετράγωνο αποτυπώθηκε με ένα μοτίβο από τούβλα και τοποθετήθηκε στην κάτω δεξιά γωνία της περιοχής, αντιπροσωπεύοντας ένα σημείο εκκίνησης του γκαράζ του ρομποτικού χλοοκοπτικού Thymio. Το ρομπότ μπορεί να προγραμματιστεί να οδηγηθεί αυτόνομα, γύρω από την καθορισμένη περιοχή γκαζόν (Εικόνα 3.7) καλύπτοντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος. Για τον καθορισμό της συμπεριφοράς (προγραμματισμός) του ρομπότ χρησιμοποιήθηκε μια γλώσσα προγραμματισμού VPL, βασισμένη σε γεγονότα. Στην πλατφόρμα VPL, τα μέρη του ρομπότ αναπαρίστανται με γραφικά εικονίδια για να μπορούν οι μαθητές να τα κατανοήσουν και να υλοποιήσουν λύσεις με απλές ενέργειες drag-and-drag. Στο Σχήμα 3.8 παρουσιάζεται το στιγμιότυπο οθόνης της διεπαφής προγραμματισμού VPL και του ρομπότ Thymio.



Σχήμα 3.8. Εικονική αναπαράσταση των εντολών προγραμματισμού στην πλατφόρμα VPL (αριστερά). Προσομοιωτής Thymio (δεξιά).

Οι μαθητές καθοδηγήθηκαν με βάση τις έννοιες του μοντέλου CCPS να προχωρήσουν, ο ένας μετά τον άλλο. Αρχικά, όλοι οι μαθητές εισήχθησαν στην πρακτική εξάσκηση με το ρομπότ Thymio και τη διεπαφή προγραμματισμού VPL, μέσω αρκετών σχολικών μαθημάτων (1 ώρα την εβδομάδα για 12 εβδομάδες). Οι μαθητές χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδες των δύο ή τριών, και ταξινομήθηκαν περαιτέρω σε ομάδες δοκιμής και ελέγχου. Η μελέτη διεξήχθη σε δύο διαδοχικές συνεδρίες των 45 λεπτών για κάθε πειραματική συνθήκη. Δηλαδή, η ομάδα δοκιμής ξεκίνησε πρώτα τις δραστηριότητες, ενώ η ομάδα ελέγχου πήγε στην έκθεση του μουσείου, και αντίστροφα. Σε κάθε ομάδα μαθητών ανατέθηκε τυχαία μία από τις δύο πειραματικές συνθήκες

² Η εικόνα έχει περικοπεί ελαφρώς. Πρωτότυπο: Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A. et al. Fostering computational thinking through educational robotics: a model for creative computational problem solving. IJ STEM Ed 7, 39 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>. είναι ανοικτής πρόσβασης με άδεια CC BY 4.0.

(δοκιμή ή έλεγχος). Οι στόχοι και οι κανόνες των δραστηριοτήτων εξηγήθηκαν εν συντομία στις δύο ομάδες. Η ομάδα δοκιμής ξεκίνησε τη δραστηριότητα με 10 λεπτά αποκλεισμού της διεπαφής προγραμματισμού. Τους δόθηκε πρόσβαση στον Παιχνιδότοπο και στο Thymio, αλλά δεν τους επιτράπηκε να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα προγραμματισμού VPL. Μετά από αυτή τη φάση, ο αποκλεισμός απελευθερώθηκε και οι ομάδες δοκιμής είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τα πάντα (συμπεριλαμβανομένης της πλατφόρμας προγραμματισμού VPL) μόνο για τα επόμενα 10 λεπτά, αλλά δεν τους επιτρεπόταν να εφαρμόσουν κάποιο κώδικα στο ρομπότ. Μετά από 20 λεπτά μπλοκαρίσματος και απεμπλοκής της χρήσης της πλατφόρμας προγραμματισμού VPL και της εφαρμογής κώδικα, τους επιτράπηκε να χρησιμοποιήσουν τα πάντα για τα τελευταία 10 λεπτά.

Από την άλλη πλευρά, στην ομάδα ελέγχου δόθηκαν 40 λεπτά για να εφαρμόσουν τις λύσεις τους στο ρομπότ χλοοκοπτικής μηχανής και τους επιτράπηκε να πειραματιστούν όσες φορές ήθελαν με το Thymio, τον Παιχνιδότοπο και τη διεπαφή προγραμματισμού VPL. Και οι δύο συνεδρίες επιβλέπονταν από δύο πειραματιστές. Αυτοί παρείχαν, επίσης, την τεχνική υποστήριξη και απαντούσαν στις ερωτήσεις των μαθητών σχετικά με τις εργασίες. Ωστόσο, δεν τους επιτρεπόταν να παρέχουν υποστήριξη σχετικά με τις λύσεις για την εργασία. Και οι δύο ομαδικές δραστηριότητες καταγράφηκαν σε βίντεο για περαιτέρω ανάλυση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι, οι μαθητές αφιέρωσαν τον περισσότερο χρόνο τους στον προγραμματισμό και την αξιολόγηση. Διεπίστωσαν, επίσης, ότι η παροχή στους μαθητές απεριόριστης πρόσβασης στη διεπαφή προγραμματισμού και στα ρομπότ, προάγει τις γνωστικές διεργασίες που σχετίζονται με την κατανόηση του προβλήματος, τη δημιουργία ιδεών και τη διατύπωση λύσεων.

Lattice Land - μικρόκοσμοι για την εξερεύνηση της γεωμετρίας (θέμα: μαθηματικά)

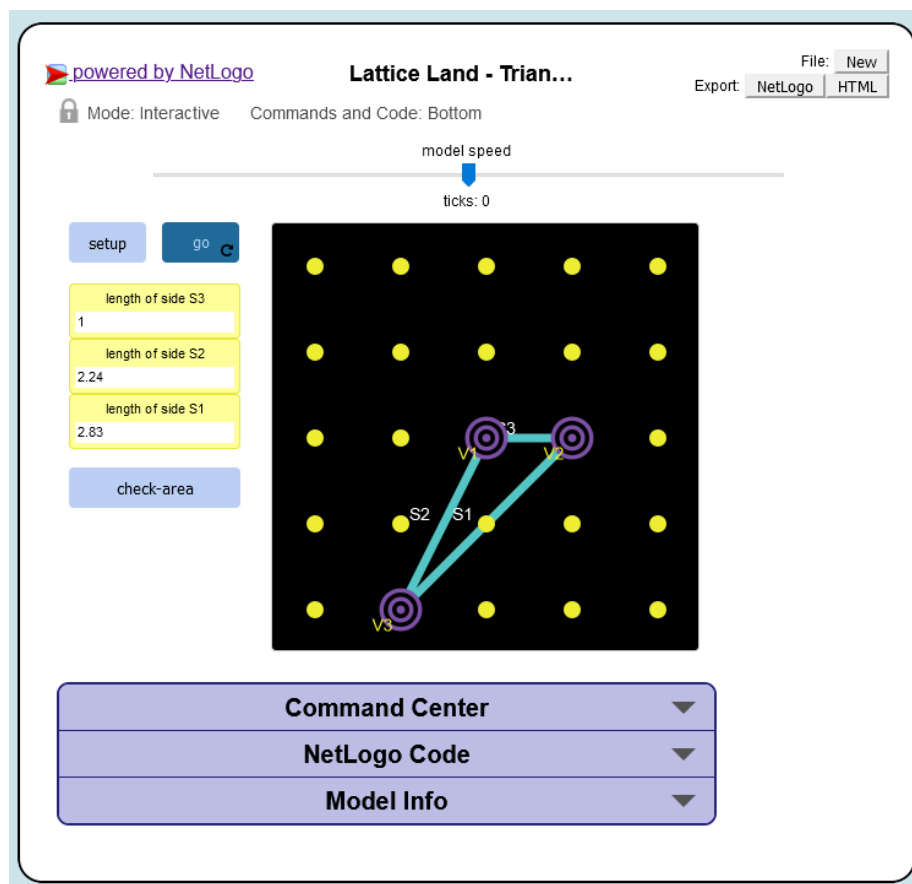
Κατηγορία	Description
Προέλευση	Pei, C., Weintrop, D., & Wilensky, U. (2018). Cultivating computational thinking practices and mathematical habits of mind in lattice land. <i>Mathematical Thinking and Learning</i> , 20(1), 75-89, https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403543 .
Περίληψη	Το θέμα που θα διδαχθεί είναι η Γεωμετρία με τη χρήση ενός μαθηματικού μικρόκοσμου που ονομάζεται Lattice Land. Στόχος είναι η εξάσκηση τόσο των μαθηματικών συνθηκών του μυαλού όσο και της ΥΣ. Ο μαθητής μαθαίνει να μαστορεύει, να πειραματίζεται, να αναγνωρίζει μοτίβα και να παρουσιάζει υποθέσεις σε μια τυπική μαθηματική σημειογραφία.
Θέματα	Γεωμετρία πλέγματος, υπολογιστικό περιβάλλον μάθησης, μαθηματική σκέψη, υπολογιστική σκέψη
Μαθησιακό αποτέλεσμα	Οι μαθητές μαθαίνουν να αναγνωρίζουν και να συλλογίζονται περίπλοκα γεωμετρικά μοτίβα. Επιπλέον, μαθαίνουν υπολογιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται ως μέρος της μάθησης.
Λογική	κονστρουκτιβισμός- μάθηση μέσω της πράξης
Διάρκεια	-
Χαρακτηριστικά εκπαιδευόμενου	μαθητές Λυκείου
Πλαίσιο	διαδικτυακό

Μέγεθος ομάδας	προσωπικό
----------------	-----------

Το Lattice Land είναι μια συλλογή μαθηματικών μικρόκοσμων που βασίζονται στο περιβάλλον NetLogo (Wilensky, 1999). Προορίζεται ως μια εισαγωγή στη γεωμετρία πλέγματος με χαμηλό δάπεδο και υψηλή οροφή, προσφέροντας δομή και επιτρέποντας την ελεύθερη εξερεύνηση. Το περιβάλλον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανοιχτό πειραματισμό, αλλά είναι επίσης κατάλληλο για μάθηση βασισμένη στη διερεύνηση, εάν μια εργασία ή ερώτηση καθοδηγεί την εξερεύνηση.

Οι μικρόκοσμοι αποτελούνται από πλέγμα που σχηματίζεται από ένα πλέγμα κουκίδων. Κάθε κουκκίδα έχει μια συντεταγμένη (x, y) όπου x και y είναι ακέραιοι αριθμοί. Μπορεί κανείς να σχεδιάσει πολύγωνα στο πλέγμα, συνδέοντας τις τελείες με τμήματα. Οι συνδεδεμένες κουκκίδες αποτελούν τις κορυφές του πολυγώνου. Ο μαθητής μπορεί να αλληλεπιδράσει με τον μικρόκοσμο, σχεδιάζοντας τμήματα μεταξύ των σημείων για να σχηματίσει πολύγωνα και να τροποποιήσει τα πολύγωνα, μετακινώντας τις κορυφές τους ή προσθέτοντας επιπλέον τμήματα. Δεδομένου ότι, η προσθήκη τμημάτων και η μετακίνηση κορυφών μπορεί να συμβεί μόνο μεταξύ των κουκκίδων, το πλέγμα παρέχει δομή για την εξερεύνηση. Διαφορετικοί μικρόκοσμοι μπορούν να εισάγουν πρόσθετα χαρακτηριστικά ή περιορισμούς. Για παράδειγμα, ένας μικρόκοσμος μπορεί να παρέχει πληροφορίες όπως το μήκος των τμημάτων και το εμβαδόν των πολυγώνων. Ένας περιορισμός θα ήταν να επιτρέπεται μόνο ο χειρισμός των κορυφών ενός παρεχόμενου πολυγώνου.

Οι μικρόκοσμοι της Lattice Land μπορούν να εξερευνηθούν στο NetLogo web ή στο περιβάλλον, και οι μικρόκοσμοι μπορούν να μεταφορτωθούν (<https://netlogoweb.org>). Στο άρθρο περιγράφονται τρεις μικρόκοσμοι και οι παρακείμενες ερωτήσεις που διερευνούν τη γεωμετρική έννοια του εμβαδού. Ένα παράδειγμα ήταν ο μικρόκοσμος Lattice Triangles Explore (βλέπε εικόνα 3.2) με ένα πλέγμα τεσσάρων επί τέσσερα και ένα τρίγωνο. Το ερώτημα ήταν πόσα διαφορετικά μεγέθη εμβαδών που σχηματίζονται από ένα τρίγωνο μπορούν να βρεθούν σε αυτό το πλέγμα. Ο μαθητής θα πρέπει να εξερευνήσει τις δυνατότητες μετακινώντας τις κορυφές του τριγώνου για να σχηματίσει διαφορετικά τρίγωνα. Η σωστή απάντηση είναι δεκαέξι, αλλά οι μαθητές μπορούν να ανακαλύψουν και άλλα δεδομένα. Οι μαθητές θα πρέπει να ενθαρρύνονται να προσέχουν τέτοιου είδους ανακαλύψεις. Ένα τέτοιο εύρημα θα μπορούσε να είναι ότι αν μια μεμονωμένη κορυφή μετακινηθεί μπρος-πίσω κατά μήκος της ίδιας γραμμής ή στήλης, το εμβαδόν δεν αλλάζει. Ένα άλλο είναι ότι αν μία από τις πλευρές του τριγώνου είναι παράλληλη με τον άξονα x ή y του πλέγματος, τότε είναι αδύνατο να επιτευχθεί τρίγωνο με εμβαδόν 2,5. Αναφέρθηκε ότι, οι μαθητές αναρωτιούνται πώς ένα τρίγωνο με πλευρές που έχουν μεγάλες δεκαδικές ουρές θα μπορούσε ακόμα να οδηγήσει σε ένα ωραίο, στρογγυλεμένο εμβαδόν.



Σχήμα 3.2. Τρίγωνα πλέγματος: Εξερευνήστε το microworld διερευνώντας πόσες περιοχές διαφορετικού μεγέθους σχηματίζονται από ένα τρίγωνο και μπορούν να βρεθούν σε αυτό το πλέγμα.

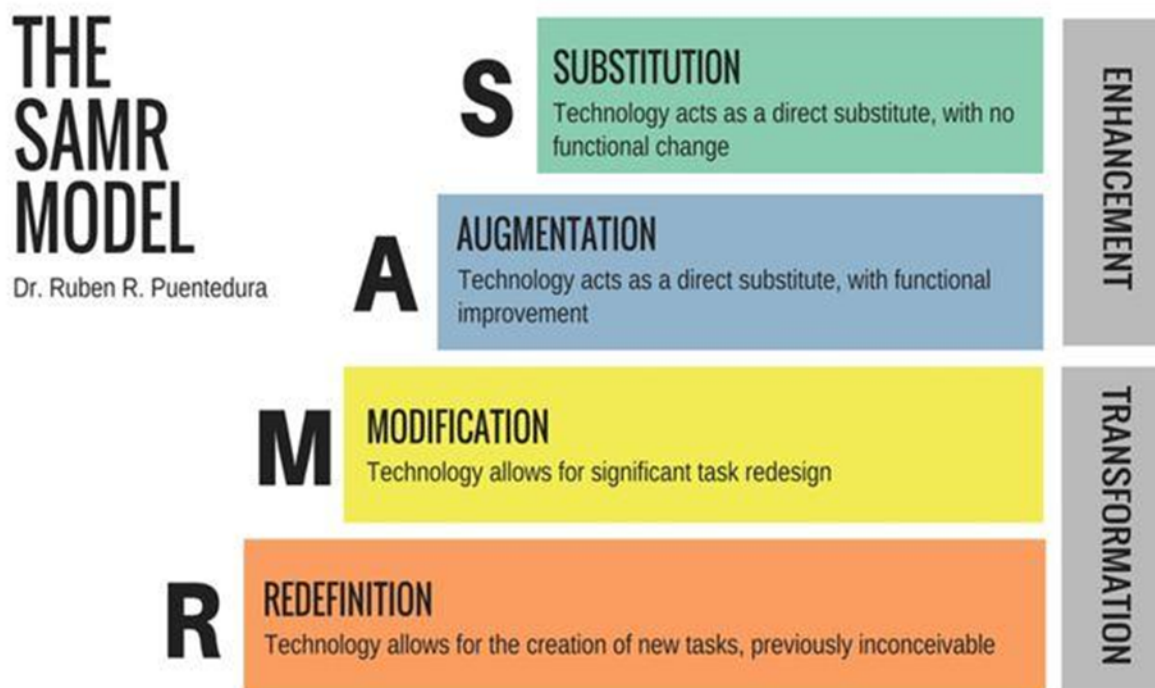
Το Lattice Triangles Explore microworld επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν και να αναπτύξουν την κατανόηση της έννοιας του τριγώνου. Ιδιαίτερα, η σχέση μεταξύ του σχήματος, του μήκους των πλευρών και του εμβαδού μελετάται με αυτόν τον τρόπο. Πρόκειται για την πρακτική της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης που σχετίζεται με την υπολογιστική σκέψη (Weintrop et al., 2016). Το Lattice land χρησιμοποιεί τη διαδραστικότητα για να επιτρέψει την ελευθερία της εξερεύνησης με ουσιαστικά αποτελέσματα. Αυτό δεν θα ήταν δυνατό ή προσβάσιμο σε άλλο μέσο.

Ταξινόμηση για την επιλογή του επιπέδου χρήσης της τεχνολογίας

Με βάση την Θεματική Ενότητα 1/Ενότητα 5: Μάθηση μέσω προβλήματος (PBL)

Οι δυνατότητες της εκπαιδευτικής Τεχνολογίας μπορούν να αξιοποιηθούν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Όταν ξεκινά κανείς με μια νέα Τεχνολογία μπορεί πρώτα να τη χρησιμοποιήσει ως υποκατάστατο μιας υπάρχουσας. Αργότερα, όταν αποκτηθεί εμπειρία, μπορεί κανείς να αξιοποιήσει τις τεχνολογικές δυνατότητες σε πληρέστερο βαθμό. Το μοντέλο Substitution, Augmentation, Modification and Redefinition (SAMR) (Puentedura, 2006) παρέχει μια ταξινόμηση τεσσάρων επιπέδων για την επιλογή, τη χρήση και την αξιολόγηση της

Τεχνολογίας. Το μοντέλο προτρέπει τη σκέψη για τον ρόλο των τεχνολογιών στην υποστήριξη της μάθησης.



Σχήμα 5.3. Το μοντέλο SAMR μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να σκεφτούν για τον ρόλο της Τεχνολογίας στην υποστήριξη της μάθησης (αναπτύχθηκε από τον ερευνητή εκπαίδευσης Ruben Puentedura 2010, Creative Commons)

Υποκατάσταση

"Υποκατάσταση" σημαίνει αντικατάσταση των παραδοσιακών δραστηριοτήτων και υλικών, όπως οι διαλέξεις στην τάξη ή τα έντυπα φύλλα εργασίας, με ψηφιακές εκδόσεις. Δεν υπάρχει ουσιαστική αλλαγή στο περιεχόμενο, απλώς ο τρόπος με τον οποίο αυτό παραδίδεται. Ο στόχος είναι να διατηρηθούν τα πράγματα απλά: δεν χρειάζεται να ανακαλύψετε ξανά τον τροχό. Σαρώστε τα μαθήματα και τα φύλλα εργασίας σας, μετατρέψτε τα σε PDF και δημοσιεύστε τα στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας το Microsoft OneDrive, το Google Drive ή μια παρόμοια υπηρεσία κοινής χρήσης αρχείων. Σκεφτείτε τις πληροφορίες που έχετε στους τοίχους σας, όπως τα πρότυπα της τάξης, το ημερήσιο πρόγραμμα ή τις λίστες λεξιλογίου, και μετατρέψτε τις σε ψηφιακές μορφές, στις οποίες οι μαθητές μπορούν εύκολα να ανατρέξουν. Μπορεί, επίσης, να σας βοηθήσει να παρέχετε τόσο σύγχρονες όσο και ασύγχρονες εκδόσεις των διαλέξεών σας. Εάν πραγματοποιείτε συναντήσεις της τάξης μέσω μιας υπηρεσίας τηλεδιάσκεψης, όπως το Zoom ή το Skype, παρέχετε μια μαγνητοφώνηση για τους μαθητές που δεν μπορούν να παρευρεθούν. Μπορείτε, επίσης, να δημιουργήσετε τα δικά σας εκπαιδευτικά βίντεο για να τα βλέπουν οι μαθητές με τον δικό τους ρυθμό.

Επαύξηση

Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει την ενσωμάτωση διαδραστικών ψηφιακών βελτιώσεων και στοιχείων, όπως σχόλια, υπερσυνδέσμους ή πολυμέσα. Το περιεχόμενο παραμένει αμετάβλητο,

αλλά οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν από τα ψηφιακά χαρακτηριστικά για να βελτιώσουν το μάθημα.

Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν ψηφιακά χαρτοφυλάκια για να δημιουργήσουν παρουσιάσεις πολυμέσων, δίνοντάς τους περισσότερες επιλογές ώστε να επιδείξουν την κατανόησή τους σε ένα θέμα. Ακόμη, αντί να μοιράζονται χάρτινα κουίζ, μπορεί να μετατρέπονται τα κουίζ σε παιχνίδια με εργαλεία, όπως το Socrative και το Kahoot. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν, επίσης, να δημιουργήσουν εικονικούς πίνακες ανακοινώσεων, χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή όπως το Padlet, όπου οι μαθητές μπορούν να αναρτούν ερωτήσεις, συνδέσμους και εικόνες.

Τροποποίηση

Σε αυτό το επίπεδο, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σκεφτούν να χρησιμοποιήσουν ένα σύστημα διαχείρισης μάθησης, όπως το Google Classroom, το Moodle, το Schoology ή το Canvas για να χειριστούν τις υλικοτεχνικές πτυχές της λειτουργίας μιας τάξης, όπως η παρακολούθηση των βαθμών, η αποστολή μηνυμάτων στους μαθητές, η δημιουργία ημερολογίου και η ανάρτηση εργασιών. Η διδασκαλία μέσω διαδικτύου ανοίγει νέους διαύλους επικοινωνίας, πολλοί από τους οποίους μπορούν να βοηθήσουν μαθητές που παραδοσιακά έχουν περιθωριοποιηθεί. Η έρευνα δείχνει ότι, τα κορίτσια μπορεί να είναι λιγότερο πιθανό να μιλήσουν στην τάξη, για παράδειγμα, οπότε μπορεί να επωφεληθούν από τα backchannels - εναλλακτικές συζητήσεις που μπορούν να διεξαχθούν παράλληλα με τη διδασκαλία - που ενθαρρύνουν τη συμμετοχή.

Η λειτουργία συνομιλίας κειμένου του Zoom, εν τω μεταξύ, δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να γράψουν τις ερωτήσεις τους, κάτι που μπορεί να φαίνεται λιγότερο παρεμβατικό αν υπάρχουν δεκάδες μαθητές που συμμετέχουν στην κλήση. Επίσης, οι μαθητές που προτιμούν να συγκεντρώσουν τις σκέψεις τους, μπορεί να επωφεληθούν από πιο αργούς ρυθμούς, ασύγχρονες συζητήσεις σε ένα διαδικτυακό φόρουμ ή σε νήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Επαναπροσδιορισμός

Η μάθηση μετασχηματίζεται ριζικά στο επίπεδο του "επαναπροσδιορισμού", επιτρέποντας δραστηριότητες που ήταν προηγουμένως αδύνατες στην τάξη. Για παράδειγμα, οι εικονικοί φίλοι αλληλογραφίας μπορούν να συνδέσουν τους μαθητές με άλλα μέρη του κόσμου, είτε πρόκειται για άλλους μαθητές, είτε για ειδικούς σε έναν τομέα. Οι εικονικές εκδρομές επιτρέπουν στους μαθητές να επισκεφθούν τοποθεσίες, όπως το τροπικό δάσος του Αμαζονίου, το Λούβρο ή τις αιγυπτιακές πυραμίδες. Αφού διαβάσετε ένα βιβλίο στην τάξη, μπορείτε να προσκαλέσετε τον συγγραφέα να συνομιλήσει για το έργο του και να απαντήσει σε ερωτήσεις.

Η Τεχνολογία παρέχει, επίσης, την ευκαιρία να συμμετέχουν αυθεντικά ακροατήρια στην εικονική τάξη, και μπορεί να κάνει τους μαθητές εκδότες. Τα παιδιά μπορούν να γράψουν τα δικά τους wikis ή blogs για δημόσια κατανάλωση και ανατροφοδότηση - και πλατφόρμες, όπως το Quadblogging, μπορούν να συνδέσουν απομακρυσμένες τάξεις μεταξύ τους, ώστε οι μαθητές να γράφουν και να απαντούν. Οι μαθητές μπορούν να αντιμετωπίσουν τοπικά προβλήματα -όπως η διερεύνηση της ποιότητας του νερού ενός κοντινού ποταμού- και να καλέσουν μέλη της κοινότητας να αξιολογήσουν τις ψηφιακές τους προτάσεις.

Διάλεξη - Εκπαιδευτική Τεχνολογία για τις προοπτικές της ΥΣ



Χρησιμοποιώντας το παραπάνω κείμενο

- Εφαρμογή των προοπτικών της ΥΣ
- Εκπαιδευτικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν την Επιστήμη
- Εκπαιδευτικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν την Τεχνολογία/Μηχανική
- Εκπαιδευτικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν τα Μαθηματικά
- Το μοντέλο SAMR

Δραστηριότητα 3.1 Κατ' οίκον εργασία - Σχεδιασμός υποστήριξης εκπαιδευτικής Τεχνολογίας για το δικό σας θέμα



1. Επιλέξτε ένα θέμα στο αντικείμενό σας και σχεδιάστε μια άσκηση, χρησιμοποιώντας το πλαίσιο "CT perspectives for STEAM" (βλ. Ενότητα 2 για λεπτομέρειες).
2. Επιλέξτε μια κατάλληλη εκπαιδευτική τεχνολογία που να υποστηρίζει τους μαθητές στην εκτέλεση της άσκησης (χρησιμοποιήστε τις εκπαιδευτικές τεχνολογίες που περιγράφονται στη διάλεξη ως πρότυπο κατά την αναζήτηση της βιβλιογραφίας/του διαδικτύου).
3. Σε ποιο επίπεδο του μοντέλου SAMR θα τοποθετούσατε τη χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στην άσκηση (το ελάχιστο θα πρέπει να επανυζηθεί). Να αναθεωρήσετε τον σχεδιασμό της άσκησης, εάν η εκπαιδευτική τεχνολογία δεν φαίνεται να επιφέρει κάποιο όφελος στη μάθηση.
4. Συμπληρώστε τον πίνακα για να περιγράψετε το παιδαγωγικό πρότυπο της άσκησης που δημιουργήσατε.

Θέμα	
Προέλευση	
Περίληψη	
Θέματα	
Μαθησιακό αποτέλεσμα	
Λογική	

Δραστηριότητα 3.2 Κατ' οίκον εργασία - Αξιολογήσεις από ομοτίμους



- Επανεξέταση των απαντήσεων τριών συναδέλφων στη δραστηριότητα 3.1
- Αξιολόγηση: Αποδεκτή/Αποτυχημένη

- Κάθε σημείο βαθμολογείται στην κλίμακα 0-5 (ο μέσος όρος πρέπει να είναι 2 ή καλύτερος για αποδοχή)
 - ο η παρουσίαση του θέματος
 - ο επιχειρηματολογία και σαφήνεια
 - ο αξιοποίηση του περιεχομένου της ενότητας

STEAM Θεματική Ενότητα 4 - Δημιουργία διδακτικού περιεχομένου για ΥΣ που ενσωματώνει το STEAM

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζεται το εννοιολογικό μοντέλο για τον σχεδιασμό της διδασκαλίας STEAM (Quigley & Herro, 2017). Η έμφαση δίνεται στη δημιουργία διδακτικού περιεχομένου. Η επιλογή των εργαλείων πρέπει να βασίζεται στο περιεχόμενο, αλλά τα εργαλεία καθιστούν δυνατή την εισαγωγή περιεχομένου που σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν πολύ προχωρημένο για τους μαθητές. Αυτή είναι, επίσης, η αρχή της εργασίας έργου που γίνεται σε ομάδες των 3-4 μαθητών, η οποία συγκεντρώνει όλα όσα διδάχθηκαν σε αυτή την ενότητα. Αυτό είναι το πρώτο μέρος του έργου, όπου δημιουργείται διδακτικό περιεχόμενο και αναζητούνται δυνατότητες εφαρμογής της ΥΣ. Το STEAM χρησιμοποιεί μια παιδαγωγική βασισμένη σε προβλήματα. Τα προβλήματα είναι ανοικτού τύπου ώστε να παρέχεται στους μαθητές η ελευθερία να επινοήσουν τις δικές τους λύσεις, αξιοποιώντας τους διάφορους τομείς του STE(A)M. Το A στο ακρωνύμιο αναφέρεται στις ελεύθερες τέχνες, γεγονός που επιτρέπει σε ένα ευρύτερο κοινό μαθητών να εμπλακεί στην επίλυση προβλημάτων και τους βοηθά να δουν πώς το πρόβλημα σχετίζεται με τον πραγματικό κόσμο.

Τόσο το διδακτικό περιεχόμενο όσο και το μαθησιακό περιβάλλον είναι σημαντικά για την επιτυχή διδασκαλία του STEAM. Είναι αλληλοεξαρτώμενες έννοιες, το περιεχόμενο θα πρέπει να αξιοποιεί τις δυνατότητες του μαθησιακού περιβάλλοντος και κατά τον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες του περιεχομένου. Σε αυτό το σημείο εστιάζουμε στο περιεχόμενο, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν προηγούμενα μέρη της ενότητας και γνώσεις για τα μαθησιακά περιβάλλοντα. Σκοπός είναι να διατηρηθεί η εστίαση στις γνώσεις που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές. Στο STEAM τα προβλήματα προέρχονται από τον πραγματικό κόσμο, όπου συχνά δεν έχουν μία μόνο σωστή απάντηση. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να δημιουργεί ρεαλιστικά σενάρια για την παρουσίαση των προβλημάτων στους μαθητές. Η δυνατότητα για διαφορετικά είδη απαντήσεων και το μέγεθος του έργου θα πρέπει να εμπνέουν τη δημιουργικότητα και να δικαιολογούν την ανάγκη για συνεργασία.

Η διδασκαλία αφορά τον τρόπο με τον οποίο ο εκπαιδευτικός οργανώνει, προετοιμάζει και παραδίδει το περιεχόμενο. Το περιεχόμενο STEAM πρέπει να σχεδιάζεται έχοντας υπόψη τρεις απαιτήσεις: παράδοση με βάση το πρόβλημα, ενσωμάτωση της πειθαρχίας και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Η παράδοση με βάση το πρόβλημα είναι βασική στην παιδαγωγική STEAM. Το περιεχόμενο παρουσιάζεται σε σχέση με τις διάφορες πτυχές του προβλήματος. Οι πτυχές θα πρέπει να προέρχονται από διάφορους κλάδους ή τομείς περιεχομένου. Ο εκπαιδευτικός δεν μπορεί να είναι ειδικός σε κάθε επιστημονικό πεδίο, αλλά μπορεί να υποδείξει πηγές και άλλους ειδικούς που μπορούν να παρέχουν περισσότερες πληροφορίες. Το ίδιο το πρόβλημα δεν θα πρέπει να είναι μια ερώτηση με μια μόνο σωστή απάντηση, αλλά μια κατάσταση του πραγματικού κόσμου, όπου υπάρχουν πολλαπλοί τρόποι επίλυσης του προβλήματος. Η κατάσταση παρέχει το πλαίσιο του προβλήματος και θα πρέπει να φαίνεται

σχετική για τους μαθητές. Η αυθεντικότητα είναι σημαντική, αν το πρόβλημα και το πλαίσιο του μοιάζει ψεύτικο ο μαθητής θα έχει λιγότερα κίνητρα για μάθηση.

Η ενσωμάτωση των γνωστικών αντικειμένων αφορά τη διδασκαλία των μαθητών να συνδυάζουν περιεχόμενο και μεθόδους από διάφορα πεδία για την επίλυση του εκάστοτε προβλήματος. Παρόλο που η ιδέα του STEAM είναι η χρήση κάθε γνωστικού αντικειμένου που περιέχεται στο ακρωνύμιο, δεν απαιτούν όλα τα προβλήματα ή οι προσεγγίσεις επίλυσης προβλημάτων όλα αυτά. Η επιλογή των τομέων περιεχομένου και των μεθόδων θα πρέπει να εναπόκειται στους μαθητές. Ο βαθμός ενσωμάτωσης των γνωστικών αντικειμένων στις απαντήσεις των μαθητών μπορεί να ποικίλλει. Εξαρτάται από τον τρόπο παρουσίασης του προβλήματος και την προηγούμενη εμπειρία των μαθητών στον συνδυασμό των θεμάτων. Η ενσωμάτωση των επιστημονικών κλάδων μπορεί να είναι διεπιστημονική, δια-επιστημονική ή διαθεματική. Η διεπιστημονική είναι η λιγότερο ολοκληρωμένη, όπου οι διάφορες διαστάσεις του προβλήματος απαντώνται ξεχωριστά. Η διεπιστημονική επίλυση προβλήματος συνδυάζει τις μεθόδους από διαφορετικούς κλάδους. Στη διαθεματική το περιεχόμενο ενός επιστημονικού κλάδου γίνεται πιο σχετικό εξετάζοντάς το από το πλαίσιο πολλών επιστημονικών κλάδων.

Οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των μαθητών. Υπάρχουν τρεις τύποι δεξιοτήτων: γνωστικές, αλληλεπιδραστικές και δημιουργικές. Με την επίλυση προβλημάτων αναπτύσσονται αυτές οι δεξιότητες. Οι δεξιότητες είναι γενικές, αλλά ορισμένοι τύποι προβλημάτων και τρόποι επίλυσης προβλημάτων μπορούν να βελτιώσουν μια συγκεκριμένη δεξιότητα. Η αφαίρεση, η ανάλυση, η εφαρμογή, η ταξινόμηση, η διατύπωση, η ερμηνεία, η αντίληψη, η μοντελοποίηση, η σύνθεση και η αμφισβήτηση είναι παραδείγματα γνωστικών δεξιοτήτων. Αυτές μπορούν να ενισχυθούν με διδακτικές προσεγγίσεις που υποστηρίζουν την παρατήρηση, την εμπειρία, τον αναστοχασμό και τον συλλογισμό. Οι διαδραστικές δεξιότητες αφορούν την επικοινωνία και τη συνεργασία. Από την οπτική γωνία του ενός μαθητή, οι δεξιότητες περιλαμβάνουν την ικανότητα καταιγισμού ιδεών, επικοινωνίας στοιχείων, δημιουργίας εξηγήσεων, συμμετοχής σε επιχειρηματολογία, διάδοσης στοιχείων, παρουσίασης, απάντησης και εξήγησης. Η συνεργασία είναι η από κοινού μάθηση, καταμερίζοντας τις εργασίες που σχετίζονται με το πρόβλημα. Το βέλτιστο είναι η συνεργασία να έχει ως αποτέλεσμα τη σύνδεση των ατομικών γνώσεων, τη συγκέντρωση στοιχείων και την από κοινού εμπειρία.

Οι προσπάθειες δημιουργικής μάθησης είναι απαραίτητες για την καλλιέργεια καινοτομιών, ιδεών, λύσεων και παραγωγών. Οι δεξιότητες που απαιτούνται περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, τη δημιουργία προτύπων, το παιχνίδι, την εκτέλεση, τη μοντελοποίηση και τη σύνδεση ιδεών. Η διδασκαλία STEAM εξυπηρετεί τη δημιουργικότητα, επιτρέποντας πολλαπλούς τρόπους επίλυσης των προβλημάτων και επίδειξης κατανόησης. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να προσφέρει στους μαθητές έννοιες και εργαλεία για να εμπλακούν στα σενάρια επίλυσης προβλημάτων και να αποκτήσουν εμπειρίες. Τόσο τα θέματα Τέχνης, όσο και τα θέματα Τεχνολογίας στο ακρωνύμιο STEAM επιτρέπουν τη δημιουργικότητα. Συνδυάζοντας αυτά με τα άλλα θέματα, μπορούν να βρεθούν νέες μορφές έκφρασης που υποστηρίζουν τόσο την ανάπτυξη δεξιοτήτων, όσο και την κατανόηση του περιεχομένου. Ο σχεδιασμός είναι ο συνδυασμός της Τέχνης και της Τεχνολογίας στη δημιουργία προϊόντων ως λύσεις σε προβλήματα. Μερικές φορές η χρησιμότητα μιας τεχνολογίας είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να λύσει ο σχεδιασμός.

Η ΥΣ αγγίζει πολλές από τις πτυχές που περιγράφονται στην παιδαγωγική STEAM. Ενσωματώνει τις απόψεις των διαφόρων θεμάτων και παρέχει εργαλεία για τη διερεύνησή τους. Παρόλο που ο έλεγχος ενός υπολογιστή δεν είναι καλλιτεχνικός (μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καλλιτεχνικό μέσο. Η Πληροφορική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση διαφορετικών φαινομένων ή τεχνολογιών, εάν δεν είναι διαθέσιμες. Μπορούν, επίσης, να οπτικοποιηθούν διαφορετικά σύνολα δεδομένων και αποτελέσματα. Η παρουσίαση των υπολογιστών δεν είναι μόνο κείμενο και εικόνες, αλλά και κινούμενα σχέδια, ήχοι και βίντεο. Η επιλογή και ο συνδυασμός των πολλών δυνατοτήτων των υπολογιστών απαιτεί δημιουργικότητα. Όπως, τα διάφορα αντικείμενα του STEAM, οι πιθανότητες της ΥΣ και των σχετικών εργαλείων δεν πρέπει να επιβάλλονται στους μαθητές αλλά να είναι διαθέσιμα όταν χρειάζεται. Οι μαθητές χρειάζονται προηγούμενη εμπειρία με την ΥΣ και τα εργαλεία Πληροφορικής για να μπορέσουν να τα αξιοποιήσουν σε έργα STEAM.

Παράδειγμα άσκησης STEAM 1

"Εκτιμάται ότι μόνο 1 στις 1.000 εκκολαπτόμενες θαλάσσιες χελώνες θα επιβιώσει μέχρι την ενηλικίωση. (<http://www.seeturtles.org/baby-turtles/>). Το τοπικό μας Νοσοκομείο Θαλάσσιων Χελωνών είναι ένα μέρος που βοηθά στη διάσωση, την αποκατάσταση και την απελευθέρωση των θαλάσσιων χελωνών, πίσω στον ωκεανό. Γιατί πιστεύετε ότι λίγες θαλάσσιες χελώνες φτάνουν στην ενηλικίωση; Ποια είναι τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν; Μπορεί οι άνθρωποι να βλάπτουν άθελά τους τις θαλάσσιες χελώνες; Τι μπορούμε να κάνουμε για να βοηθήσουμε; Εσείς και η ομάδα σας θα συνεργαστείτε για να αποφασίσετε πώς θέλετε να εκπαιδεύσετε το σχολείο μας. Θα ερευνήσετε τι βλάπτει τις θαλάσσιες χελώνες, καθώς και τι μπορεί να τις σκοτώνει. Ίσως θελήσετε να επικοινωνήσετε με το Νοσοκομείο Θαλάσσιων Χελωνών και να δείτε αν μπορούν να απαντήσουν σε κάποιες από τις ερωτήσεις σας, καθώς και να σας πουν τι βλάπτει τις θαλάσσιες χελώνες. Σκεφτείτε να δημιουργήσετε ένα γράφημα με τα ευρήματά σας για να δείτε αν υπάρχουν τάσεις. Σχεδιάστε μια παρουσίαση σε δύο μέρη: το πρώτο μέρος θα πρέπει να παρουσιάζει τα ευρήματά σας και το δεύτερο μέρος θα πρέπει να είναι ένα σχέδιο δράσης για το πώς μπορούμε να βοηθήσουμε τις θαλάσσιες χελώνες. Θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε μια εφαρμογή όπως το ChatterPix Kids ή το Toontastic για να καταγράψετε συνεντεύξεις ή ως μέρος της παρουσιάσής σας. Εσείς θα αποφασίσετε πώς θα παρουσιάσετε τα ευρήματά σας στην τάξη. Στη συνέχεια θα αποφασίσουμε ως τάξη ποιο σχέδιο θα εφαρμόσουμε". (Quigley et al. 2020, Ηλεκτρονικό συμπληρωματικό υλικό 2)

Παράδειγμα άσκησης STEAM 2

"Η επόμενη γενιά διεπαφών ανθρώπινων συσκευών (π.χ. παρακολούθηση ματιών, αναγνώριση προσώπου, iWatch) ενσωματώνει την τεχνολογία στα ρούχα ή στα ηλεκτρονικά υφάσματα. Ένα τέτοιο βήμα θα μπορούσε να φέρει τους ανθρώπους και τις μηχανές πιο κοντά. Τέτοιες συσκευές θα μπορούσαν, επίσης, να αλλάξουν τον σχεδιασμό των ενδυμάτων, όπως οι κάμερες εντός κτιρίων. Οι επίλεκτοι αθλητές ενδιαφέρονται για αυτές λόγω της ικανότητάς τους να ανιχνεύουν την κόπωση των μυών, η οποία έχει επιπτώσεις στην προπόνηση. Ο κλάδος της υγειονομικής περιθάλψης ελπίζει ότι αυτό θα βοηθήσει ασθενείς με ασθένειες όπως η επιληψία, ο διαβήτης, το άσθμα και άλλα. Ωστόσο, η αγορά των ηλεκτρονικών υφασμάτων θα ήθελε να εισέλθει σε μια από τις μεγαλύτερες ανεκμετάλλευτες αγορές... τους εφήβους! Ήρθαν σε επαφή με το PSM για να ακούσουν τις δικές σας προτάσεις (ιδέες) για τη χρήση των

ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Με την ομάδα σας, θα ερευνήσετε έναν τομέα όπου τα ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη ζωή σας. Η ιδέα σας πρέπει να περιλαμβάνει ένα πρωτότυπο, τη χρήση και τη συζήτηση ορισμένων από τις προκλήσεις των ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και το σχέδιό σας για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων". (Quiqley et al. 2020, Ηλεκτρονικό συμπληρωματικό υλικό 2)

Παράδειγμα άσκησης STEAM 3

"Καθώς όλο και περισσότεροι άνθρωποι μετακομίζουν στο XXXX και οι επιχειρήσεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται, η κυκλοφορία αυξάνεται και προκαλεί καθυστερήσεις, ιδίως κατά μήκος της οδού XXXX. Για παράδειγμα, αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο που οδηγεί 10 μίλια από το σπίτι του στο XXXX στο XXXX High School μπορεί να περάσει 45 λεπτά στην κίνηση για κάτι που θα έπρεπε να διαρκεί λιγότερο από 20 λεπτά. Αυτό έχει μεγάλο κόστος για τις οικογένειες που περνούν λιγότερο χρόνο μαζί, για το περιβάλλον που μολύνεται από την αυξημένη και πιο αργή κυκλοφορία και για την οικονομία, καθώς μειώνεται ο χρόνος εργασίας.

Ως πολεοδόμος, σας έχει ανατεθεί η πρόκληση να σχεδιάσετε μια λύση για τα κυκλοφοριακά προβλήματα της περιοχής. Θα χρησιμοποιήσετε τις γνώσεις σας σχετικά με την επιστημονική μέθοδο και τη διαδικασία σχεδιασμού της μηχανικής για να βρείτε μια λύση και να τη δοκιμάσετε. Έχετε αποφασίσει ότι θα ήταν χρήσιμο να σκεφτείτε την ιστορία της XX και πώς έχει αλλάξει από την εποχή της αποικιοκρατίας για να έχετε μια καλύτερη ιδέα για τη γη και τις μεταφορές που απαιτούνται. Επίσης, θα ερευνήσετε και θα διαβάσετε άρθρα σχετικά με τη γεωγραφική περιοχή, την κυκλοφορία και την αύξηση των κατοικιών και των επιχειρήσεων που αναμένονται για το XXX. Θα πρέπει να προτείνετε ένα σχέδιο για την ανακούφιση των κυκλοφοριακών προβλημάτων, μαζί με ένα μοντέλο, για να το δείξετε στο δημοτικό συμβούλιο, αλλά θα πρέπει, επίσης, να είστε προετοιμασμένοι να μοιραστείτε τις πληροφορίες και με την κοινότητα.

Ερώτηση οδήγησης: Πώς μπορεί η μελέτη της ιστορίας και των κυκλοφοριακών προτύπων σε μια περιοχή να βοηθήσει στον σχεδιασμό μιας λύσης για τα προβλήματα των μεταφορών;" (Quiqley et al. 2020, Ηλεκτρονικό συμπληρωματικό υλικό 2)

Διάλεξη - Μοντέλο διδασκαλίας STEAM ½



Με βάση το υλικό (κείμενο παραπάνω) και το πλαίσιο της Ενότητας 2: Προοπτικές ΥΣ για το STEAM

- Παράδοση με βάση το πρόβλημα
- Ενσωμάτωση της διεπιστημονικότητας
- Δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων
- Εφαρμογή των προοπτικών της ΥΣ
- Μελέτες περίπτωσης



Το εννοιολογικό μοντέλο της διδασκαλίας STEAM - Διδακτικό περιεχόμενο

Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>

Δραστηριότητα 4.1 σχέδιο μαθήματος μέρος ½



Αυτή είναι η αρχή της εργασίας του μαθήματος. Ο στόχος είναι ο σχεδιασμός μιας μαθησιακής παρέμβασης. Το σχέδιο χωρίζεται σε δύο μέρη. Σε αυτό το μέρος θα συγκροτήσετε την ομάδα έργου και θα σχεδιάσετε το περιεχόμενο αυτού που πρόκειται να διδάξετε. Το μέγεθος του έργου μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις οδηγίες που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.

Θα πρέπει να δημιουργήσετε μια ομάδα με 3-4 συναδέλφους σας. Είναι ωφέλιμο, η ομάδα σας να αποτελείται από άτομα που εκπροσωπούν διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα ή εναλλακτικά κάποια από τα μέλη θα μπορούσαν να εκπροσωπούν την άποψη ενός διαφορετικού γνωστικού αντικειμένου από το δικό τους. Επιλέξτε ένα θέμα το οποίο είναι επίκαιρο, συνδυάζει διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα, έχει ένα πραγματικό πλαίσιο και είναι σχετικό με τους αναμενόμενους μαθητές (επιλέξτε μια ομάδα-στόχο). Δημιουργήστε την περιγραφή της εργασίας και σχεδιάστε τι είδους πληροφορίες θα μπορούσαν να χρειαστούν οι μαθητές. Να θυμάστε ότι, η εργασία θα πρέπει να ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα και τις εναλλακτικές λύσεις. Έχετε υπόψη, επίσης, την ΥΣ ώστε το θέμα να έχει δυνατότητες αξιοποίησης υπολογιστικών προσεγγίσεων.

Περίληψη

- σε ομάδες των 3-4 μαθητών
- Επιλογή θέματος
- περιγραφή της εργασίας
- δημιουργία εκπαιδευτικού περιεχομένου
- αναγνώριση ευκαιριών για την εφαρμογή της ΥΣ

Δραστηριότητα 4.2 η ομάδα συζητά το σχέδιο με τον επόπτη



- Όταν το σχέδιο είναι έτοιμο.
- Η ομάδα παρουσιάζει το σχέδιο στον επόπτη.

Ενότητα 5 - Σχεδιασμός του μαθησιακού περιβάλλοντος για ΥΣ που ενσωματώνει STEAM

Αυτή η ενότητα συνεχίζει με το εννοιολογικό μοντέλο για τον σχεδιασμό της διδασκαλίας STEAM (Quigley & Herro, 2017- Quigley & Herro, 2019). Η έμφαση δίνεται στον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος. Τα άλλα μέρη αυτής της ενότητας έχουν παρέχει τις βάσεις για την επιλογή εκπαιδευτικής τεχνολογίας που υποστηρίζει την ενσωμάτωση της ΥΣ, σε θέματα STEAM. Όπως και στον σχεδιασμό περιεχομένου, η εστίαση δεν πρέπει να είναι στην τεχνολογία, αλλά στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, όπου μπορεί να υλοποιηθεί το σενάριο. Εφόσον η προσέγγιση της επίλυσης προβλημάτων εξαρτάται από τους μαθητές, τότε ομοίως και η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι, επίσης, δική τους απόφαση. Με την ενσωμάτωση προβλημάτων, όπου η αυτοματοποίηση αλγορίθμων θα ήταν μια φυσική λύση, οι μαθητές ενθαρρύνονται να σκέφτονται υπολογιστικά. Αυτή η ενότητα είναι, επίσης, η αρχή του δεύτερου μέρους της εργασίας του έργου, όπου σχεδιάζεται το μαθησιακό περιβάλλον και επιλέγονται εκπαιδευτικές τεχνολογίες για το σενάριο (ή τα σενάρια) που δημιουργήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Ο σχεδιασμός ενός μαθησιακού περιβάλλοντος STEAM θα πρέπει να εστιάζει στις διδακτικές προσεγγίσεις, στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας, στις πρακτικές αξιολόγησης και στην ισότιμη συμμετοχή.

Η διδασκαλία του STEAM βασίζεται στη μάθηση με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού, η οποία διαφέρει από τα παραδοσιακά μαθήματα που διαχειρίζεται ο εκπαιδευτικός. Οι μαθητές πρέπει να ενθαρρύνονται να αναλάβουν την ευθύνη για τη μάθησή τους. Αυτό μπορεί να είναι δύσκολο στην αρχή και οι μαθητές μπορεί να εξακολουθούν να αναζητούν απαντήσεις από τον εκπαιδευτικό. Μια μέθοδος που συμβάλλει στην αλλαγή αυτής της συμπεριφοράς είναι οι μαθητές, πριν απευθυνθούν στον εκπαιδευτικό, να ρωτούν ή να αναζητούν τρεις πηγές. Οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να βασίζονται στις γνώσεις των συμμαθητών τους ή σε αυτά που οι ίδιοι μπορούν να μάθουν. Επιπλέον, πριν ο εκπαιδευτικός απαντήσει στους μαθητές, θα μπορούσε να τους ζητηθεί να αναφέρουν τι έχουν βρει μέχρι στιγμής. Ο εκπαιδευτικός δεν θα πρέπει να δίνει μια σωστή απάντηση, αλλά να στηρίζεται στα αναφερόμενα ευρήματα και να ενθαρρύνει την περαιτέρω διερεύνηση. Τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου δεν έχουν μια οριστική απάντηση, και οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να νιώθουν άνετα όταν δεν γνωρίζουν μια ακριβή απάντηση. Ωστόσο, οι απαντήσεις μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο καλά προετοιμασμένες, οπότε είναι σημαντική η ικανότητα των μαθητών να αιτιολογούν την επιλεγμένη λύση.

Τα μαθήματα αναπτύσσουν δεξιότητες όπως η αφαίρεση, η ανάλυση, η εφαρμογή, η διατύπωση, η συνεργασία, η επιχειρηματολογία, η διάδοση στοιχείων και η παρουσίαση. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να δημιουργεί, συχνά, ευκαιρίες για τους μαθητές να χρησιμοποιούν αυτές τις δεξιότητες, σε διαφορετικά πλαίσια. Σύμφωνα με το μοντέλο διδασκαλίας STEAM, οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να διερευνούν πολλαπλές διαδρομές για την επίλυση ενός προβλήματος. Η δυνατότητα επιλογής της προσέγγισης επίλυσης προβλήματος επιτρέπει την εφευρετικότητα και τη χρήση δημιουργικών δεξιοτήτων. Για να υποστηρίξει τη δυνατότητα επιλογής, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να εμπλουτίσει το σενάριο επίλυσης προβλήματος με έννοιες, εργαλεία και ευκαιρίες για διάφορες εμπειρίες. Η περιγραφή του προβλήματος θα πρέπει να υποστηρίζει την καθοδηγούμενη από τους μαθητές μάθηση, όπου η βοήθεια και η συνεργασία με τους συμμαθητές να είναι φυσικό επακόλουθο. Αυτό προϋποθέτει ότι, ο σχεδιασμός του προβλήματος επιτρέπει στους μαθητές να αναλάβουν διαφορετικούς ρόλους

στην επίλυση του προβλήματος. Όταν η επίλυση του προβλήματος απαιτεί συνδυασμούς διαφορετικών γνώσεων και δεξιοτήτων τότε η αναζήτηση βοήθειας από τους συμμαθητές τους και η συνεργασία δεν είναι εξαναγκασμένη. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να σχεδιάσει το σενάριο του προβλήματος ώστε να ενθαρρύνει τα κατάλληλα για την ηλικία επίπεδα κοινωνικής και συναισθηματικής εμπλοκής στη μάθηση.

Η Τεχνολογία είναι ένα από τα θέματα του STEAM. Κατά τη δημιουργία του μαθησιακού περιβάλλοντος, οι μαθητές θα πρέπει να έχουν πρόσβαση σε διάφορα είδη τεχνολογικών εργαλείων για την επίλυση του προβλήματος. Δεν θα πρέπει να είναι χρήστες αλλά παραγωγοί τεχνικών λύσεων. Για την εφαρμογή της τεχνολογίας στο πρόβλημα, οι μαθητές χρειάζονται προηγούμενες εμπειρίες με τα εργαλεία, όσον αφορά τα θέματα του σεναρίου του προβλήματος. Μόνο αν νιώθουν άνετα με την τεχνολογία, μπορεί να ενσωματωθεί στη μάθηση. Στο πλαίσιο αυτής της ενότητας, η έμφαση δίνεται ιδιαίτερα στα εργαλεία που υποστηρίζουν την ενσωμάτωση της ΥΣ. Η λύση πρέπει να έχει πτυχές που επωφελούνται από την αυτοματοποίηση της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου. Πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ της χρήσης έτοιμων λύσεων και της δημιουργίας της λύσης. Για παράδειγμα, η παρουσίαση ιστορικών γεγονότων σε μια ιστοσελίδα δεν είναι ΥΣ, αλλά η ανακάλυψη αυτών των γεγονότων μέσω υπολογιστικής ανάλυσης δεδομένων είναι. Οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν από την ύπαρξη εργαλείων για συγκεκριμένους σκοπούς και γενικών εργαλείων που μπορούν να τροποποιηθούν (προγραμματιστούν) για να ταιριάζουν με τις ανάγκες. Τα γενικά εργαλεία μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερο τους συνδυασμούς μεθόδων από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα, δεδομένου ότι δεν είναι φτιαγμένα για ένα μόνο πλαίσιο.

Η αξιολόγηση αποτελεί βασικό μέρος κάθε εκπαιδευτικού μοντέλου και, επομένως, και της διδασκαλίας STEAM. Η διδασκαλία, η μάθηση και η αξιολόγηση πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένες ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της εκπαίδευσης. Η μαθητοκεντρική πτυχή της μάθησης STEAM καθιστά τις παραδοσιακές μεθόδους εξέτασης, όπως τα τεστ πολλαπλής επιλογής, αναντίστοιχες. Η επιλογή της μεθόδου θα πρέπει να αντικατοπτρίζει το μοντέλο STEAM, όπου ο στόχος είναι οι μαθητές να εμπλακούν σε πολλαπλούς τρόπους διερεύνησης, να μάθουν να χρησιμοποιούν ένα ευρύ φάσμα δεξιοτήτων και να συνεργάζονται για την εξεύρεση της λύσης. Για να είναι αυθεντικοί οι μαθητές, θα πρέπει να κληθούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες που έμαθαν στο πλαίσιο του προβλήματος που επιλύουν. Η διαδικασία επίλυσης προβλήματος που καταλήγει σε λύση αποτελεί ένδειξη της αποκτηθείσας γνώσης. Ωστόσο, η απλή αξιολόγηση του αποτελέσματος αφήνει εκτός τη δυνατότητα βελτίωσης των δεξιοτήτων που χρησιμοποιούνται ενώ η διαδικασία βρίσκεται σε εξέλιξη. Για να διασφαλιστεί ότι, η αξιολόγηση συνδέεται με τις διδακτικές πρακτικές STEAM, θα πρέπει να ενσωματωθεί στη μαθησιακή διαδικασία. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να παρέχει συχνή και ποιοτική ανατροφοδότηση στους μαθητές, κατά τη διάρκεια της επίλυσης προβλημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, ο εκπαιδευτικός μπορεί να διασφαλίσει ότι, η κατανόηση του περιεχομένου από τους μαθητές ευθυγραμμίζεται με τους μαθησιακούς στόχους. Η ανατροφοδότηση μπορεί, επίσης, να ενθαρρύνει τους μαθητές να ενδιαφέρονται περισσότερο για την πρόοδό τους και να σκέφτονται βαθύτερα για τα διάφορα θέματα.

Ο στόχος της ισότιμης συμμετοχής είναι να είναι δίκαιη και λογική σε σχέση με τις προηγούμενες δεξιότητες και γνώσεις του μαθητή. Τα πολιτισμικά πρότυπα και οι οικογενειακές παραδόσεις επηρεάζουν τις βασικές γνώσεις που διαθέτουν οι μαθητές. Αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε όλοι να ξεκινούν από μια κοινή βάση. Παρέχοντας μέντορες και εμπειρογνώμονες, ο εκπαιδευτικός μπορεί να υποστηρίξει τους μαθητές που ίσως

δεν έχουν την ευκαιρία να έχουν πρόσβαση σε τέτοιου είδους γνώσεις, εκτός σχολείου. Μπορεί να ελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για διαφορετικού είδους απόψεις και ευκαιρίες για μελλοντικά επαγγέλματα. Είναι, επίσης, σημαντική η πολιτισμική ευαισθησία, ώστε να μην προωθούνται στερεοτυπικές απόψεις, αλλά η άποψη ότι ο καθένας δημιουργεί το μέλλον του, ανεξάρτητα από το υπόβαθρό του. Δημιουργώντας χώρο για αυτοέκφραση, ο εκπαιδευτικός επιτρέπει στον μαθητή να αναδείξει τα δυνατά του σημεία. Δεδομένου ότι, η διδασκαλία STEAM είναι μαθητοκεντρική και η αξιολόγηση είναι ενσωματωμένη στη μαθησιακή διαδικασία, υπάρχει μια πιο ισότιμη συμμετοχή, καθώς δεν υποχρεώνει κάθε μαθητή να ακολουθεί το ίδιο μοντέλο αξιολόγησης.

Διάλεξη - Μοντέλο διδασκαλίας STEAM 2/2



Με βάση το υλικό (κείμενο παραπάνω) και την Ενότητα 3: Επιλογή εκπαιδευτικών τεχνολογιών με βάση τις προοπτικές της ΥΣ

- Διδακτικές προσεγγίσεις
- Πρακτικές αξιολόγησης
- Ισότιμη συμμετοχή
- Επιλογή εκπαιδευτικής τεχνολογίας για την ΥΣ



Το εννοιολογικό μοντέλο της διδασκαλίας STEAM - Μαθησιακό περιβάλλον

Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>

Quigley, C. F., Herro, D., Shekell, C., Cian, H., & Jacques, L. (2020). Connected learning in STEAM classrooms: Opportunities for engaging youth in science and math classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1441-1463. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10034-z>

Δραστηριότητα 5.1 Εργασία μαθήματος 2/2



Σε αυτό το σημείο συνεχίζεται το έργο που ξεκίνησε στην Ενότητα 4. Όταν είναι έτοιμο το περιεχόμενο της άσκησης και η εργασία, θα πρέπει να αρχίσει ο σχεδιασμός για την εφαρμογή. Οι μαθητές χρειάζονται πληροφορίες για να ολοκληρώσουν την άσκηση, οι οποίες πρέπει να δοθούν με διάφορους τρόπους. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάσουν διαλέξεις, να ετοιμάσουν βοηθητικό υλικό και να προτείνουν διαδικτυακούς τόπους ή λέξεις-κλειδιά που θα

χρησιμοποιηθούν για την αναζήτηση πληροφοριών. Η πρόσβαση σε ειδικούς θα ενίσχυε, επίσης, την αυθεντικότητα της άσκησης. Ένα άλλο μέρος της εφαρμογής είναι η απαιτούμενη τεχνολογική υποστήριξη. Υπάρχει ο σχετικός με το θέμα εξοπλισμός και το συνηθισμένο λογισμικό γραφείου κ.λπ. Δεδομένου ότι εξετάζεται η ενσωμάτωση της υπολογιστικής σκέψης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε τα διαθέσιμα υπολογιστικά εργαλεία να είναι κατάλληλα για τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Περίληψη

- Συνέχεια από την ενότητα 4.
- Σχεδιασμός του μαθησιακού περιβάλλοντος
- Σχεδιασμός της υποστήριξης της εκπαιδευτικής τεχνολογίας
 - ο ειδικά η υποστήριξη της ΥΣ
- Συγγραφή έκθεσης
- Προετοιμασία παρουσίασης

Ενότητα 6 - Παρουσιάσεις έργων

Παρουσίαση των σχεδίων μαθησιακής παρέμβασης των ομάδων μελλοντικών εκπαιδευτικών (εργασία έργου).

Δραστηριότητα 6.1 Παρουσιάσεις και συζήτηση



Παρουσίαση της δικής σας ομάδας 15 λεπτά



ο χρόνος που διατίθεται για κάθε παρουσίαση



10 λεπτά παρουσίασης του σχεδιασμού



5 λεπτά ερωτήσεις και σχόλια από το ακροατήριο



Προϋποθέσεις αξιολόγησης και στρατηγική αξιολόγησης

Όλες οι εργασίες αξιολόγησης πρέπει να παραδίδονται πριν από την καθορισμένη προθεσμία.

Δραστηριότητα αξιολόγησης

Κριτήρια και μέθοδος αξιολόγησης

θα πρέπει να υπολογίζει και να παρέχει αποδείξεις σχετικά με την επίτευξη των μαθησιακών αποτελεσμάτων της ενότητας	για γραπτές εργασίες: π.χ. έκταση (σε λέξεις), δομή (εισαγωγή, κύριο μέρος, συμπεράσματα), ορθή χρήση όρων και εννοιών.
Επανεξέταση του σχεδίου (με βάση το PRADA) για την εφαρμογή της ΥΣ σε θέματα STEAM	Αποδεκτή/μη αποδεκτή, αξιολόγηση από ομότιμους. Κριτήρια: παρουσίαση του θέματος, επιχειρηματολογία και σαφήνεια, αξιοποίηση του περιεχομένου της ενότητας.
Επανεξέταση του σχεδίου (με βάση το πλαίσιο προοπτικών της ΥΣ για το STEAM) για τον τρόπο επιλογής της σωστής τεχνολογίας που υποστηρίζει τη μάθηση των θεμάτων STEAM.	Αποδεκτή/μη αποδεκτή, αξιολόγηση από ομότιμους. Κριτήρια: παρουσίαση του θέματος, επιχειρηματολογία και σαφήνεια, αξιοποίηση του περιεχομένου της ενότητας.
Έκθεση και παρουσίαση του διδακτικού σχεδιασμού	Ο διδάσκων αξιολογεί το μάθημα με βάση την εργασία του έργου. Η έκθεση έργου αξιολογείται με βάση τα κριτήρια "STEAM Classroom assessment for Student Learning Experience" (βλ. παρακάτω). Η αποτελεσματικότητα της παρουσίασης της εργασίας, όσον αφορά τη σύννομη των κύριων ιδεών, μπορεί να δώσει ένα προαιρετικό + τελικό βαθμό (στη φινλανδική κλίμακα βαθμολόγησης 0-5 αυτό θα ήταν 0,25).

Αξιολογήσεις από ομότιμους

Οι κατ' οίκον εργασίες στις Ενότητες 2 και 3 αξιολογούνται από τους συναδέλφους με τους βαθμούς Αποδεκτή/Αποτυχημένη. Και οι δύο πρέπει να γίνουν αποδεκτές.

- Κάθε σημείο βαθμολογείται στην κλίμακα 0-5 (ο μέσος όρος πρέπει να είναι 2 ή καλύτερος για την αποδοχή).
 - ο την παρουσίαση του θέματος
 - ο επιχειρηματολογία και σαφήνεια
 - ο αξιοποίηση του περιεχομένου της ενότητας

Αξιολόγηση STEAM στην τάξη για τη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών (τροποποιημένη με κριτήρια για την ΥΣ)

Ένα σαφές κριτήριο αξιολόγησης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του σχεδίου εκπαιδευτικού σχεδιασμού που δημιουργήθηκε στις Ενότητες 4 & 5 (0-5). Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του έργου της Ενότητας 6 μπορεί να δώσει ένα επιπλέον + (0,25).

Διαβάστε το έγγραφο *TeaEdu4CT_8_module_assessment.xlsx* (για το πρωτότυπο δείτε την αναφορά παρακάτω Η αξιολόγηση βασίζεται σε...)

Αξιολόγηση της εργασίας του έργου (0-5 για κάθε κριτήριο):

- Ευθυγράμμιση με το αντικείμενο
- Ενσωμάτωση στο γνωστικό αντικείμενο

- Δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων
- Υπολογιστική σκέψη
- Διδακτικές προσεγγίσεις
- Αξιολόγηση
- Ισότιμη συμμετοχή

Η αξιολόγηση βασίζεται σε:

Quigley, C. F., Herro, D., Shekell, C., Cian, H., & Jacques, L. (2020). Connected learning in STEAM classrooms: Opportunities for engaging youth in science and math classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1441-1463. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10034-z>

ESM 1 (Ηλεκτρονικό συμπληρωματικό υλικό; <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10034-z>)

Η αποτελεσματικότητα της παρουσίας της εργασίας (Ενότητα 6) όσον αφορά τη σύνοψη των κύριων ιδεών, μπορεί να δώσει ένα προαιρετικό + τελικό βαθμό (στη φινλανδική κλίμακα βαθμολόγησης 0-5 αυτό θα ήταν 0,25).



Ιδέες εφαρμογής

Οι ενότητες 4 και 5 καθιστούν εύκολη την επέκταση ή τη συντόμευση της ενότητας, κάνοντας την εργασία έργου πιο περίπλοκη ή πιο απλή. Μπορεί κανείς να επεκτείνει την εργασία έργου σχεδιάζοντας ένα σύνολο μαθησιακών παρεμβάσεων ή ένα ολόκληρο μάθημα. Είναι, επίσης, εύκολο να συντομεύσει την ενότητα, προσφέροντας στους μαθητές έτοιμο υλικό και πρότυπα. Στην ακραία περίπτωση, η εργασία έργου θα μπορούσε να είναι μια ατομική εργασία για την ιδέα μιας μαθησιακής παρέμβασης και την παρουσίαση των ιδεών στην Ενότητα 6.



Βιβλιογραφία

Bermúdez, J. (2020). *Cognitive Science: An Introduction to the Science of the Mind* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Blockley, D. (2012). *Engineering: a very short introduction*. OUP Oxford.

Checkland, P., & Holwell, S. (1998). *Information, systems, and information systems*. Chichester: John Wiley & Sons.

Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: a model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-18.

- Dasgupta, S. (2016). Computer science: a very short introduction (Vol. 466). Oxford University Press.
- Davis, M., Sigal, R., & Weyuker, E. J. (2015). Computability, complexity, and languages: fundamentals of theoretical computer science. 2. edition. Elsevier.
- Denning, P. J. (2007). Computing is a natural science. *Communications of the ACM*, 50(7), 13-18.
- Denning, P. J. (2017a). Computational Thinking in Science. *American Scientist*, 105(1), 13-17.
- Denning, P. J. (2017b). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39
- Devlin, K. (1994). *Mathematics: The science of patterns: The search for order in life, mind and the universe*. Macmillan.
- Devlin, K. J. (2012). *Introduction to mathematical thinking*. Palo Alto, CA: Keith Devlin.
- Dong, Y., Catete, V., Jocius, R., Lytle, N., Barnes, T., Albert, J., ... & Andrews, A. (2019). PRADA: A Practical Model for Integrating Computational Thinking in K-12 Education. *In Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 906-912).
- Gilbert, J. and Boulter, C. (1998). Learning Science Through Models and Modelling. *International Handbook of Science Education vol 1* ed B J Fraser and K G Tobin (Dordrecht: Kluwer Academic) pp 53–66
- Gowers, T. (2002). Mathematics: A very short introduction (Vol. 66). Oxford Paperbacks.
- Gutiérrez, R. and Pintó, R. (2005). Teachers' conceptions of scientific model. Results from a preliminary study ESERA 2005 Conf. Proc (Noordwijkerhout, Netherlands)
- Harel, D. (1987). Statecharts: A visual formalism for complex systems. *Science of computer programming*, 8(3), 231-274.
- Harel, I., & Papert, S. (Eds.). (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Hersh, R. (2014). Experiencing Mathematics: What do we do, when we do mathematics? (Vol. 83). American Mathematical Soc.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 75-105.
- Hill, R. K. (2016). What an algorithm is. *Philosophy & Technology*, 29(1), 35-59.



Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., ... & McElhaney, K. (2020). C2STEM: A System for Synergistic Learning of Physics and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 83-100.

IEEE (2010) Iso/iec/ieee 24765:2010 systems and software engineering - vocabulary

Jocius, R., Joshi, D., Dong, Y., Robinson, R., Cateté, V., Barnes, T., ... & Lytle, N. (2020). Code, Connect, Create: The 3C Professional Development Model to Support Computational Thinking Infusion. *In Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 971-977).

Justi, R. S. and Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views of the nature of modelling, and implications for the education of modellers *Int. J. Sci. Educ.* 24 369–87

Kramer, J. (2007). Is abstraction the key to computing? *Communications of the ACM*, 50(4), 36-42.

Kvasz, L. (2019). How Can Abstract Objects of Mathematics Be Known?. *Philosophia Mathematica*, 27(3), 316-334.

Laurillard, D. (2002). *Rethinking University Teaching in the Digital Age*.

Laurillard, D. (2012). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.

Laurillard, D., & McAndrew, P. (2003). Reusable educational software: A basis for generic learning activities. *Reusing online resources: A sustainable approach to e-learning*, 81-93.

Lopez, V., & Hernandez, M. I. (2015). Scratch as a computational modelling tool for teaching physics. *Physics Education*, 50(3), 310.

Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 10(4), 1-15.

Malyn-Smith, J., Lee, I. A., Martin, F., Grover, S., Evans, M. A., & Pillai, S. (2018). Developing a framework for computational thinking from a disciplinary perspective. *In Proceedings of the International Conference on Computational Thinking Education* (p. 5).

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.

Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: a historical perspective. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 141-144.

NRC (National Research Council). 2012. *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

NGSS Lead States. 2013. Next Generation Science Standards: For states, by states. Washington, DC: National Academies Press.
www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards.

Okasha, S. (2016). *Philosophy of Science: Very Short Introduction*. Oxford University Press.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Computers, children, and powerful ideas*. NY: Basic Books, 255.

Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95-123.

Pears, A. (2019). Developing Computational Thinking, "Fad" or "Fundamental"? *Constructivist Foundations*, 14(3).

Pei, C., Weintrop, D., & Wilensky, U. (2018). Cultivating computational thinking practices and mathematical habits of mind in lattice land. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 75-89.

Perrenet, J., Groote, J. F., & Kaasenbrood, E. (2005). Exploring students' understanding of the concept of algorithm: levels of abstraction. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(3), 64-68.

Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education [Blog post]. Retrieved from <http://hippasus.com/resources/tte/>.

Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12.

Quigley, C. F., & Herro, D. (2019). *An Educator's Guide to STEAM: Engaging Students Using Real-World Problems*. Teachers College Press.

Quigley, C. F., Herro, D., Shekell, C., Cian, H., & Jacques, L. (2020). Connected learning in STEAM classrooms: Opportunities for engaging youth in science and math classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1441-1463.
<https://doi.org/10.1007/s10763-019-10034-z>

Rich, P. J., Egan, G., & Ellsworth, J. (2019, July). A Framework for Decomposition in Computational Thinking. In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 416-421).

Sfard, A. (2007). When the rules of discourse change, but nobody tells you: Making sense of mathematics learning from a commognitive standpoint. *The journal of the learning sciences*, 16(4), 565-613.

Tedre, M. (2018). The nature of computing as a discipline. *Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school*, 2.



Tedre, M., & Moisseinen, N. (2014). Experiments in computing: A survey. *The Scientific World Journal*, 2014.

Thimbleby, H. (2007). *Press on: Principles of Interaction Programming*.

Wan, X., Zhou, X., Ye, Z., Mortensen, C. K., & Bai, Z. (2020, June). SmileyCluster: supporting accessible machine learning in K-12 scientific discovery. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference* (pp. 23-35)

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147.

Weintrop, D. (2019). Block-based programming in computer science education. *Communications of the ACM*, 62(8), 22-25.

Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International statistical review*, 67(3), 223-248.

Wilson, K. G. (1989). Grand challenges to computational science. *Future Generation Computer Systems*, 5(2-3), 171-189.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Wolff, A., Gooch, D., Montaner, J. J. C., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. *The Journal of Community Informatics*, 12(3).