

10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής

Η Υπολογιστική Επιστήμη, η Υπολογιστική Σκέψη και η Εκπαιδευτική Ρομποτική

Αριστείδης Παλιούρας
arisपालιouras@gmail.com
1^ο Γενικό Λύκειο Αρτέμιδος

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε σε Διεθνές επίπεδο μια νέα επιστήμη, η Υπολογιστική Επιστήμη, η οποία είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο διεπιστημονικό πεδίο που χρησιμοποιεί προηγμένες υπολογιστικές δυνατότητες για την κατανόηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων, και περιέχει έναν συγκεκριμένο τρόπο σκέψης που ονομάζεται «υπολογιστικός τρόπος σκέψης» (computational thinking). Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αποσαφήνιση των όρων «Υπολογιστική Επιστήμη» και «Υπολογιστική Σκέψη» και πως έχουν επηρεάσει το μάθημα της Πληροφορικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Επίσης γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Σκοπός της εργασίας είναι η ενημέρωση της Ελληνικής εκπαιδευτικής κοινότητας για την νέα αυτή επιστήμη και τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης και η τροφοδότηση σχετικών συζητήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Υπολογιστική Επιστήμη, Υπολογιστική Σκέψη, Εκπαιδευτική Ρομποτική

Εισαγωγή

Όταν η Jeanette Wing (2006) ξεκίνησε τη συζήτηση για το ρόλο της «υπολογιστικής σκέψης» σε όλες τις επιστήμες τέθηκε το βασικό ερώτημα «τι είναι η Επιστήμη των Υπολογιστών και τι μπορεί να προσφέρει στην επίλυση προβλημάτων σε όλο το φάσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας». Η Wing υποστήριξε ότι η πρόοδος της Επιστήμης των Υπολογιστών επιτρέπει στους ερευνητές όλων των επιστημών να οραματίζονται νέες στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων και να δοκιμάζουν τις νέες λύσεις τόσο στον εικονικό (virtual) όσο και στον πραγματικό κόσμο. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας οδηγεί στην ανάγκη η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης να ξεκινάει από την Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι σημερινοί μαθητές θα ζήσουν σε ένα περιβάλλον βαθύτατα επηρεασμένο από τις εξελίξεις στην Επιστήμη των Υπολογιστών και πολλοί από αυτούς θα δουλέψουν σε χώρους εργασίας οι οποίοι επίσης είτε θα χρησιμοποιούν την Επιστήμη των Υπολογιστών είτε θα είναι βαθύτατα επηρεασμένοι από αυτή. Στο άρθρο της η Wing (2006) αναφέρει ότι η Υπολογιστική Σκέψη είναι μια βασική ικανότητα που πρέπει να έχουν όλα τα παιδιά μαζί με την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική.

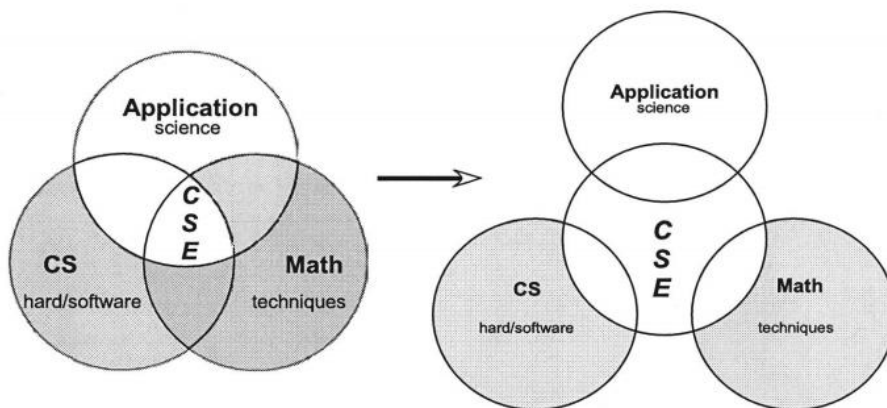
Η Επιστήμη των Υπολογιστών και η Υπολογιστική Σκέψη έχει επηρεάσει και τις άλλες επιστήμες. Ο Ψυχάρης (2015) αναφέρει ότι: «Η χρήση της υπολογιστικής σκέψης έχει αλλάξει τον τρόπο μελέτης και έρευνας σε γνωστικά αντικείμενα όπως η Φυσική, η Βιολογία, τα Οικονομικά, η Ψυχολογία κ.λπ. Για παράδειγμα, θεωρώντας τις βιολογικές διαδικασίες ως υπολογιστικά συστήματα που μεταφέρουν πληροφορία, έχουμε οδηγηθεί σε βαθύτερη κατανόηση προβλημάτων της Βιολογίας, όπως οι ασθένειες, και, παράλληλα, έχει δοθεί ώθηση και για την ανάπτυξη νέων επιστημών όπως η Βιοπληροφορική».

Τι είναι Υπολογιστική Επιστήμη

Σύμφωνα με τους Yasar & Landau (2003) η Υπολογιστική Επιστήμη μπορεί να οριστεί με πολλούς τρόπους. Μερικές φορές σημαίνει τον διεπιστημονικό συνδυασμό υπολογιστικών τεχνικών, εργαλείων και γνώσεων που απαιτούνται για την επίλυση σύγχρονων προβλημάτων της επιστήμης, της εκπαίδευσης και της διδακτικής/παιδαγωγικής. Άλλες φορές σημαίνει τη χρήση των υπολογιστικών προσομοιώσεων από τις επιστήμες και άλλες την έρευνα και ανάπτυξη υπολογιστικών δεξιοτήτων και εργαλείων που χρειάζονται για τις εφαρμογές.

Επίσης όπως αναφέρει ο Ψυχάρης (2009, σελ. 30), «Η Υπολογιστική Επιστήμη (Computational Science) ορίζεται ως η επιστήμη που περιλαμβάνει τρεις περιοχές: τη μαθηματική μοντελοποίηση φαινομένων, τις αριθμητικές μεθόδους για επιστημονικούς υπολογισμούς και την επιστημονική οπτικοποίηση».

Σύμφωνα με τους Yasar & Landau (2003), αρχικά, όπως φαίνεται στο αριστερό τμήμα της παρακάτω εικόνας, η Υπολογιστική Επιστήμη θεωρούνταν η τομή της επιστήμης της Φυσικής και άλλων γνωστικών πεδίων (Application science), της επιστήμης των υπολογιστών και των εφαρμοσμένων μαθηματικών. Αργότερα, όπως φαίνεται στο δεξιό τμήμα της παρακάτω εικόνας, προστέθηκε ένας ακόμα κύκλος λόγω του γεγονότος ότι ή ίδια η Υπολογιστική Επιστήμη ανέπτυξε δικά της εργαλεία με τα οποία μπορεί να γεφυρώσει τις τρεις άλλες επιστήμες.



Εικόνα 1. Η θεώρηση της Υ.Ε. πριν και μετά την προσθήκη ενός επιπλέον κύκλου

Ο πυρήνας της Υπολογιστικής Επιστήμης μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το σύνολο των εργαλείων, των μεθόδων και γνωστικών εργαλείων επίλυσης προβλημάτων της ίδιας της Υπολογιστικής Επιστήμης, τα οποία χρησιμοποιούν τη γνώση σε ένα γνωστικό αντικείμενο για να λύσουν προβλήματα σε κάποιο άλλο (Yasar & Landau, 2003).

Οι Hockney και Eastwood (1988) αναφέρουν ότι η προσέγγιση της Υπολογιστικής Επιστήμης σε επιστημονική έρευνα γίνεται με ένα μαθηματικό μοντέλο του φυσικού φαινομένου που χρειάζεται να εξερευνηθεί. Όλες οι εξισώσεις του μαθηματικού μοντέλου ενσωματώνονται σε μια διακριτή αλγεβρική μορφή. Οι διακριτές αλγεβρικές εξισώσεις περιγράφουν το μοντέλο εξομοίωσης (simulation model). Οι διακριτές αλγεβρικές εξισώσεις όταν αυτές εκφράζονται σαν αλληλουχία εντολών στον υπολογιστή, παρέχουν το πρόγραμμα εξομοίωσης (simulation program). Ο

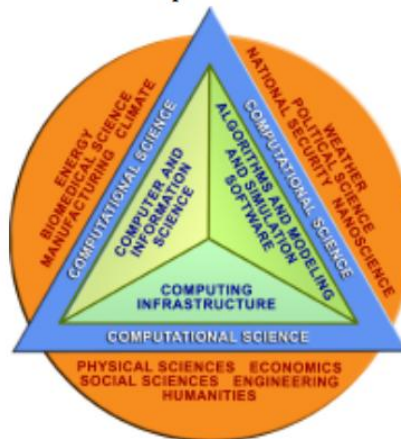
υπολογιστής μαζί με το πρόγραμμα εξομοίωσης επιτρέπουν την εξέλιξη του μοντέλου του φυσικού συστήματος να διερευνηθεί ως υπολογιστικό πείραμα (computer experiment).

Το 2005 ο Πρόεδρος των ΗΠΑ δημιούργησε την επιτροπή “The President’s Information Technology Advisory Committee (PITAC)” για την εισαγωγή του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) στην Εκπαίδευση. Το report της Επιτροπής “Computational Science: Ensuring America’s Competitiveness – President’s Information Technology – Advisory Committee” εστίασε στην ανάγκη εισαγωγής του STEM στην σχολική εκπαίδευση δίνοντας έμφαση στον όρο «Υπολογιστική Επιστήμη». Σύμφωνα με την επιτροπή αυτή, η Υπολογιστική επιστήμη είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο διεπιστημονικό πεδίο που χρησιμοποιεί προηγμένες υπολογιστικές δυνατότητες για την κατανόηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

Η Υπολογιστική Επιστήμη συνδυάζει τρία διακριτά στοιχεία:

- Τους αλγορίθμους (αριθμητικούς και μη αριθμητικούς) και το λογισμικό μοντελοποίησης και προσομοίωσης για την επίλυση προβλημάτων των επιστημών (π.χ Βιολογίας, Φυσικής), της επιστήμης των μηχανικών και της ανθρωπότητας.
- Την Επιστήμη των Υπολογιστών και της Πληροφορίας ώστε να αναπτύξει και να βελτιώσει συστήματα hardware, software, συστήματα διαδικτύου και συστήματα διαχείρισης δεδομένων που χρειάζονται για την επίλυση, απαιτητικών σε υπολογιστική ισχύ, προβλημάτων.
- Την υπολογιστική υποδομή που υποστηρίζει την επίλυση προβλημάτων των επιστημών και της επιστήμης των μηχανικών και την αναπτυξιακή επιστήμη των υπολογιστών και της πληροφορίας. (The computing infrastructure that supports both the science and engineering problem solving and the developmental computer and information science)

Visualization of Computational Science Definition



Εικόνα 2. Οπτικοποίηση του ορισμού της Υπολογιστικής Επιστήμης

Σύμφωνα με τον επιστημονικό οργανισμό SIAM (2001), η Υπολογιστική Επιστήμη είναι ένα ευρύ διεπιστημονικό πεδίο που περιλαμβάνει εφαρμογές των Φυσικών Επιστημών, της Επιστήμης της Μηχανικής, των Εφαρμοσμένων Μαθηματικών, την Αριθμητική Ανάλυση και την Επιστήμη των Υπολογιστών. Τα υπολογιστικά μοντέλα και οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της

έρευνας συμπληρώνοντας και μερικές φορές αντικαθιστώντας το «κλασικό» πείραμα. Αυτό απαιτεί εξειδίκευση του επιστημονικού πεδίου, μαθηματική μοντελοποίηση, αριθμητική ανάλυση, ανάπτυξη αλγορίθμων, δημιουργία λογισμικού, εκτέλεση λογισμικού, ανάλυση, επικύρωση και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η Υπολογιστική Επιστήμη περιλαμβάνει όλα αυτά. Αν και περιέχει στοιχεία από την Επιστήμη των Υπολογιστών, τα εφαρμοσμένα μαθηματικά, τις φυσικές επιστήμες και την επιστήμη των μηχανικών, η Υπολογιστική Επιστήμη εστιάζει στην ολοκλήρωση της γνώσης και των μεθοδολογιών από όλες τις επιστήμες, και υπό αυτή την έννοια είναι διακριτή από όλες αυτές τις επιστήμες.

Σύμφωνα με τους Shiflet & Shiflet (2014), η Υπολογιστική Επιστήμη συνδυάζει την προσομοίωση με τη χρήση Η/Υ, την επιστημονική οπτικοποίηση, τη μαθηματική μοντελοποίηση, τον προγραμματισμό, τις δομές δεδομένων, τα δίκτυα υπολογιστών, τη σχεδίαση βάσεων δεδομένων, το συμβολικό υπολογισμό, μεθόδους βελτιστοποίησης και τους υπολογισμούς υψηλού επιπέδου σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα.

Υπολογιστική Σκέψη

Η υπολογιστική σκέψη (CT) αναφέρεται σε ένα σύνολο δεξιοτήτων γενικά εφαρμόσιμο που όλοι, όχι μόνο οι επιστήμονες των υπολογιστών, θα ήταν πρόθυμοι να μάθουν και να χρησιμοποιούν. Είναι λοιπόν μια θεμελιώδης δεξιότητα για όλους, όχι μόνο για τους επιστήμονες της πληροφορικής. Όσον αφορά τις ικανότητες του κάθε παιδιού στη γραφή, την ανάγνωση και την αριθμητική θα πρέπει να προσθέσουμε και την υπολογιστική σκέψη (Wing, 2006).

Η υπολογιστική σκέψη έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Wing, 2006, Νικολός, 2012):

- **Σύλληψη εννοιών, όχι προγραμματισμός.** Η επιστήμη των υπολογιστών δεν είναι ο προγραμματισμός. Το να σκέφτεται κανείς σαν επιστήμονας της πληροφορικής σημαίνει περισσότερο από το να είναι ικανός να προγραμματίσει τον υπολογιστή. Απαιτεί σκέψη σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης,
- **Θεμελιώδης, όχι δεξιότητα ρουτίνας.** Θεμελιώδης χαρακτηρίζεται μια δεξιότητα που κάθε άνθρωπος πρέπει να κατέχει στη σημερινή κοινωνία. Η λέξη ρουτίνα σημαίνει μια μηχανική λειτουργία. Ειρωνικά, η ανθρώπινη σκέψη δεν θα είναι ρουτίνα μέχρι η επιστήμη των υπολογιστών να επιλύσει όλες τις μεγάλες προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης και να κάνει τους υπολογιστές να σκέφτονται σαν άνθρωποι.
- **Ένας τρόπος σκέψης ανθρώπων, όχι υπολογιστών.** Η υπολογιστική σκέψη είναι ένας τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι λύνουν προβλήματα, δεν είναι το να κάνουμε τους ανθρώπους να σκέφτονται σαν υπολογιστές. Οι υπολογιστές είναι βαρετοί, οι άνθρωποι είναι έξυπνοι και δημιουργικοί. Εμείς οι άνθρωποι κάνουμε τους υπολογιστές ενδιαφέροντες. Εφοδιασμένοι με υπολογιστικές συσκευές, χρησιμοποιούμε την εξυπνάδα μας για να αντιμετωπίσουμε προβλήματα που δεν θα τολμούσαμε να αναλάβουμε πριν την εποχή της πληροφορικής και να χτίσουμε συστήματα που το μόνο που τα περιορίζει είναι η φαντασία μας.
- **Συμπληρώνει και συνδυάζει τη μαθηματική σκέψη με τη σκέψη του μηχανικού.** Η επιστήμη των υπολογιστών, από τη φύση της αντλεί από τη μαθηματική σκέψη, αφού όπως όλες οι επιστήμες, τα τυπικά της θεμέλια βασίζονται στα μαθηματικά. Η επιστήμη των υπολογιστών, από τη φύση της αντλεί από τη σκέψη του μηχανικού, δεδομένου ότι κατασκευάζουμε συστήματα που αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο. Οι περιορισμοί της υπάρχουσας υπολογιστικής συσκευής αναγκάζουν τους επιστήμονες υπολογιστών να σκεφτούν υπολογιστικά, όχι μόνο μαθηματικά. Όντας ελεύθεροι να χτίσουμε ιδεατούς κόσμους μπορούμε να κατασκευάσουμε συστήματα πέρα από τον φυσικό κόσμο.

- **Ιδέες, όχι αντικείμενα.** Δεν είναι μόνο τα αντικείμενα υλικού και λογισμικού που παράγουμε αυτά που είναι πανταχού παρόντα και επηρεάζουν τη ζωή μας συνεχώς, θα είναι και οι υπολογιστικές έννοιες που χρησιμοποιούμε για να προσεγγίσουμε και να επιλύσουμε προβλήματα, να διαχειριστούμε την καθημερινή μας ζωή, να επικοινωνήσουμε και να αλληλεπιδράσουμε με άλλους ανθρώπους.
- **Από όλους, παντού.** Η υπολογιστική σκέψη θα είναι μια πραγματικότητα τόσο εσωτερική στις ανθρώπινες προσπάθειες όσο μια φιλοσοφία.

Ο Ψυχάρης (2015) αναφέρει ότι: «Στη Μεγάλη Βρετανία και γενικότερα στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ έχει ξεκινήσει μια νέα προσέγγιση για την «εισαγωγή των ΗΥ στην εκπαίδευση» που βασίζεται στην «υπολογιστική σκέψη». Η εισαγωγή της «υπολογιστικής σκέψης» περιλαμβάνει την ολοκλήρωση της Επιστήμης των Υπολογιστών (Computer Science) με την Υπολογιστική Επιστήμη (Computational Science), ώστε να αξιοποιηθούν γνωστικές περιοχές όπως οι Φυσικές Επιστήμες, η επιστήμη των Μηχανικών, τα Μαθηματικά, η Ψυχολογία, τα Οικονομικά, η Παιδαγωγική, η Επιστήμη των Υπολογιστών κ.λπ. Παράλληλα, η νέα τάση διεθνώς είναι η ολοκλήρωση της γνωστικής περιοχής “Υπολογιστική Επιστήμη” με τις παραπάνω επιστήμες και αναφέρεται στη χρήση του “υπολογιστικού πειράματος” ως μια τρίτης συνιστώσας της επιστήμης, μαζί με τη θεωρία και το φυσικό πείραμα. Επιπλέον, η τάση για την ολοκλήρωση του STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) με τη Διδακτική, προτρέπει το να αναπτυχθεί ο λεγόμενος «Υπολογιστικός» τρόπος σκέψης (computational thinking)».

Η Υπολογιστική Επιστήμη και η Υπολογιστική Σκέψη παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των προγραμμάτων σπουδών της Πληροφορικής και ΤΠΕ και από το 2006 και μετά όλο και περισσότεροι διεθνείς εκπαιδευτικοί οργανισμοί και φορείς ασχολούνται με την Υπολογιστική Σκέψη. Η Μαυρουδής κ.α. (2014, σελ. 115) αναφέρει ότι: “Η ενασχόληση της εκπαιδευτικής και επιστημονικής κοινότητας με την κατανόηση και την προώθηση της έννοιας της υπολογιστικής σκέψης οδήγησε σε σχετικά μεγάλης κλίμακας έργα από διάφορους επιστημονικούς, επαγγελματικούς και επιχειρηματικούς φορείς. Αξιοσημειώτες τέτοιες πρωτοβουλίες αποτελούν: το Κέντρο Υπολογιστικής Σκέψης του Carnegie Mellon (Center of Computational Thinking, Carnegie Mellon), το αντίστοιχο κέντρο του CSTA (CSTA Computational Thinking Task Force), το κέντρο για τη Διερεύνηση της Υπολογιστικής Σκέψης της Google (Google – Exploring Computational Thinking) και τέλος, ο δικτυακός τόπος του έργου Computer Science Unplugged. Το τελευταίο ξεκίνησε από το Πανεπιστήμιο του Canterbury στη Νέα Ζηλανδία, με στόχο να φέρει του μαθητές σε επαφή με ιδέες από την Επιστήμη Υπολογιστών, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση υπολογιστών. Πρόσφατα έχει τύχει ευρείας αναγνώρισης, ειδικά από τη στιγμή που εμφανίστηκε ως πρόταση στο ACM K-12 curriculum (A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Final Report of the ACM K-12 Task Force Curriculum Committee). Στην προσπάθεια να μετουσιωθεί η ιδέα της υπολογιστικής σκέψης σε εκπαιδευτική πρακτική, ουσιαστική είναι η ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών που τη λαμβάνουν υπόψη.”

Ο παρακάτω πίνακας (CSTA & ISTE, 2009) δείχνει πως οι βασικές έννοιες και δεξιότητες της υπολογιστικής σκέψης θα μπορούσαν να ενσωματωθούν και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα (εκτός της επιστήμης των υπολογιστών).

Πίνακας 1. Έννοιες και δεξιότητες της υπολογιστικής σκέψης ανά γνωστικό αντικείμενο

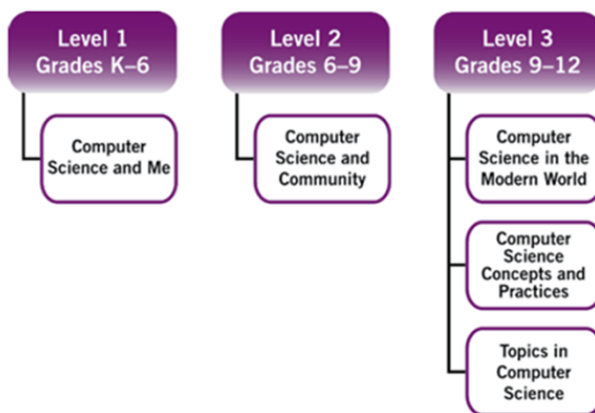
Έννοιες/ Ικανότητες Υπολογιστικής Σκέψης	Επιστήμη των Υπολογιστών	Μαθηματικά	Φυσικές Επιστήμες	Κοινωνικές Επιστήμες	Γλωσσικά μαθήματα
Συλλογή	Εύρεση πηγής	Εύρεση πηγής	Συλλογή	Μελέτη	Γλωσσική

δεδομένων	δεδομένων για ένα πρόβλημα.	δεδομένων για ένα πρόβλημα, για παράδειγμα, η ρίψη κερμάτων ή η ρίψη ζαριών	δεδομένων από την εκτέλεση ενός πειράματος	στατιστικών από μάχες ή πληθυσμιακών δεδομένων	ανάλυση προτάσεων.
Ανάλυση δεδομένων	Ανάπτυξη προγράμματος που να κάνει βασικούς στατιστικούς υπολογισμούς σε ένα σύνολο δεδομένων.	Μέτρηση επαναλήψεων των ρίψεων των κερμάτων, ζαριών και ανάλυση των αποτελεσμάτων.	Ανάλυση δεδομένων ενός πειράματος.	Αναγνώριση τάσεων σε δεδομένα από στατιστικά.	Αναγνώριση μοτίβων (patterns) σε διαφορετικού τύπου προτάσεις.
Αναπαράσταση δεδομένων	Χρήση δομών δεδομένων (όπως πίνακες, συνδεδεμένες λίστες κ.λ.π.).	Χρήση ιστογραμμάτων, πίτας, ραβδογραμμάτων για την αναπαράσταση δεδομένων.	Συνοψιση δεδομένων από ένα πείραμα.	Συνοψιση και αναπαράσταση τάσεων.	Απεικόνιση μοτίβων από διαφορετικές προτάσεις.
Διάσπαση προβλήματος	Ορισμός αντικειμένων και μεθόδων (ορισμός συναρτήσεων).	Εφαρμογή μιας σειράς ενεργειών σε μια έκφραση.	Ταξινόμηση ειδών.		Δημιουργία περιγράμματος, περίληψης.
Αφαίρεση	Δημιουργία διαδικασιών.	Χρήση μεταβλητών στην Άλγεβρα. Μελέτη συναρτήσεων στην Άλγεβρα και σύγκριση με τις συναρτήσεις στον προγραμματισμό. Αναγνώριση σημαντικών πληροφοριών σε ένα μαθηματικό πρόβλημα. Χρήση επανάληψης για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων.	Δημιουργία μοντέλου μια φυσικής οντότητας.	Σύνοψη γεγονότων. Εξαγωγή συμπερασμάτων από τα γεγονότα.	Χρήση παρομοιώσεων και μεταφορών. Συγγραφή μιας ιστορίας με διακλαδώσεις.
Αλγόριθμοι και διαδικασίες	Μελέτη κλασικών αλγορίθμων. Υλοποίηση ενός αλγορίθμου για ένα πρόβλημα.	Μακρά διαίρεση, παραγοντοποίηση.	Εκτέλεση μια πειραματικής διαδικασίας.		Συγγραφή οδηγιών.
Αυτοματοποίηση		Χρήση εργαλείων όπως: Sketch pad, star logo, python	Χρήση του probeware.	Χρήση excel.	Χρήση ενός εργαλείου συλλαβισμού.

		code snippets.			
Παράλληλοποίηση	Παράλληλος προγραμματισμός.	Επίλυση γραμμικών συστημάτων, πολλαπλασιασμός πινάκων.	Ταυτόχρονη εκτέλεση πειραμάτων με διαφορετικές παραμέτρους.		
Προσομοίωση	Algorithm animation, parameter sweeping.	Δημιουργία γραφήματος μιας συνάρτησης στο καρτεσιανό επίπεδο και τροποποίηση των τιμών των μεταβλητών.	Προσομοίωση της κίνησης του ηλιακού συστήματος.	Παιχνίδια όπως το “age of empires” και το “Oregon trail”.	Αναπαράσταση μιας ιστορίας.

Προτάσεις για την ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Στην τελευταία πρόταση (CSTA Computer Science Standards, 2011) της Ένωσης Μηχανικών Πληροφορικής (ACM) για την Επιστήμη των Υπολογιστών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση γίνεται ρητή αναφορά στην Υπολογιστική Σκέψη. Προτείνεται η χρήση της Υπολογιστικής Σκέψης σε όλες τις επιστήμες για την επίλυση προβλημάτων, το σχεδιασμό συστημάτων, τη δημιουργία νέας γνώσης και την καλύτερη κατανόηση της δύναμης και των περιορισμών των υπολογιστών στη σύγχρονη εποχή. Η μελέτη της Υπολογιστικής Σκέψης επιτρέπει στους μαθητές να αντιλαμβάνονται, να αναλύουν και να λύνουν δύσκολα προβλήματα με επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών και εργαλείων, τόσο στον εικονικό όσο και στον πραγματικό κόσμο. Στη συγκεκριμένη πρόταση περιγράφονται αναλυτικά τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα στην ενότητα της Υπολογιστικής Σκέψης για κάθε ηλικιακή ομάδα μαθητών (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Μαθησιακά αποτελέσματα ανά ηλικιακή ομάδα μαθητών

Επίπεδο 1 (Level 1)

Στους μαθητές του δημοτικού διδάσκονται θεμελιώδεις έννοιες της επιστήμης των υπολογιστών μέσω της ολοκλήρωσης βασικών δεξιοτήτων της τεχνολογίας με απλές ιδέες της υπολογιστικής σκέψης. Οι εμπειρίες μάθησης, με βάση τα πρότυπα που προτείνονται, πρέπει να είναι ελκυστικές, να εμπλέκουν τους μαθητές και να τους βοηθούν να δουν την πληροφορική σαν ένα σημαντικό τμήμα του κόσμου τους. Πρέπει να σχεδιάζονται με γνώμονα την ενεργητική μάθηση, τη δημιουργικότητα, την εξερεύνηση και συχνά να εμπλέκονται στα προγράμματα σπουδών των άλλων μαθημάτων όπως είναι τα μαθήματα των κοινωνικών επιστημών, της γλώσσας, των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών.

Επίπεδο 2 (Level 2 - grades 6-9)

Στους μαθητές του Γυμνασίου προτείνεται η χρήση της υπολογιστικής σκέψης σαν εργαλείο επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές αρχίζουν να εκτιμούν την αξία της υπολογιστικής σκέψης και τους τρόπους που η επιστήμη των υπολογιστών διευκολύνει την επικοινωνία και τη συνεργασία. Βιώνουν την υπολογιστική σκέψη ως μέσο για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που αφορούν, όχι μόνο σε αυτούς, αλλά στον κόσμο γύρω τους. Οι εμπειρίες μάθησης που δημιουργούνται από τα πρότυπα που προτείνονται θα πρέπει να είναι συναφείς με τις εμπειρίες των μαθητών και θα πρέπει να προωθούν τις αντιλήψεις τους για τους εαυτούς τους ως ικανοί να επιλύουν προβλήματα. Πρέπει να σχεδιάζονται με γνώμονα την ενεργητική μάθηση, τη δημιουργικότητα, την εξερεύνηση και μπορούν να διδαχθούν στα μαθήματα της επιστήμης των υπολογιστών ή να ενσωματωθούν σε άλλα μαθήματα όπως είναι τα μαθήματα των κοινωνικών επιστημών, της γλώσσας, των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών.

Επίπεδο 3 (Level 3 - grades 9-12)

Εφαρμογή εννοιών και επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου.

Το επίπεδο 3 διαιρείται σε 3 ξεχωριστά μαθήματα κάθε ένα από τα οποία εστιάζει σε διαφορετικό πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών. Μέσω αυτών των μαθημάτων οι μαθητές θα εμβαθύνουν σε προχωρημένα θέματα της επιστήμης των υπολογιστών τα οποία θα εφαρμόσουν για την ανάπτυξη εικονικών ή πραγματικών τεχνιμάτων. Οι εμπειρίες μάθησης, με βάση τα πρότυπα που προτείνονται, πρέπει να επικεντρώνονται στην εξερεύνηση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου και στην εφαρμογή της υπολογιστικής σκέψης στην ανάπτυξη λύσεων. Πρέπει να σχεδιάζονται με έμφαση στη συνεργατική μάθηση, τη διαχείριση έργου (project management) και την αποτελεσματική επικοινωνία. Το επίπεδο 3 περιλαμβάνει τα ακόλουθα μαθήματα:

Επίπεδο 3A (Level 3A - recommended for grades 9 or 10)

Η επιστήμη των υπολογιστών στον σύγχρονο κόσμο

Το μάθημα αυτό προτείνεται για όλους τους μαθητές. Ο σκοπός του μαθήματος είναι να εδραιώσει την κατανόηση των μαθητών στις αρχές και πρακτικές της επιστήμης των υπολογιστών έτσι ώστε να μπορούν να κάνουν συνειδητές επιλογές και να χρησιμοποιούν τα κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία και τεχνικές σε ό, τι επάγγελμα αποφασίσουν να ακολουθήσουν. Θα πρέπει επίσης να εκτιμήσουν το εύρος της πληροφορικής και την επιρροή της σε κάθε σχεδόν πτυχή της σύγχρονης ζωής. Τέλος, θα πρέπει να κατανοήσουν το κοινωνικό και ηθικό αντίκτυπο των διαφόρων επιλογών τους κατά τη χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών στην εργασία τους και την προσωπική τους ζωή και τις επιλογές που έχουν ήδη γίνει γι' αυτούς από εκείνους που αναπτύσσουν τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν.

Επίπεδο 3B (recommended for grades 10 or 11)**Έννοιες και πρακτικές της επιστήμης των υπολογιστών.**

Το μάθημα αυτό είναι μια πιο βαθιά μελέτη της επιστήμης των υπολογιστών και η σχέση της με τις άλλες επιστήμες και περιλαμβάνει έναν σημαντικό όγκο δραστηριοτήτων που αφορούν την αλγοριθμική επίλυση προβλημάτων και σχετικών εννοιών. Οι μαθητές όταν ολοκληρώσουν αυτό το μάθημα πρέπει να έχουν καταλάβει πλήρως την εφαρμογή της υπολογιστικής σκέψης στην επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Επίσης, πρέπει να έχουν μάθει να δουλεύουν συνεργατικά για την επίλυση προβλημάτων και να χρησιμοποιούν σύγχρονα συνεργατικά εργαλεία κατά τη διάρκεια της εργασίας τους.

Επίπεδο 3C : (recommended for grades 11 or 12)**Θέματα της Επιστήμης των Υπολογιστών**

Είναι ένα προαιρετικό μάθημα που παρέχει τη δυνατότητα εμβάθυνσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή της επιστήμης των υπολογιστών.

Στο άρθρο των Lee et al (2011) προτείνονται τρία στάδια (Χρήση, Τροποποίηση, Δημιουργία) που μπορούν να εφαρμοστούν και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης. Αρχικά οι μαθητές χρησιμοποιούν έτοιμες προσομοιώσεις και μοντέλα, τρέχουν έτοιμα προγράμματα που ελέγχουν τη λειτουργία εκπαιδευτικών ρομπότ ή παίζουν έτοιμα παιχνίδια στον υπολογιστή. Με την πάροδο του χρόνου αρχίζουν να κάνουν τροποποιήσεις και να προσθέτουν πράγματα. Για παράδειγμα, σε ένα παιχνίδι μπορούν να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά ενός ήρωα (π.χ. χρώμα). Τέλος, στο στάδιο της δημιουργίας οι μαθητές δημιουργούν τα δικά τους έργα.

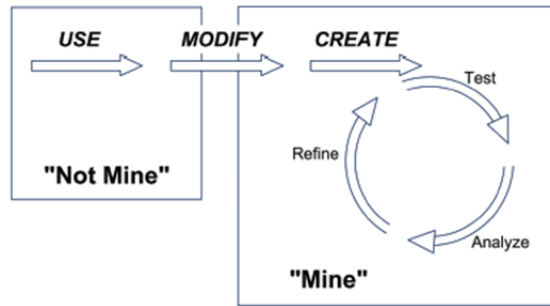
Οι Brennan & Mitchel (2012) προτείνουν την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης μέσω προγραμματιστικών δραστηριοτήτων σε Scratch. Το Scratch είναι μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία είναι κατάλληλη για τη δημιουργία παιχνιδιών, διαδραστικών ιστοριών, κινούμενης εικόνας (animation) και πολλών άλλων προγραμμάτων. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για άτομα από 7 έως 16 χρονών, αλλά χρησιμοποιείται επίσης και από άτομα όλων των ηλικιών. Εκατομμύρια χρήστες δημιουργούν έργα στο Scratch σε διάφορες τοποθεσίες, όπως σπίτια, σχολεία, μουσεία, βιβλιοθήκες και πολιτιστικά κέντρα.

Ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής

Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι ένας τομέας που προάγει την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης (Lee et al, 2011). Σε ένα έργο ρομποτικής οι μαθητές σχεδιάζουν και προγραμματίζουν μια ρομποτική συσκευή και άλλες φυσικές συσκευές με ενσωματωμένο (embedded) κώδικα. Πρέπει να σκεφτούν πώς η ρομποτική συσκευή θα αλληλεπιδρά με το περιβάλλον λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των αισθητήρων. Η διαδικασία της αφαίρεσης λαμβάνει χώρα από την προσπάθεια των μαθητών να σχεδιάσουν ένα ρομπότ που να αντιδράει σε ένα περιορισμένο σύνολο συνθηκών που μπορεί να συναντήσει στον πραγματικό κόσμο. Οι μαθητές προβληματίζονται πώς η ρομποτική συσκευή αντιλαμβάνεται τον κόσμο και πώς τα ερεθίσματα που λαμβάνονται και μεταφέρονται στη συσκευή μέσω των αισθητήρων μετατρέπονται σε αριθμούς και λογικές τιμές. Επίσης προβληματίζονται για το πώς οι τιμές που επιστρέφουν οι αισθητήρες αξιοποιούνται από το πρόγραμμα που εκτελεί η ρομποτική συσκευή. Η διαδικασία της αυτοματοποίησης γίνεται αντιληπτή από τους μαθητές όταν η ρομποτική συσκευή εκτελεί τα προγράμματά τους. Οι μαθητές εμπλέκονται στη διαδικασία της ανάλυσης όταν αποφασίζουν αν η ρομποτική συσκευή συμπεριφέρεται όπως αναμένεται σε πραγματικές συνθήκες. Αν η ρομποτική συσκευή «δεν λειτουργεί σωστά» τότε αυτό σημαίνει ότι η

λύση του προβλήματος που έδωσαν και υλοποίησαν οι μαθητές είναι ελαττωματική ή στο στάδιο της αφαίρεσης δεν έλαβαν υπόψη τους τις καταστάσεις που προέκυψαν.

Στο ίδιο άρθρο (Lee et al, 2011) προτείνεται η χρήση τριών σταδίων (Χρήση - Τροποποίηση - Δημιουργία) για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής.



Εικόνα 4. Στάδια ανάπτυξης υπολογιστικής σκέψης μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής

Στάδιο Χρήσης: Οι μαθητές μαθαίνουν πως να χρησιμοποιούν ένα ρομπότ, να φορτώνουν και να εκτελούν ένα πρόγραμμα σε μια ρομποτική συσκευή.

Στάδιο Τροποποίησης: Οι μαθητές πειραματίζονται τροποποιώντας τα ήδη υπάρχοντα προγράμματα. Κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης οι μαθητές αρχίζουν να καταλαβαίνουν πώς μπορούν να ελέγχουν τους υποκρυπτόμενους μηχανισμούς για να επιφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα, μια δεξιότητα που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα στην δημιουργία πρωτότυπων προγραμμάτων.

Στάδιο Δημιουργίας: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την δημιουργία ενός πρωτότυπου προγράμματος που θα ελέγχει μια ρομποτική συσκευή.

Με την συμμετοχή των μαθητών σε όλα αυτά τα στάδια οι μαθητές αναπτύσσουν τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης μέσα από τις διαδικασίες της αφαίρεσης, της ανάλυσης και της αυτοματοποίησης.

Η εκπαιδευτική ρομποτική έχει γίνει ένα δημοφιλές εκπαιδευτικό εργαλείο σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης αυξάνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών για τον προγραμματισμό. Στην Αμερική και στην Ευρώπη τα νέα προγράμματα σπουδών περιέχουν διδακτικές ενότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής. Το πρόγραμμα σπουδών του ECS (<http://www.exploringcs.org/curriculum>, 23/01/2016), το οποίο κάνει ρητή αναφορά στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης, περιλαμβάνει τις εξής διδακτικές ενότητες:

1. Αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή (4 εβδομάδες)
2. Επίλυση προβλήματος (4 εβδομάδες)
3. Σχεδιασμός δικτυακών τόπων (5 εβδομάδες)
4. Εισαγωγή στον προγραμματισμό (6 εβδομάδες)
5. Πληροφορική και ανάλυση δεδομένων (6 εβδομάδες)
6. Ρομποτική (7 εβδομάδες)

Η διδακτική ενότητα της ρομποτικής κατέχει σημαντικό ρόλο και προτείνονται 7 εβδομάδες. Περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

- Τα χαρακτηριστικά των ρομποτικών συσκευών
- Εξοικείωση με τις ρομποτικές συσκευές και το λογισμικό για τον προγραμματισμό τους
- Σχέδια έρευνας (projects) με ρομποτικές συσκευές

Στο Ηνωμένο Βασίλειο το τελευταίο πρόγραμμα σπουδών για την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση βασίζεται στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και το μάθημα της Επιστήμης των Υπολογιστών διδάσκεται και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση από τον Σεπτέμβριο του 2013. Στον οδηγό του εκπαιδευτικού (<http://goo.gl/NZS6G2>, 24/01/2016) που αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας Computing at School (CAS) προτείνεται για την ενότητα «Έλεγχος και προσομοίωση φυσικών συστημάτων» η χρήση συστημάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής.

Στο άρθρο της Bers (2010) περιγράφεται αναλυτικά ένα πρόγραμμα σπουδών (TangibleK) για μικρά παιδιά το οποίο χρησιμοποιεί την ρομποτική για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και την διαδικασία της μηχανικής σχεδίασης. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει 20 ώρες μαθήματος χωρισμένες σε 6 συνεδρίες:

- Συνεδρία 1: Κατασκευή ρομποτικών συσκευών (μηχανική σχεδίαση)
- Συνεδρία 2: Τι είναι μια ρομποτική συσκευή
- Συνεδρία 3: Δομή ακολουθίας
- Συνεδρία 4: Δομή επανάληψης και αριθμητικοί παράμετροι
- Συνεδρία 5: Αισθητήρες και βρόχοι (loops)
- Συνεδρία 6: Αισθητήρες και διακλαδώσεις (δομή επιλογής)

Κάθε συνεδρία έχει την ίδια λογική: (1) εισάγουμε την νέα έννοια ή την νέα ιδέα με παιγνιώδη τρόπο, (2) χρησιμοποιούμε μια κατασκευαστική ή προγραμματιστική δραστηριότητα για να ενισχύσουμε την νέα έννοια που θέλουμε να κατανοήσουν οι μαθητές, (3) οι μαθητές εργάζονται σε μικρά έργα (ατομικά ή ομαδικά) στα οποία αξιοποιούν την νέα έννοια σε νέο πλαίσιο, (4) τεχνολογικός κύκλος (technology circle) και (5) αξιολόγηση. Μετά την ολοκλήρωση των 6 συνεδριών η τάξη πρέπει να δημιουργήσει ένα τελικό έργο (π.χ. ρομποτική πόλη). Αυτό το έργο είναι μια ευκαιρία για τους μαθητές να επανέλθουν στις έννοιες και στις δεξιότητες που διδάχθηκαν και να τις εφαρμόσουν σε ένα έργο της επιλογής τους. Ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου εξαρτάται από τους στόχους που τέθηκαν, τις προσδοκίες και το πρόγραμμα σπουδών. Τα τελικά αυτά έργα θα προβληθούν σε ειδικές εκδηλώσεις για να γίνουν γνωστά στην ευρύτερη κοινότητα. Η εμπειρία με το πρόγραμμα TangibleK δείχνει ότι δεδομένων των τεχνολογιών της κατάλληλης ηλικίας, του προγράμματος σπουδών και των παιδαγωγικών τεχνικών, τα μικρά παιδιά μπορούν να συμμετάσχουν ενεργά στις δραστηριότητες του προγραμματισμού και της ρομποτικής με τρόπους που συνάδουν με αναπτυξιακά κατάλληλες πρακτικές.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την αξιοποίηση της ρομποτικής στην εκπαίδευση (Eguchi, 2010):

- θεματική προσέγγιση (π.χ. χρήση ρομποτικής για τη μελέτη εννοιών φυσικής)
- βασισμένη σε έργο (project) προσέγγιση (TEReCoP, Teacher Education in Robotics-enhanced Constructivist Pedagogical Methods, www.terecop.eu) (Alimisis, 2009).
- προσέγγιση προσανατολισμένη στην επίτευξη στόχου (πχ. διαγωνισμοί ρομποτικής)

Η δράση των μαθητών κατά την εκπόνηση μιας εργασίας με προγραμματιζόμενες ρομποτικές κατασκευές προτείνεται να οργανωθεί σε μια σειρά από ξεχωριστά αλλά αλληλοσυνδεδεμένα στάδια (Αλιμήσης, 2008). Τα στάδια εργασίας δεν θα πρέπει να κατανοηθούν ως «σειριακά» γεγονότα αλλά ως φάσεις μιας ενιαίας εργασίας που μπορούν να επαναλαμβάνονται με κυκλικό τρόπο ή/και να επικαλύπτονται. Ως τέτοια θα μπορούσαμε να διακρίνουμε (Αλιμήσης, 2008):

Στάδιο εμπλοκής: διατυπώνεται μια πρώτη εκδοχή του προβλήματος και οι μαθητές μέσα από ελεύθερο διάλογο εμπλέκονται στον προσδιορισμό του.

Στάδιο πειραματισμού: οι μαθητές πειραματίζονται με προγραμματιζόμενες απλές μηχανικές δομές (γρανάζια, τροχαλίες, άξονες κλπ.), κινητήρες, αισθητήρες και εξοικειώνονται με το σχετικό λογισμικό, μέσα από απλά προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν με στόχο την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των προγραμματιζόμενων ρομποτικών κατασκευών καθώς και των δυνατοτήτων που αυτές έχουν.

Στάδιο Σύνθεσης και Δημιουργίας: Οι μαθητές καλούνται να συνθέσουν τα επιμέρους στοιχεία και υλικά (προγράμματα) τα οποία παρουσιάστηκαν στην τάξη σε μία τελική μορφή που απαντά στο αρχικό πρόβλημα. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές αυτοοργανώνονται και καταγράφουν την πορεία της δουλειάς τους σε ημερολόγια ή σε φύλλα παρακολούθησης. Η κάθε ομάδα εργάζεται για τη σύνθεση μιας ενιαίας λύσης.

Στάδιο Αξιολόγησης: τα τελικά προϊόντα των ομάδων παρουσιάζονται στην τάξη και αξιολογούνται. Οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν κριτικά την δουλειά τους, να εκφέρουν απόψεις και να συγκρίνουν με βάση τα κριτήρια που έχουν θέσει.

Συμπεράσματα

Οι ικανότητες της Υπολογιστικής Σκέψης θα δώσουν τα απαραίτητα εφόδια στους μαθητές να ανταποκριθούν στις μελλοντικές προκλήσεις. Η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης έχει επηρεάσει την ανάπτυξη όλων των επιστημών και τον σχεδιασμό των προγραμμάτων σπουδών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε όλο τον κόσμο. Το νέο πρόγραμμα σπουδών Πληροφορικής του Δημοτικού και του Γυμνασίου για τη χώρα μας, που εφαρμόζεται πιλοτικά, δεν κάνει ρητή αναφορά στην Υπολογιστική Σκέψη αλλά καλύπτει σε μεγάλη έκταση τις συνιστώσες της έννοιας (Μαυρουδής κ.α., 2014). Στο Λύκειο, παρόλο που υπάρχουν μαθήματα Πληροφορικής (επιλογής και γενικής παιδείας), δεν εισάγεται συστηματικά η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης.

Οι εκπαιδευτικοί Πληροφορικής παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης και πρέπει να ενθαρρυνθούν για να συνεχίσουν τις προσπάθειές τους και με την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού (διδακτικών σεναρίων) που να έχει διαθεματικό και διεπιστημονικό χαρακτήρα. Συμφωνούμε με τις Κοτίνη & Τζελέπη (2012) ότι η συμβολή της επιστημονικής κοινότητας της Πληροφορικής θεωρείται σημαντική για τον σχεδιασμό ενός κατάλληλου παιδαγωγικού και μαθησιακού πλαισίου το οποίο θα παρέχει δυνατότητες ανάπτυξης της Υπολογιστικής Σκέψης σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα και όχι μόνο σε αυτό της Πληροφορικής.

Ενθαρρυντικές είναι οι προσπάθειες του ΙΕΠ με τη λειτουργία της πλατφόρμας ΑΙΣΩΠΟΣ (<http://aesop.iep.edu.gr/>) και του Υπουργείου Παιδείας με τη δημιουργία και λειτουργία του Φωτόδεντρου που είναι ο Εθνικός Συσσωρευτής Εκπαιδευτικού Περιεχομένου για την Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το Φωτόδεντρο αποτελεί την κεντρική e-υπηρεσία του Υπουργείου Παιδείας για την ενοποιημένη αναζήτηση και διάθεση ψηφιακού εκπαιδευτικού περιεχομένου στα σχολεία. Είναι ανοιχτό σε όλους, μαθητές, δασκάλους, γονείς αλλά και κάθε ενδιαφερόμενο. Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί έργα όπως το Open Discovery Space (<http://www.opendiscoveryspace.eu/>) το οποίο αποτελεί μια συντονισμένη πανευρωπαϊκή προσπάθεια με στόχο την ενθάρρυνση και υποστήριξη των σχολείων της Ευρώπης στην εισαγωγή της καινοτομίας και της λογικής των Καλών Πρακτικών, καθώς και στην αξιοποίηση ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία. Πέρα από εκπαιδευτικό υλικό, το Open Discovery Space δίνει τη δυνατότητα σε κάθε σχολείο να δημιουργήσει γρήγορα, εύκολα και χωρίς κόστος τη δική του σχολική πύλη ή στον κάθε εκπαιδευτικό να αναπτύξει τη δική του εκπαιδευτική κοινότητα.

Αναφορές

- Alimisis, D. (2009). Robotic technologies as vehicles of new ways of thinking, about constructivist teaching and learning: the TERCOP Project. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 16(3), 21-23.
- Barr, V. and Chris Stephenson C. (2011), Bringing Computational Thinking to K-12: *What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community*, ACM InRoads 2(1), pp. 48-54.
- Bers, M. U. (2010). *The TangibleK robotics program: Applied computational thinking for young children*. Early Childhood Research & Practice, 12(2), 1–20.
- Brennan, K., Resnick, M. (2012), *Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design*, paper presented at annual AERA meeting, Vancouver, BC, Canada.
- Wing, J. (2006). *Computational thinking*. Ανακτήθηκε 03 Ιανουαρίου, 2016, από <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf>.
- CSTA & ISTE (2009). *COMPUTATIONAL THINKING ACROSS THE CURRICULUM*. Ανακτήθηκε 14 Ιανουαρίου, 2016, από <http://www.csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/CTExamplesTable.pdf>
- CSTA & ACM (2011). *K-12 Computer Science Standards*, NY: CSTA & ACM.
- Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation. In D. Gibson & B. Dodge (eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 4006-4014). Chesapeake, VA: AACE.
- Hockney, R. & Eastwood, J. (1988). *Computer simulation using particles*. Bristol, PA, USA: Taylor & Francis, Inc.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., Werner, L. (2011), *Computational Thinking for Youth in Practice*, ACM InRoads 2(1), pp. 32-37.
- SIAM Working Group on CSE Education (2001). *Graduate Education in CSE*. SIAM Review, 43(1), 163-177
- Shiflet, A.B. & Shiflet, G.W. (2014). *Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences (Second Edition)*. Princeton University Press.
- Yasar, O., & Landau, R. (2003). *Elements of Computational Science & Engineering Education*. SIAM Review, 45(4), 787-805.
- Αλιμήσης, Δ. (2008). *Το προγραμματιστικό περιβάλλον Lego Mindstorms ως εργαλείο υποστήριξης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ρομποτικής*. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής (pp. 273-282).
- Κοτίνη Ι., Τζελέπη Σ. (2012). Η συμβολή της Υπολογιστικής Σκέψης στην προετοιμασία του αυριανού πολίτη. *4th Conference on Informatics in Education*, 221-228. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Μαυρουδή, Ε., Πέτρου, Αρ., Φεσάκης, Τ., (2014). Υπολογιστική Σκέψη: Εννοιολογική εξέλιξη, διεθνείς πρωτοβουλίες και προγράμματα σπουδών, Στο Π.Αναστασιάσης, Ν.Ζαράνης, Β.Οικονομίδης & Μ.Καλογιαννάκης, (Επιμ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτική της Πληροφορικής”*. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο, 3-5 Οκτωβρίου 2014, σελ. 110-120.
- Νικόλός, Δ. (2012). *Μετάφραση ενός άρθρου της Jeanette Wing καθηγήτριας στο τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Carnegie Mellon*. Ανακτήθηκε 26 Ιανουαρίου, 2016, από <http://goo.gl/FGnv7K>.
- Ψυχάρης, Σ. (2009). *Εισαγωγή των Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην Εκπαίδευση*. Τόμος Α'. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.
- Ψυχάρης, Σ. (2015). Η Υπολογιστική Σκέψη/Computational Thinking, το Υπολογιστικό Πείραμα και το STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). *ΔΕΛΤΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ*, Τεύχος 55, 30-35.