

# 3

## Η Υπολογιστική Επιστήμη και η Υπολογιστική Σκέψη στην Εκπαίδευση-Επιστημολογική και Μεθοδολογική Θεώρηση

### Διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου

**Στόχοι:** Ο αναγνώστης μελετώντας το κεφάλαιο θα είναι ικανός:

- να αναγνωρίζει τις βασικές αρχές της επιστήμης των υπολογιστών.
- να αναγνωρίζει τις βασικές αρχές της υπολογιστικής επιστήμης.
- να διακρίνει τις βασικές διαφορές ανάμεσα στην επιστήμη των υπολογιστών και την υπολογιστική επιστήμη.
- να γνωρίζει την έννοια και τις λειτουργίες του μοντέλου.
- να γνωρίζει τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο υπολογιστικό πείραμα.
- να γνωρίζει τις διαστάσεις της υπολογιστικής σκέψης.

**Δεξιότητες:** Ο αναγνώστης μετά τη μελέτη του κεφαλαίου θα είναι ικανός:

- να αποκτήσει δεξιότητες δόμησης υπολογιστικών μοντέλων.
- να αισθάνεται ότι μπορεί να διακρίνει τις βασικές διαστάσεις της υπολογιστικής σκέψης και να τις υλοποιεί σε μαθήματα της ειδικότητάς του.
- να προτείνει δραστηριότητες υπολογιστικής σκέψης.
- να υλοποιεί το υπολογιστικό πείραμα σε συνδυασμό με την υπολογιστική σκέψη.

**Λέξεις κλειδιά:** μοντέλο, επιστήμη των υπολογιστών, υπολογιστική επιστήμη, υπολογιστικό πείραμα, υπολογιστική σκέψη.

### 3.1 Η Επιστήμη των Υπολογιστών (Ε.Υ.)

#### 3.1.1 Η Επιστήμη των Υπολογιστών (computer science), οι ΤΠΕ και η τεχνολογία πληροφορίας (information technology)

Το 1999, το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας στις ΗΠΑ (National Research Council, 1999) ανακοίνωσε ότι είναι πολύ σημαντικό να οριοθετηθεί το πεδίο της Επιστήμης των Υπολογιστών (Ε.Υ.)-Computer Science-ως ένα

ακαδημαϊκό, επαγγελματικό και γνωστικό πεδίο και να αναδειχθούν οι διαφορές του από άλλες επιστήμες, όπως η Διαχείριση Πληροφοριακών Συστημάτων-Management Information Systems (MIS), η Τεχνολογία Πληροφορίας -Information Technology (IT), τα Μαθηματικά κλπ.

Διεθνώς, διεξάγεται μεγάλη συζήτηση για τη σχέση ανάμεσα στην Ε.Υ., τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.), τις Τεχνολογίες Πληροφορίας κλπ. Κατά μία άποψη, οι Τεχνολογίες Πληροφορίας -Information Technology (I.T.) –περιλαμβάνουν την ορθή χρήση των τεχνολογιών, ώστε οι άνθρωποι να χειρίζονται και να μοιράζονται την πληροφορία σε διάφορες μορφές (κείμενο, γραφικά, ήχος, video).

Ενώ η Επιστήμη των Υπολογιστών (Computer Science) και η Τεχνολογία Πληροφορίας (Information Technology) έχουν κοινά σημεία, ωστόσο η μία δεν υποκαθιστά την άλλη. Σύμφωνα με απόψεις, η Ε.Υ. ασχολείται με θέματα μερικά εκ των οποίων επικαλύπτονται με αυτά της Τεχνολογίας Πληροφορίας (Τ.Π), ενώ άλλα δεν έχουν καμία σχέση με αυτά της Τ.Π. Για παράδειγμα η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων είναι θεμελιώδης έννοια στην Ε.Υ. αλλά είναι πολύ πιθανό να μην υπάρχει στο αναλυτικό πρόγραμμα της Τ.Π.

Επίσης, ενώ η Τ.Π είναι ένα εφαρμοσμένο πεδίο της επιστήμης, που «καθοδηγείται» από τα πρακτικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η Ε.Υ., ωστόσο περιλαμβάνει ορισμένες μαθηματικές, επιστημονικές και πρακτικές διαστάσεις.

Μερικές από τις πρακτικές διαστάσεις της Ε.Υ. είναι κοινές με αυτές της Τ.Π όπως η εργασία με κείμενο, γραφικά, ήχο, κείμενο και βίντεο. Αλλά ενώ η Τ.Π. εστιάζει στην μάθηση «πώς να χρησιμοποιούμε και να εφαρμόζουμε αυτά τα εργαλεία», η Ε.Υ. εστιάζει στο μαθηματικό και επιστημονικό υπόβαθρο που βρίσκεται «πίσω» από την πρακτική διάσταση των ΗΥ.

Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι το αναλυτικό πρόγραμμα της Ε.Υ. για την σχολική εκπαίδευση θα πρέπει να είναι διαφορετικό από αυτό της Τεχνολογίας Πληροφορίας. Σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (National Research Council), ΗΠΑ, υπάρχει ένα ελάχιστο σώμα γνώσης σχετικά με την Τ.Π το οποίο θα πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές και το οποίο εστιάζει σε τρεις άξονες (έννοιες, δυνατότητες/ικανότητες, δεξιότητες):

- ▶ **Οι έννοιες** περιλαμβάνουν για παράδειγμα τα δίκτυα, την πληροφορία, την ψηφιακή αναπαράσταση της πληροφορίας, την μοντελοποίηση, την δομή των ΗΥ, τους αλγόριθμους, τις βάσεις δεδομένων, τις κοινωνικές επιπτώσεις της Τεχνολογίας Πληροφορίας.
- ▶ **Οι δυνατότητες/ικανότητες** περιλαμβάνουν για παράδειγμα τις θεμελιώδεις ικανότητες που απαιτούνται για την επίλυση ενός προβλήματος, τις αιτιολογήσεις που χρειάζονται, τους τρόπους οργάνωσης της πληροφορίας, την εξερεύνηση της πληροφορίας, την αξιολόγηση της πληροφορίας, τις μεθόδους επικοινωνίας, τη συνεργατικότητα, κλπ.
- ▶ **Οι δεξιότητες** είναι οι ικανότητες για τη χρήση των ΗΥ στην καθημερινή εργασία, όπως η εγκατάσταση ενός ΗΥ, η χρήση θεμελιωδών χαρακτηριστικών του λειτουργικού συστήματος, η χρήση κειμενογράφων, η σύνδεση στο διαδίκτυο, η χρήση του excel, βάσεων δεδομένων, κλπ.

### ***Η Ε.Υ. και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε) διαφέρουν!***

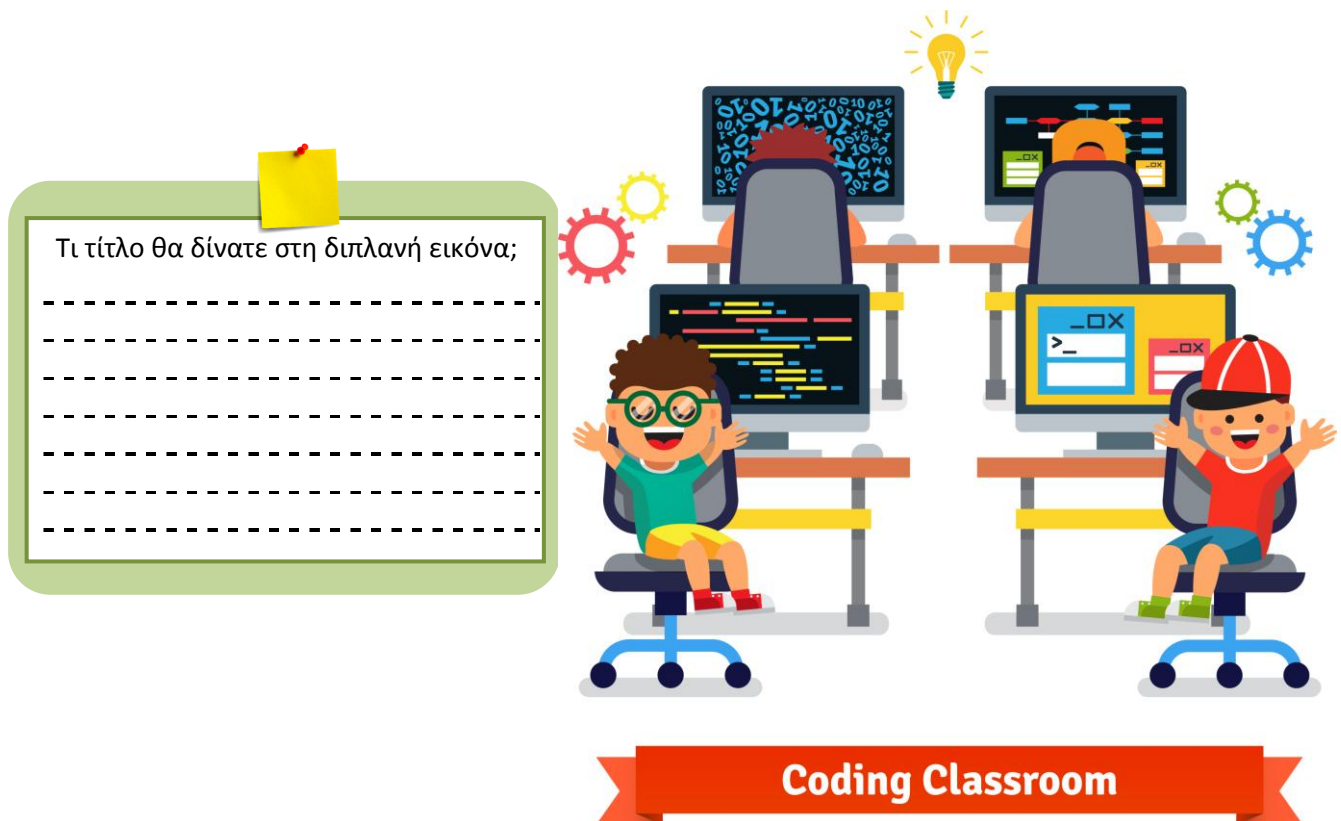
Η Ε.Υ. «διδάσκει» ένα φοιτητή/μαθητή πως θα είναι ένας αποτελεσματικός συγγραφέας-δημιουργός υπολογιστικών εργαλείων (π.χ. λογισμικού), ενώ οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε) «διδάσκουν» με ποιο τρόπο ο φοιτητής/μαθητής θα είναι ένας σκεπτόμενος χρήστης αυτών των εργαλείων. Αλλά αυτή η διάκριση είναι μέρος μόνο της αλήθειας καθώς εστιάζει στενά στους ΗΥ ως «τεχνολογία» ενώ μια έννοια που διατρέχει τελευταία τις ερευνητικές εργασίες-ο υπολογισμός (computing)- είναι κάτι περισσότερο από αυτό και σε αυτό θα πρέπει να «ανταποκριθεί» η Ε.Υ..

Η Ε.Υ. είναι μια γνωστική περιοχή που αναζητά την κατανόηση του κόσμου (φυσικού και τεχνητού) με χρήση υπολογιστικών όρων και υπολογιστικών διεργασιών. Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε την Ε.Υ. ως τη γνωστική περιοχή που συνδέεται με τη μελέτη, την ανάλυση, το σχεδιασμό, την υλοποίηση των συστημάτων των υπολογιστών καθώς και των αρχών που τις διέπουν.

Αντίθετα οι Τ.Π.Ε. ασχολούνται με την «ωφελιμιστική» εφαρμογή των συστημάτων υπολογιστών, την εγκατάσταση και τον προσδιορισμό των λογισμικών που χρειάζονται καθώς και την αξιολόγηση της χρησιμότητάς τους. Σε πολλά κράτη, υπάρχει πρόσφατα η τάση να εμπλέκονται οι μαθητές με την επιστήμη των ΗΥ και όχι να ασχολούνται με την τεχνολογία της πληροφορίας και επικοινωνίας. Μάλιστα, πρόσφατα καθιερώθηκε στις ΗΠΑ η χρήση μιας ώρας κώδικα στη σχολική εκπαίδευση (<http://code.org/hourofcode>),

ακριβώς για να προχωρήσουν στην διδακτική αξιοποίηση της έννοιας του «υπολογισμού» (computing). Σύμφωνα με τους οργανισμούς (ACM/IEEE), μερικά στοιχεία της Επιστήμης των Υπολογιστών (εστιάζουμε σε αυτά που θεωρούμε ότι είναι πιο «κοντά» στην αξιοποίησή τους στην διδακτική και τη σχολική εκπαίδευση) είναι:

- ▶ οι αλγόριθμοι (ανάλυση και ανάπτυξη των αλγορίθμων).
- ▶ ο προγραμματισμός (αλγόριθμοι και επίλυση προβλήματος, αναδρομικότητα, αντικειμενοστραφής προγραμματισμός).
- ▶ η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (Human-Computer Interaction (HCI))-οι αρχές της HCI.
- ▶ η δόμηση γραφικών διεπιφανειών (GUI), θέματα σχετικά με πολυμέσα και συνεργατικά περιβάλλοντα.
- ▶ η διαχείριση της πληροφορίας - Information Management -, συστήματα βάσεων δεδομένων, μοντελοποίηση δεδομένων, εξόρυξη δεδομένων, υπερμέσα, ψηφιακές βιβλιοθήκες, κλπ.
- ▶ τα ευφυή συστήματα- Intelligent Systems-, αναπαράσταση της γνώσης, ρομποτική, μηχανική μάθηση, κλπ.
- ▶ κοινωνικά και επαγγελματικά θέματα - Social and Professional Issues –ζητήματα δεοντολογίας, responsible research, πνευματικών δικαιωμάτων, η επίδραση του διαδικτύου κλπ.



### 3.1.2 Η Επιστήμη των Υπολογιστών (Ε.Υ.) στην εκπαίδευση

Το 2012, σε πολλές χώρες έγιναν έντονες συζητήσεις για την εισαγωγή της Επιστήμης των Υπολογιστών στην εκπαίδευση και ως συνέπεια αυτού, τα τμήματα εκπαίδευσης που εκπαιδεύαν εκπαιδευτικούς για να διδάξουν τις Τ.Π.Ε στα σχολεία, άλλαξαν τα αναλυτικά τους προγράμματα ώστε να συμπεριλάβουν την Ε.Υ. σε αυτά. Για παράδειγμα, στην Μ. Βρετανία (Computer Science as a school subject. Seizing the opportunity, Computing at School Working Group-<http://www.computingatschool.org.uk>), τέθηκαν τα θέματα εισαγωγής της Επιστήμης των Υπολογιστών στα σχολεία και στα τμήματα Εκπαίδευσης των Εκπαιδευτικών. Αρχικά, τέθηκαν οι άξονες για την εισαγωγή της Επιστήμης των Υπολογιστών στη σχολική εκπαίδευση, και έγινε θεωρητική ανάλυση για την Ε.Υ. σε θέματα όπως:

1. Η Ε.Υ. είναι μια γνωστική περιοχή όπως τα Μαθηματικά, η Φυσική, η Ιστορία κλπ και έχει το δικό της σώμα γνώσης όπως και τις δικές της τεχνικές.
2. Η Ε.Υ. είναι ένα «μάθημα» κατάλληλο και για τη σχολική εκπαίδευση (μάλιστα από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση) και όχι μόνο για την τριτοβάθμια εκπαίδευση.
3. Η Ε.Υ. είναι πολύ σημαντική και για τη διδακτική/παιδαγωγική. Όπως με τις επιστήμες της Φυσικής, Χημείας, Μαθηματικών, κλπ, όπου ο μαθητής έχει την ευκαιρία να μάθει τις διεργασίες και τις αρχές/νόμους που οδήγησαν στις εξηγήσεις φαινομένων σε αυτά τα γνωστικά πεδία, έτσι μέσω της επιστήμης των υπολογιστών μπορεί να μάθει με ποιο τρόπο δημιουργούνται και λειτουργούν τα ψηφιακά συστήματα. Αυτή η γνώση απαιτεί και δεξιότητες που μεταφέρονται και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, η συγγραφή ενός προγράμματος (με χρήση κώδικα) ενώ φαίνεται αρχικά να είναι μια εσωτερική διαδικασία, θεωρείται εν τούτοις ότι είναι μια διαδικασία που είναι κατάλληλη για να αναστοχασθεί ένας μαθητής (a child can come to thinking about thinking). Παρόμοια η αποσφαλμάτωση (is the closest process to learning) ενός προγράμματος θεωρείται μια πολύ σημαντική διαδικασία για να «μαθαίνει ο μαθητής πώς να μαθαίνει»- και συνδέεται με τις μεταγνωστικές εμπειρίες. Επίσης, η Ε.Υ. θεωρείται ότι μπορεί –με κατάλληλες τροποποιήσεις- να ενσωματώσει την επίλυση προβλήματος με σαφή και λογικό τρόπο.

Έτσι η Ε.Υ. στην εκπαίδευση θα πρέπει να περιλαμβάνει τη μελέτη του τρόπου λειτουργίας των υπολογιστών και των υπολογιστικών συστημάτων, καθώς και τις βασικές αρχές της θεωρίας της πληροφορίας και του τρόπου υπολογισμού (computation/computing) τόσο σε τεχνικά συστήματα όσο και στα φυσικά συστήματα.

**Ειδικότερα η Ε.Υ. στην εκπαίδευση θα πρέπει να περιλαμβάνει:**

- ▶ **Τους αλγορίθμους**, δηλαδή επαναχρησιμοποιούμενες διαδικασίες με τη μορφή ακολουθίας βημάτων.
- ▶ **Τις «δομές δεδομένων»**, δηλαδή τους τρόπους να οργανωθούν τα δεδομένα ώστε να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα σε μια εφαρμογή, ειδικά σε διδακτικά μοντέλα που είδαμε στα οποία χρειάζεται η ανάλυση δεδομένων
- ▶ **Τα «προγράμματα»**, τα οποία καθοδηγούν τον ΗΥ ποιες ενέργειες ακριβώς πρέπει να κάνει. Κάθε πρόγραμμα είναι γραμμένο σε μια γλώσσα προγραμματισμού με διαφορετικές δυνατότητες. Οι «καλές» γλώσσες προγραμματισμού ενσωματώνουν πολλούς «αφαιρετικούς» μηχανισμούς (π.χ. Python) που επιτρέπουν σε τμήματα του κώδικα να γραφούν μια φορά και στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται σε άλλες εφαρμογές χωρίς αναφορά στην αρχική δομή.
- ▶ **Την αρχιτεκτονική**, η οποία θα περιγράφει σε μεγάλη κλίμακα την δομή των υπολογιστικών συστημάτων. Διεπαφές hardware και software απαιτούνται για αλληλεπιδράσεις με άλλες οντότητες, π.χ. για τον έλεγχο ενός χημικού εργοστασίου ή την αλληλεπίδραση με άλλα άτομα.
- ▶ **Την επικοινωνία**. Όλα σχεδόν τα υπολογιστικά συστήματα αποτελούνται από συλλογές από υποσυστήματα, το καθένα από τα οποία τρέχει ένα δικό του πρόγραμμα και επικοινωνεί με τα υπόλοιπα, στέλνοντας μηνύματα και τροποποιώντας την διαμοιρασμένη μνήμη.

### 3.1.2.1 Υπολογιστικές μέθοδοι (Computing Methods) στην Ε.Υ.

Πέρα από τις παραπάνω έννοιες από την Ε.Υ., υπάρχουν οι λεγόμενες «**υπολογιστικές μέθοδοι**», οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την “ολοκλήρωση της Ε.Υ. στην εκπαίδευση. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν:

- 1 **Την μοντελοποίηση**: αναπαράσταση επιλεγμένων οντοτήτων μιας πραγματικής κατάστασης σε ένα Η/Υ. Αυτή περιλαμβάνει και την μοντελοποίηση φαινομένων αλλά και κατασκευών που θα δοκιμασθούν αλλά και τη μοντελοποίηση φυσικών συστημάτων, ώστε να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε τη συμπεριφορά τους.
- 2 **Την ανάλυση**: αυτή η μέθοδος αναφέρεται στην ανάλυση ενός προβλήματος σε επιμέρους προβλήματα(διάσπαση) και επίσης την ταξινόμηση των δεδομένων σε κατηγορίες μέσω ομοιοτήτων και συγκρίσεων, ώστε να τα αξιοποιήσει ο χρήστης ανάλογα με το τμήμα του προβλήματος που θα ασχοληθεί.

**3 Τη γενίκευση:** η γενίκευση αναφέρεται στη γενίκευση ενός αλγορίθμου ή προτύπου(pattern) δεδομένων σε προβλήματα που έχουν γενικότερη φύση από το ειδικό πρόβλημα για το οποίο κατασκευάστηκαν. Η γενίκευση συχνά ακολουθείται από ανακάλυψη νέων εφαρμογών.

**Ανακεφαλαίωση:** η Ε.Υ. «ανήκει» στα γνωστικά αντικείμενα του STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) και διαμοιράζεται στοιχεία με τα γνωστικά αντικείμενα του STEM. Σύμφωνα με τον οργανισμό Computing at School Working Group, <http://www.computingschool.org.uk>, October 2011), η Ε.Υ.:

- ▶ Έχει τις δικές της θεωρητικές θεμελιώσεις και χρησιμοποιεί τα μαθηματικά, ενώ περιλαμβάνει εφαρμογές που στηρίζονται στη λογική, την διάσπαση και την αιτιολόγηση.
- ▶ Περιλαμβάνει την επιστημονική προσέγγιση για να πραγματοποιούνται μετρήσεις και πειράματα.
- ▶ Περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την κατασκευή και τον έλεγχο καλής λειτουργίας τεχνουργημάτων.
- ▶ Για να εφαρμοσθεί απαιτεί την κατανόηση μεγάλου φάσματος τεχνολογιών.
- ▶ Η Ε.Υ. –όταν συνδέεται με τον λεγόμενο υπολογισμό (Computing) - παρέχει τα εργαλεία στους μαθητές για να ασχοληθούν με προβλήματα από άλλες επιστήμες, που αποτελεί και το ζητούμενο.

Όλα τα παραπάνω συνθέτουν μια εικόνα που μας οδηγεί σε μια πρώτη ένταξη της Ε.Υ. με τις άλλες γνωστικές περιοχές του STEM. Ωστόσο, ο μετασχηματισμός από την επιστημολογία της Ε.Υ. στην επιστημολογία του STEM θεωρούμε ότι είναι ένα ζητούμενο που θα επιχειρήσουμε να απαντήσουμε μέσω αυτού του εγχειριδίου. Η ολοκλήρωση αυτή θα περάσει μέσα από την ανάδειξη των εργαλείων της Ε.Υ. που πηγαίνουν πέρα από τις Τ.Π.Ε και αξιοποιούνται για επίλυση πραγματικών-αυθεντικών προβλημάτων.

Για την **ολοκλήρωση** της Ε.Υ. με το STEM θα χρειαστούμε να αναφερθούμε **στην Υπολογιστική Επιστήμη (Υ.Ε.,ΠΡΟΣΞΕΤΕ όχι Ε.Υ.!) και τον Υπολογιστικό Τρόπο Σκέψης**. Από μόνη της η Ε.Υ. δεν μπορεί να θεωρηθεί -παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που μας προσφέρει ως γνωστική περιοχή- ότι εντάσσεται από μόνη της στο επιστημολογικό περιεχόμενο του STEM και για αυτό θα αναζητήσουμε τους τρόπους με τους οποίους η Ε.Υ. θα μπορεί να ενταχθεί στην δια-επιστημονικότητα του STEM για την εκπαίδευση.

## 3.2 Η Υπολογιστική Σκέψη (Υ.Σ.) (Computational Thinking)

### 3.2.1 Εισαγωγή

Στην πρόταση της CSTA-Computer Science Standards,

[https://www.csteachers.org/page/CSTA\\_Standards\\_2016](https://www.csteachers.org/page/CSTA_Standards_2016)

για την Ε.Υ. στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, γίνεται εμφατικά αναφορά στην Υπολογιστική Σκέψη (Υ.Σ). Η Υ.Σ. μπορεί να αξιοποιηθεί σε όλες τις επιστήμες για την επίλυση προβλημάτων κατά την CSTA η Υ.Σ. θεωρείται μέθοδος επίλυσης προβλήματος (αν και υπάρχει αρκετή συζήτηση αν είναι μέθοδος επίλυσης προβλήματος)-, το σχεδιασμό συστημάτων, τη δημιουργία νέας γνώσης και την κατανόηση των λειτουργιών και των περιορισμών των υπολογιστικών συστημάτων.

Η Wing (2006) αναφέρει ότι η Υ.Σ. είναι μια βασική ικανότητα που πρέπει να έχουν οι εκπαιδευόμενοι συμπληρωματικά με τις άλλες τρεις βασικές δεξιότητες, την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική. Η Υ.Σ. περιλαμβάνει την επίλυση προβλήματος, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, βασιζόμενη σε έννοιες που είναι πολύ σημαντικές επίσης για την Ε.Υ. Η Υ.Σ. περιλαμβάνει επίσης μία σειρά νοητικών εργαλείων που αντανακλούν το εύρος του πεδίου της επιστήμης των υπολογιστών (Wing, 2006). Η Wing δεν όρισε με ακρίβεια τον όρο Υ.Σ. και η φύση της Υ.Σ. ήταν ατελώς προσδιορισμένη. Μετά την Wing, πολλοί ερευνητές έκαναν προσπάθειες ενός πληρέστερου προσδιορι-



QR 3.1: Δραστηριότητα στην Υ.Σ. - 1

<http://qr.tziola.gr/vdKYG> <http://>