

**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://>

σμού του όρου αυτού (π.χ. Barr & Stephenson, 2011; Denning, 2007,2009,2011; Grover & Pea, 2013; Guzdial,2008, 2012; NRC 2010,2011).

<http://eprints.soton.ac.uk/372410/1/372410UnderstdCT.pdf>

Χρησιμοποιώντας έρευνα σε έγκυρες βάσεις δεδομένων (π.χ. Web of Science and Citations, Engineering Village, Google Scholar, IEEE Explore, ACM Digital Library, Lecture Notes in Computer Science, PsycINFO, ERIC, the British Education Index), είναι φανερό ότι οι ερευνητές έχουν αντικρουόμενες απόψεις για τον προσδιορισμό της έννοιας της Υ.Σ.

Ο Guzdial (2012) προτείνει ότι δεν θα πρέπει να εστιάσουμε σε ένα «στενό» ορισμό. Προτείνει επίσης μια μετατόπιση από τον εννοιολογικό προσδιορισμό της Υ.Σ. στον τρόπο που αυτή θα ενταχθεί στη διδακτική-μαθησιακή ακολουθία και πώς θα πρέπει να υπάρχουν δείκτες αξιοποίησης αυτής από τους μαθητές. Ο Cuny (NRC, 2010) θέτει επίσης το θέμα της αξιολόγησης της Υ.Σ. εφόσον αυτή ενταχθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα. Αν δεν καταλήξουμε σε ένα κοινά αποδεκτό ορισμό της Υ.Σ. θα είναι δύσκολο να αναπτύξουμε εργαλεία αξιολόγησης τα οποία θα μετρούν έγκυρα την ικανότητα να σκεφθούν «υπολογιστικά» οι εκπαιδευόμενοι. Αρχικά, οι κοινά αποδεκτές διαστάσεις που περιέχονταν στην Υ.Σ. ήταν:

- α) η «νοητική διαδικασία»,
- β) η «αφαιρετική» σκέψη και
- γ) η «τμηματοποίηση» του προβλήματος.

#### ► Η νοητική διαδικασία- Σύλληψη εννοιών

Όταν πρωτοεισηγήαγε τον όρο Υ.Σ. η Wing (2006), τον περιέγραψε ως ένα τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευόμενοι σκέφτονται ώστε να λύνουν προβλήματα. Συνεχίζοντας ,στο πνεύμα της Wing, ο Guzdial (2008) αναφέρεται στην Υ.Σ. ως ένα τρόπο για να σκεφτόμαστε για τον τρόπο που σκεφτόμαστε σχετικά με υπολογισμούς , ενώ ο Denning (2011)επέκτεινε την έννοια της Υ.Σ. ώστε να συμπεριλάβει τα προβλήματα ως πληροφοριακές διαδικασίες και τις λύσεις τους με τη μορφή αλγορίθμων. Ο Aho (2012) επίσης θεωρεί ότι η νοητική διαδικασία που περιλαμβάνεται στην Υ.Σ. σχετίζεται με τον μετασχηματισμό του προβλήματος προς επίλυση, ώστε η διατύπωση του προβλήματος και η λύση του να μπορεί να εκφραστεί με τη μορφή αλγορίθμου(βλ. και Λαζάρου,2015).

#### ► Η αφαιρετική σκέψη

Η αφαιρετική σκέψη θεωρείται ότι έχει πολλά επίπεδα και θα πρέπει να προσδιορισθούν τα σύνορα ανάμεσα σε αυτά τα επίπεδα (Wing, 2007). Ο Denning (2011) επίσης αναγνωρίζει ότι η αφαιρετική σκέψη είναι πολύ σημαντική και πρέπει να περιλαμβάνεται στην Υ.Σ. παράλληλα με τον προγραμματισμό. Κατά την διαδικασία της «αφαίρεσης» στην Υπολογιστική Σκέψη, καθορίζονται οι λεπτομέρειες που θα αγνοηθούν και αυτές στις οποίες θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή. Συνήθως γίνεται επεξεργασία δυο ή περισσότερων επιπέδων ταυτόχρονα, το ένα είναι το επίπεδο που έχει ενδιαφέρον και το άλλο είναι το κάτω ή το επάνω από αυτό της αφαίρεσης και συνήθως γίνεται επεξεργασία δυο η περισσότερων επιπέδων κατά τη διάρκεια της επίλυσης του προβλήματος.

Η εφαρμογή της «αφαίρεσης» στην Διδακτική μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη μοντέλων που μπορούν να προσομοιωθούν και επίσης στην διασφάλιση της εγκυρότητας των μοντέλων, ενώ μπορεί επίσης να βοηθήσει στην πρόβλεψη και την γενίκευση αποτελεσμάτων (βλ. και παρακάτω όπου θα συζητηθούν η έννοια του μοντέλου και οι χώροι του υπολογιστικού πειράματος). Με την αφαιρετική σκέψη οι εκπαιδευόμενοι μπορούν επίσης να αναγνωρίσουν κοινά μοντέλα –και δομές- μεταξύ διαφορετικών επιστημών (σκεφθείτε για παράδειγμα το νόμο της εκθετικής μείωσης σε πόσες επιστήμες εμφανίζεται).

#### ► Η τμηματοποίηση

Τέλος, η «τμηματοποίηση» του προβλήματος είναι το τρίτο κοινά αποδεκτό στοιχείο της Υ.Σ. Οι συμμετέχοντες του πρώτου workshop για την Υ.Σ. (NRC, 2010) θεώρησαν την «τμηματοποίηση» ως στοιχείο της Υ.Σ. Ο Guzdial (2012) επίσης θεωρεί την «τμηματοποίηση» ως βασικό στοιχείο της Υ.Σ. Για την Β/θμια εκπαίδευση, οι Yevseyeva & Towhidnejad (2012) επίσης χρησιμοποιούν την «τμηματοποίηση» ως θεμελιώδες στοιχείο της Υ.Σ.

### 3.2.2. Η Υ.Σ. και άλλοι «τύποι» σκέψης

Αν και η έννοια της Υ.Σ. αντιπροσωπεύει μια γνωστική διαδικασία, υπάρχουν ερευνητικές εργασίες που θεωρούν ότι θα πρέπει να ενταχθούν σε αυτήν και άλλοι «τύποι» σκέψης. Αυτοί οι τύποι είναι: η λογική σκέψη, η αλγοριθμική σκέψη, η «σκέψη των μηχανικών» και η «μαθηματική σκέψη» (<http://eprints.soton.ac.uk/372410/>). Η Wing (2006) θεωρεί ότι η Υ.Σ. περιλαμβάνει και «ευρετικές» αιτιολογήσεις για την ανεύρεση λύσεων στα προβλήματα. Ο Guzdial (2012) επίσης περιλαμβάνει την «ευρετική» αιτιολόγηση ως κατάλληλο εργαλείο όταν εμπλεκόμαστε με την Υ.Σ.

Οι L'Heureux κ.α. (2012), στον προσδιορισμό της έννοιας της Υ.Σ. εντάσσουν και τη λογική σκέψη ως την δεξιότητα ανάπτυξης και ελέγχου υποθέσεων. Η Υ.Σ. συνδέεται με την επιστήμη των μηχανικών ακριβώς γιατί τα υπολογιστικά συστήματα αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο εκτελώντας λειτουργίες. Ωστόσο, η Υ.Σ. μπορεί να προχωρήσει ακόμα περισσότερο γιατί δεν θα περιορισθεί μόνο σε πραγματικά συστήματα, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε εικονικά συστήματα. Παρατηρούμε επομένως ότι η Υ.Σ. (που αργότερα θα την συνδέσουμε με το STEM), συνδέεται με τις γνωστικές περιοχές του STEM, αλλά προχωρά πιο πέρα συνδέοντας αυτές και προτείνοντας επεκτάσεις.

Σύμφωνα με τον Schoenfeld (1992) όταν οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται στη «μαθηματική σκέψη», τότε έχει η αναπτυχθεί η ικανότητα αξιολόγησης της «μαθηματοποίησης», της αφαιρετικής διαδικασίας, της δεξιότητας χρήσης μαθηματικών εργαλείων και της «διάθεσης» για χρήση μαθηματικών εννοιών για την δόμηση άλλων εννοιών και κατασκευών.

Η Wing (2007) δηλώνει ότι η Επιστήμη των Υπολογιστών (Ε.Υ.) στηρίζεται στα Μαθηματικά και ο Sussman (NRC, 2010) επιβεβαιώνει ότι η μαθηματική σκέψη «περιστρέφεται» γύρω από «αφηρημένες» δομές όπως και η Υ.Σ. Οι Zhang και Luo (2012) προτείνουν την Υ.Σ. ως «ολοκλήρωση» της μαθηματικής σκέψης και της «σκέψης των μηχανικών».

Ο όρος αλγόριθμος αναφέρεται σε μία επαναληπτική διαδικασία η οποία θα «εξασφαλίσει» μία προτεινόμενη λύση με την εφαρμογή/αξιοποίηση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας και ακολουθίας γεγονότων. Οι Mingus & Grassl (1998) υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία των αλγόριθμων αναπτύσσει την «αλγοριθμική σκέψη». (βλ. και Διπλωματική Εργασία, Ρήνιου, 2008).

Όσον αφορά την αλγοριθμική σκέψη, ενώ στο αρχικό της άρθρο η Wing (2006) δεν χρησιμοποιεί αυτό τον όρο και προτιμά τον όρο «ευρετικός», στη συνέχεια το 2011 επεκτείνει τον ορισμό της Υ.Σ. ώστε να συμπεριλάβει και την αλγοριθμική σκέψη (Wing, 2011). Ο Moursund (NRC, 2010) εισηγείται ότι η Υ.Σ. σχετίζεται με την ιδέα της «διαδικαστικής» σκέψης όπως προτάθηκε από τον Seymour Papert στις «Mindstorms», ενώ ερευνητικές εργασίες τονίζουν την ανάγκη της σύνδεσης της διαδικαστικής και της εννοιολογικής γνώσης κατά την υλοποίηση των βημάτων ενός αλγορίθμου. Άλλοι ερευνητές προσδιορίζουν επίσης πλαίσια χρησιμοποίησης των αλγορίθμων πέραν αυτών της Υπολογιστικής Επιστήμης (Yevseyeva & Towhidnejad, 2012). Ερευνητές περιλαμβάνουν επίσης στην Υ.Σ. τον εντοπισμό προτύπων (μοτίβο) ώστε να ορίσουμε πρότυπα με τη μορφή που αυτά εμφανίσθηκαν, να ερμηνεύσουμε αυτά τα πρότυπα, να μοντελοποιήσουμε και να προβλέψουμε φαινόμενα (όλα αυτά θα τα καλούμε αναγνώριση προτύπων). Η Υ.Σ. επομένως μπορεί να θεωρηθεί ως «meta-science» που ολοκληρώνει τις επιστήμες, την επιστήμη των υπολογιστών, τα μαθηματικά και την επιστήμη των μηχανικών, ενώ ταυτόχρονα μελετά μεθόδους σκέψης που εφαρμόζονται σε πολλές διαφορετικές επιστήμες (NRC, 2010).

### 3.2.3 Οι τελικές (;) διαστάσεις της Υ.Σ.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να καταλήξουμε ότι κοινά αποδεκτά στοιχεία της Υ.Σ. είναι τα εξής:

1. **Η «αφαιρετική» σκέψη.** Η αφαιρετική σκέψη είναι μια νοητική διαδικασία με την οποία κατανοούμε καλύτερα ένα τεχνούργημα μέσω της παράλειψης της μη αναγκαίας λεπτομέρειας. Η βασική δεξιότητα στην αφαιρετική σκέψη είναι η σωστή επιλογή της λεπτομέρειας που θα παραλειφθεί, ώστε το πρόβλημα να είναι ευκολότερο και πιο «εύχρηστο», χωρίς όμως απώλεια της πληροφορίας. Σημαντικό ρόλο στην αφαιρετική σκέψη παίζει και η σωστή αναπαράσταση τους συστήματος, καθώς διαφορετικές αναπαραστάσεις οδηγούν σε διαφορετικές μεθόδους επίλυσης με διαφορετική δυσκολία καθώς και σε διαφορετικά αφαιρετικά επίπεδα (βλ. και Csizmadia κ.α., 2015). Ο «υπολογιστικός τρόπος σκέψης» απαιτεί πολλαπλά επίπεδα «αφαίρεσης», ενώ οι διάφορες έννοιες θα πρέπει να συνδέονται συνεκτικά μεταξύ τους στα διάφορα επίπεδα της αφαίρεσης. Η αφαιρετική σκέψη και οι αφαιρετικές αναπαραστάσεις θα βοηθήσουν τους εκπαιδευόμενους να αναγνωρίζουν επίσης το μοντέλο ενός πραγματικού φαινομένου, να ελέγχουν τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου και θα μπορούν να

αναλύσουν τα δεδομένα του μοντέλου (τα δεδομένα ενός μοντέλου είναι οι τιμές από ένα φυσικό, εικονικό ή υπολογιστικό πείραμα), ενώ κατά τη διαδικασία αυτή μπορούν να δημιουργήσουν υποενότητες του μοντέλου που θα περιέχουν ορισμένες από τις μεταβλητές.

2. **Η «ολοκλήρωση» της μαθηματικής σκέψης, της αλγοριθμικής σκέψης (αναγνώριση αλλά και δημιουργία αλγορίθμων) και τεχνικών από την επιστήμη των μηχανικών και την αριθμητική ανάλυση για διδακτική αναπλαισίωση/παιδαγωγική αξιοποίηση.** Δεδομένου του καθοριστικού ρόλου των μαθηματικών σε όλες τις θετικές επιστήμες, ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης χρησιμοποιεί τα μαθηματικά και μεθοδολογίες από τις επιστήμες των μηχανικών και τις φυσικές επιστήμες, ώστε να δημιουργήσει συστήματα που αντιστοιχούν σε αυτά του πραγματικού κόσμου αλλά και σε εικονικά συστήματα. Οι περιορισμοί των υπολογιστικών συσκευών ωστόσο οδηγούν τους επιστήμονες να σκεφθούν «υπολογιστικά», όχι μόνο μαθηματικά, αρκετές φορές διακριτικοποιώντας τα συστήματα και άλλες φορές χρησιμοποιώντας στοχαστικές μεθόδους. Έτσι, αρκετές φορές θα χρειασθούμε αλγορίθμους με προσεγγιστικές μεθόδους από την αριθμητική ανάλυση για να λύσουμε προβλήματα αρχικών ή ακραίων τιμών.
3. **Ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης οδηγεί σε «ιδέες» και όχι μόνο σε «τεχνουργήματα».** Ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης δεν είναι μόνο το λογισμικό και το υλικό, αλλά είναι οι «υπολογιστικές» έννοιες που αξιοποιούμε για να λύσουμε αυθεντικά προβλήματα και να επικοινωνήσουμε με άλλους ανθρώπους, ενώ πολύ συχνά χρειάζεται οι εκπαιδευόμενοι να εμπλακούν στην υπολογιστική σκέψη μέσω unplugged δραστηριοτήτων για να λύσουν προβλήματα.
4. **Η δομοστοιχείωση (Modularity)** περιγράφει την εκτέλεση συγκεκριμένων επαναληπτικών ενεργειών για μια συγκεκριμένη δράση (Barr & Stephenson, 2011), χρησιμοποιώντας αρκετές φορές έτοιμες υπορουτίνες που θα εκτελούν την ίδια λειτουργία για διαφορετικά φαινόμενα. Πολλές φορές λέγεται ότι καλός μηχανικός λογισμικού είναι ο «τεμπέλης» μηχανικός που χρησιμοποιεί πολύ συχνά τις ίδιες υπορουτίνες σε διάφορα τμήματα διαφορετικών προβλημάτων
5. **Η τμηματοποίηση (Decomposition)** που αντιστοιχεί στην διαδικασία να δημιουργούνται μη αναγώγιμα «τμήματα» του προβλήματος (που δεν μπορούν να τμηματοποιηθούν περαιτέρω) που στη συνέχεια θα «ολοκληρωθούν» για να λυθεί το πρόβλημα (Selby & Woollard, 2013), ενώ λειτουργούν αυτόνομα.
6. **Η αποσφαλμάτωση (Debugging).** Η αποσφαλμάτωση αναφέρεται και από τον Papert (1980) ως μια βασική συνιστώσα-διαδικασία της Υ.Σ. καθώς και από την Wing (2006) και συνδέεται με τον προγραμματισμό ως βασική διαδικασία της Υ.Σ. Η αποσφαλμάτωση στον προγραμματισμό συνδέεται με τον προσδιορισμό των λαθών σε έναν αλγόριθμο, ο οποίος θα πρέπει να διορθωθεί καθώς τα «μη λογικά» αποτελέσματα πιθανώς να μην οφείλονται στο μοντέλο αλλά στην μη σωστή υλοποίηση του αλγόριθμου (Kazimoglu κ.α., 2012). Κατά τον διδακτικό σχεδιασμό (βλ. κεφάλαιο 2) είναι θετικόνά δοαχωρίζετε τους μαθητές σας σε ομάδες και να τους δίνετε «λάθος» κώδικα ο οποίος θα συζητηθεί μεταξύ των διαφορετικών ομάδων, ενώ αυτή η διαδικασία θεωρείται ότι ευνοεί την μεταγνωστική εμπειρία.
7. **Ο εντοπισμός προτύπων (μοτίβο)** ώστε να ορίσουμε πρότυπα, να ερμηνεύσουμε αυτά τα πρότυπα με αξιοποίηση νόμων από τις επιστήμες αλλά και να αναγνωρίσουμε. Ο εντοπισμός προτύπων δεν έχει εφαρμογή μόνο στις επιστήμες του STEM. Μπορείτε να σκεφθείτε παραδείγματα απο την τέχνη για να εντοπίσετε πολλά πρότυπα.
8. **Η γενίκευση** περιγράφει τα μοτίβα, τις ομοιότητες τους και διασυνδέσεις τους. Επίσης σχετίζεται με την αναγνώριση μοτίβων, όσον αφορά τον τύπο δεδομένων που θα συλλέξει ο μαθητής, αλλά και η γνώση ότι κάποιες διαδικασίες είναι ίδιες, άρα γενικεύσιμες. Η γνώση ότι κάποιιοι αλγόριθμοι επιλύουν όχι μόνο ένα πρόβλημα, αλλά μια ομάδα παρόμοιων προβλημάτων ανήκει στη γενίκευση (Csizmadia κ.α., 2015). Πρόκειται για μια «έξυπνη» μέθοδο επίλυσης νέων προβλημάτων που βασίζεται στην εμπειρία από προηγούμενες μεθόδους. Ανάμεσα στις βασικές ερωτήσεις που πρέπει να τίθενται είναι: «είναι αυτό το πρόβλημα παρόμοιο με κάποιο που έχω ήδη λύσει;», ή «σε ποιό σημείο αυτό το πρόβλημα είναι διαφορετικό από τα προηγούμενα που έχω ήδη λύσει;». Εδώ ο αναγνώστης θα αναγνωρίσει ορισμένα στοιχεία από την μέθοδο του Roula (Κεφάλαιο 2).

Από τις προηγούμενες ερευνητικές εργασίες έχουν προκύψει ορισμένες κοινά αποδεκτές διαστάσεις της Υ.Σ. που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει τις διαστάσεις της Υ.Σ. όπως εμφανίζονται σε πέντε άρθρα που επιλέχθηκαν βάση του αριθμού (πλήθους) των ετεροαναφορών τους.

**Πίνακας 3.1: Διαστάσεις της Υ.Σ.**

Barr & Stephenson, 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αφαιρετική σκέψη, Αλγόριθμοι και διαδικασίες, Αυτοματοποίηση- η υλοποίηση του υπολογισμού σε συστήματα, Τμηματοποίηση του Προβλήματος-η διαδικασία διάσπασης του προβλήματος σε μικρότερα τμήματα που μπορούν να επιλυθούν ευκολότερα, Προσομοίωση, Κατανεμημένη επεξεργασία, συνεισφορά από διαφορετικά υπολογιστικά προγράμματα.</li> </ul>
Lee κ.α., 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αφαιρετική σκέψη, Αυτοματοποίηση, Ανάλυση.</li> </ul>
Grover & Pea, 2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αφαιρετική σκέψη και αναγνώριση προτύπων, Αλγόριθμοι και διαγράμματα ροής Συμβατική Λογική, Δομοστοιχείωση – Modularity-Δομημένη τμηματοποίηση του προβλήματος. Η διαδικασία επαναχρησιμοποίησης επαναλαμβανόμενων εντολών για μια συγκεκριμένη λειτουργία, αποτελεσματικότητα, επαναληπτικές διαδικασίες, συμβολικές αναπαραστάσεις.</li> </ul>
Selby & Woollard, 2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αφαιρετική Σκέψη, Αλγοριθμική Σκέψη, Αξιολόγηση (δεδομένων), Γενικεύσεις.</li> </ul>
Angeli κ.α, 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αφαιρετική Σκέψη, Αλγόριθμοι (συμπεριλαμβάνει και την έννοια της αλληλουχίας και της ακολουθίας), Τμηματοποίηση, Αποσφαλμάτωση, Γενίκευση.</li> </ul>

Ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης π.χ. στη Βιολογία προχωρά πέρα από την ικανότητα να ερευνήσουμε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, αναζητώντας πρότυπα (patterns) στα δεδομένα και αλγόριθμους (οι αφαιρετικές δομές και μέθοδοι του υπολογιστικού τρόπου σκέψης) που θα αναπαριστούν τη δομή των πρωτεϊνών και θα αναδεικνύουν τη λειτουργία τους. Παρόμοια, η «υπολογιστική θεωρία παιγνίων» αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι οικονομολόγοι. Επίσης, το nanocomputing αλλάζει τον τρόπο σκέψης των φυσικών και χημικών όπως επίσης και το quantum computing. Παρακάτω, όταν θα μιλήσουμε για τα στάδια της ανακαλυπτικής μάθησης θα παρατηρήσουμε ότι τα στάδια αυτής μπορούν να συνδεθούν με την Υ.Σ.

Η Υ.Σ. έχει απασχολήσει και την Google, η οποία την συνδέει με την διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Σύμφωνα με την Google (2017), η Υ.Σ. είναι μια διαδικασία επίλυσης προβλήματος που περιλαμβάνει μια σειρά από χαρακτηριστικά, όπως τη λογική οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, τη δημιουργία λύσεων που χρησιμοποιούν μια σειρά από καθορισμένα βήματα (ή αλγόριθμους), την αναγνώριση προτύπων, την διάσπαση του προβλήματος και τις διαθέσεις-τάσεις των εκπαιδευόμενων, όπως για παράδειγμα είναι η ικανότητα να χειρίζεσαι με αυτοπεποίθηση πολύπλοκα και ανοιχτά προβλήματα.

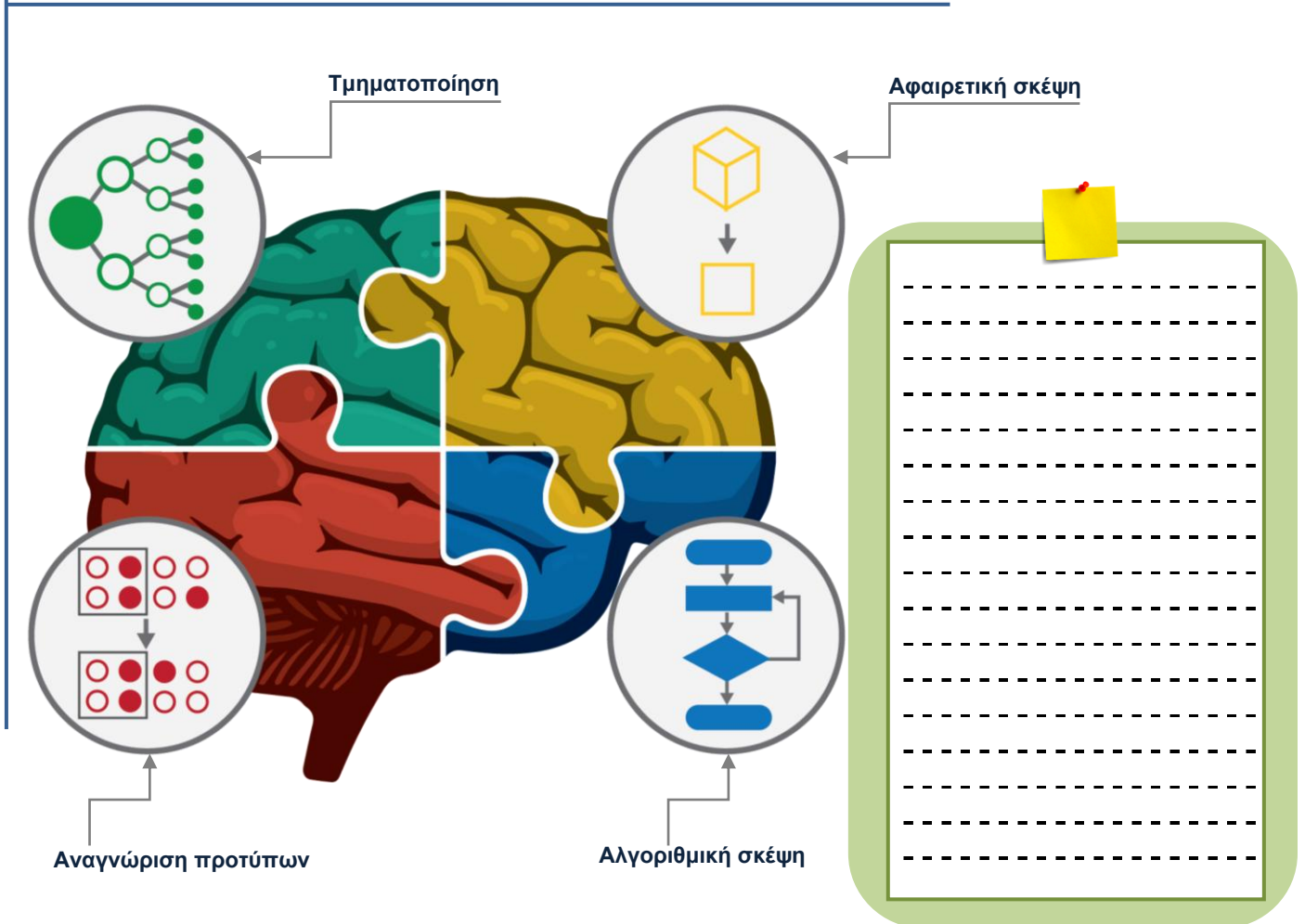
Η Υ.Σ. είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των εφαρμογών για υπολογιστές, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει την επίλυση προβλημάτων σε όλους τους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των μαθηματικών, των φυσικών επιστημών, της ψυχολογίας και των ανθρωπιστικών επιστημών. Ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης μπορεί να θεωρηθεί επίσης ως η διαδικασία της αναγνώρισης των ποσοτήτων που μπορούν να υπολογισθούν (φυσικές ποσότητες, κατασκευές, κλπ.) και επίσης η εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών για να υλοποιηθεί ο υπολογισμός ο οποίος θα καταλήγει όχι μόνο σε αριθμητικές τιμές αλλά θα βοηθά για την κατανόηση και αιτιολόγηση των τεχνικών ή φυσικών διαδικασιών που εμπλέκονται στον υπολογισμό (Wing, 2006). Σύμφωνα επίσης με την αναφορά:

**'Computing at School Working Group', <http://www.computingschool.org.uk>,**

η Υ.Σ. είναι ένας τρόπος σκέψης που διαπερνά τα λογισμικά, και παρέχει ένα πλαίσιο για να δίνουμε αιτιολογήσεις για την λειτουργία των συστημάτων, την επίλυση προβλημάτων και την εξήγηση των φαινομένων και μπορεί να θεωρηθεί και ως μέθοδος επίλυσης προβλήματος. Ολοκληρώνοντας την σύντομη

μελέτη μας για την Υ.Σ. από τις παραπάνω αναφορές, καταλήγουμε στο ότι η Υ.Σ. περιλαμβάνει συνοπτικά, ως πρακτικό οδηγό (βλέπε και παρακάτω εικόνα) τα εξής:

Η Υ.Σ. στην πράξη (<http://www.bbc.co.uk/education/guides/zp92mp3/revision>).



Ορισμένοι ερευνητές θεωρούν ότι η Υ.Σ. δεν χαρακτηρίζεται μόνο από δεξιότητες-ικανότητες -όπως εμφανίστηκε μέχρι τώρα- αλλά χαρακτηρίζεται επίσης από στάσεις/διαθέσεις, όπως εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας3.2: Στάσεις που αναπτύσσονται με την Υ.Σ.

Αναφορά	Υ.Σ. Διαθέσεις
Barr, Harisson & Coney (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αυτοπεποίθηση για εργασία με πολύπλοκα προβλήματα.</li> <li>▶ Επιμονή για εργασία με διαφορετικού τύπου προβλήματα.</li> <li>▶ Θετική στάση για την αντιμετώπιση των ασαφειών στα προβλήματα.</li> <li>▶ Θετική στάση για την εργασία με ανοικτού τύπου προβλήματα.</li> <li>▶ Θετική στάση για συνεργασία για την λύση προβλημάτων.</li> </ul>
Woolard, 2016	Θετική στάση για: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Δημιουργία τεχνουργημάτων.</li> <li>▶ Δημιουργικότητα.</li> <li>▶ Συνεργασία.</li> </ul>
Weintrop κ.α., 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Αυτοπεποίθηση για εργασία με πολύπλοκα προβλήματα.</li> <li>▶ Συνεργατικότητα.</li> <li>▶ Θετική στάση για την εργασία με ανοικτού τύπου προβλήματα.</li> </ul>