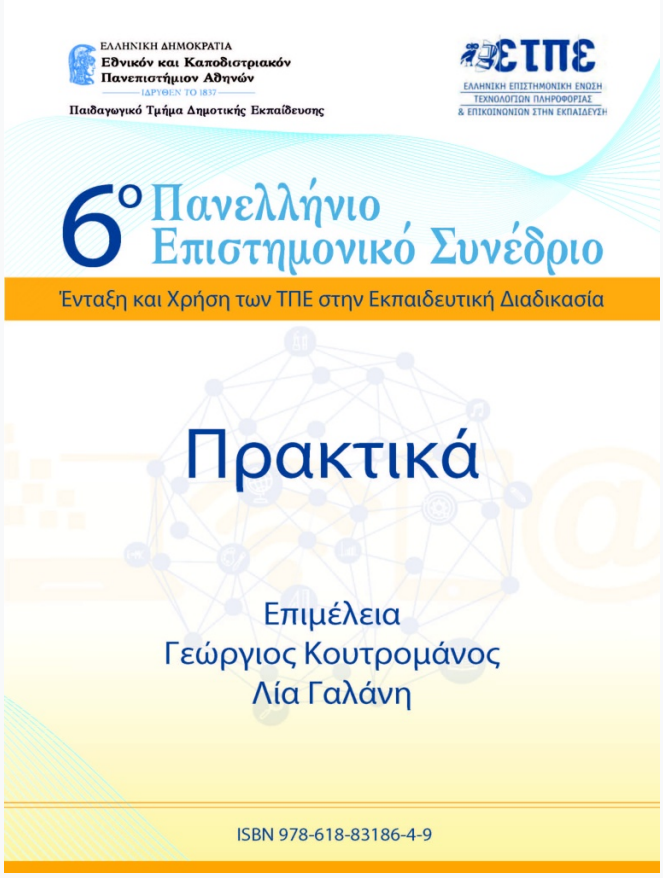
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2019)

6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



Σύγχρονες προσεγγίσεις εννοιολόγησης, «διδασκαλίας» και αξιολόγησης της Υπολογιστικής Σκέψης

Ιωάννης Βουρλέτσης, Παναγιώτης Πολίτης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Βουρλέτσης Ι., & Πολίτης Π. (2022). Σύγχρονες προσεγγίσεις εννοιολόγησης, «διδασκαλίας» και αξιολόγησης της Υπολογιστικής Σκέψης. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 514–525. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3671

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 20/01/2026 01:57:36

Σύγχρονες προσεγγίσεις εννοιολόγησης, «διδασκαλίας» και αξιολόγησης της Υπολογιστικής Σκέψης

Ιωάννης Βουρλέτσης, Παναγιώτης Πολίτης
vourlets@uth.gr, ppol@uth.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking), μια νοητική δραστηριότητα που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων (χωρίς να περιορίζεται σ' αυτή) και έχει ως θεμελιώδη λίθο τη διαδικασία της αφαίρεσης (abstraction) για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας, θεωρείται ως ένα απαραίτητο σύνολο δεξιοτήτων για τον μαθητή του 21ου αιώνα. Ο πρώτος ορισμός της Υπολογιστικής Σκέψης διατυπώθηκε το 2006 και αρκετά χρόνια αργότερα ο ίδιος συνεχίζει να αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία οι ερευνητές προτείνουν αναθεωρήσεις του. Η πληθώρα των μοντέλων που προτείνονται για τις συνιστώσες της Υπολογιστικής Σκέψης οδήγησε σε διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη και την αξιολόγησή της. Παρόλο που η διεθνής βιβλιογραφία βρίθει διδακτικών προσεγγίσεων, η έρευνα για την αξιολόγηση της Υπολογιστικής Σκέψης βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, σημείο στο οποίο εστιάζει η κριτική της. Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η παρουσίαση των πιο πρόσφατων εξελίξεων σε βασικά ζητήματα που σχετίζονται με την Υπολογιστική Σκέψη.

Λέξεις κλειδιά: Υπολογιστική σκέψη (ΥΣ), Διδακτικά εργαλεία, Αξιολόγηση υπολογιστικής σκέψης, Οριοθετημένη βιβλιογραφική ανασκόπηση

Εισαγωγή

Ο όρος Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking), στο εξής ΥΣ, εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1980, όταν ο Seymour Papert οραματίστηκε τη χρήση των υπολογισμών για τη δημιουργία νέας γνώσης και την αξιοποίηση των υπολογιστών για την ενίσχυση της σκέψης (Papert, 1980). Η ιδέα της ΥΣ ήταν ακόμη παλαιότερη, αλλά ιδιαίτερη φήμη άρχισε να αποκτά το 2006, όταν η Jeannette Wing την περιέγραψε ως ένα εύρος νοητικών εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, που βασίζεται σε θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών έννοιες και θεωρείται το ίδιο σημαντικό με την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική (Wing, 2006).

Τις δηλώσεις της Wing διαδέχθηκε ακαδημαϊκός διάλογος πολλών χρόνων, που κατέληξε σε σχετική συναίνεση για το περιεχόμενο του όρου. Η συναίνεση αυτή συνέβαλε στην ενσωμάτωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση πολλών χωρών και υπαγορεύτηκε τόσο από την επιδίωξη για ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα από τους μαθητές, όσο και από την ανάγκη για την προετοιμασία ένταξής τους στην αγορά εργασίας του σύγχρονου ψηφιακού κόσμου (Bocconi et al., 2016). Ο προγραμματισμός του ηλεκτρονικού υπολογιστή αποτελεί την κυρίαρχη στρατηγική καλλιέργειας (Flórez et al., 2017) και αξιολόγησης (Adams et al., 2019) της ΥΣ, αν και, σύμφωνα με τη Wing (2006, p. 34), «η ΥΣ είναι κάτι περισσότερο από το να είσαι σε θέση να προγραμματίζεις έναν υπολογιστή, καθώς απαιτεί σκέψη σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης».

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η παρουσίαση των πιο πρόσφατων δεδομένων που διαμορφώνουν το τοπίο της ΥΣ σε παγκόσμια κλίμακα. Ειδικότερα, παρουσιάζονται οι πιο πρόσφατες διατυπώσεις για το περιεχόμενο του όρου της ΥΣ, οι διδακτικές προσεγγίσεις που

Γ. Κουτρομάνος, Λ. Γαλάνη (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 514-525, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 18-20 Οκτωβρίου 2019. ISBN 978-618-83186-4-9.

κυριαρχούν για την καλλιέργειά της, τα επικρατέστερα εργαλεία στην προσπάθεια για την αποτελεσματική της αξιολόγηση και κάποια σημεία προβληματισμού που εκφράζονται από την επιστημονική κοινότητα στις μέρες μας.

Μεθοδολογία

Επιδιώκοντας την παρουσίαση των πιο σύγχρονων εξελίξεων στον τομέα της ΥΣ, πραγματοποιήθηκε μια οριοθετημένη βιβλιογραφική ανασκόπηση (scoping review), που περιλαμβάνει δημοσιεύσεις των τελευταίων τεσσάρων ετών. Οι οριοθετημένες βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις δεν είναι εξαντλητικές και σκοπεύουν να «καθορίσουν την έκταση, το εύρος και τη φύση της ερευνητικής δραστηριότητας σε μια θεματική περιοχή» (Pham et al., 2014, p. 371), παρουσιάζοντας ευρήματα μελετών που έχουν βασιστεί σε διαφορετική μεθοδολογία. Για τη διεξαγωγή της ανασκόπησης, εφαρμόστηκε το πλαίσιο που προτείνεται από τους Arksey & O'Malley (2005) και αποτελείται από πέντε στάδια. Έτσι, αρχικά προσδιορίστηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα, στη συνέχεια εντοπίστηκαν σχετικές μελέτες και απ' αυτές κάποιες απορρίφθηκαν, έπειτα καταγράφηκαν τα δεδομένα και τέλος, πραγματοποιήθηκε σύνοψη και παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Οι πιο πρόσφατοι ορισμοί της ΥΣ, οι διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξή της, οι μέθοδοι για την αξιολόγησή της και τα σημεία κριτικής γι' αυτήν αποτέλεσαν τα σημεία στα οποία εστίασε η βιβλιογραφική αναζήτηση.

Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε κατά το πρώτο πεντάμηνο του 2019 και αποκλειστικά με ηλεκτρονικό τρόπο, περιλαμβάνοντας δημοσιευμένα επιστημονικά άρθρα και βιβλία σε μεγάλες βάσεις δεδομένων (ACM Digital Library, ERIC, IEEE Xplore, ScienceDirect, και Springer Link), όπως και δημοσιεύσεις άρθρων σε ιστοσελίδες παγκόσμιων οργανισμών. Η αναζήτηση έλαβε χώρα, ακόμα, αφενός με προσπέλαση των ιστοσελίδων των βάσεων δεδομένων και αφετέρου με χρήση της μηχανής αναζήτησης ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας, Google Scholar. Η κύριος όρος αναζήτησης ήταν η «Υπολογιστική Σκέψη» ("Computational Thinking"), σε συνδυασμό με άλλους, σχετικούς με τις θεματικές που επιδιώκει να καλύψει η παρούσα ανασκόπηση, όπως «ορισμοί» και «συνιστώσες» ("definition" ή "components"), «διδακτικές προσεγγίσεις» ("tools" ή "methods" ή "activities"), «αξιολόγηση» ("assessment" ή "measurement" ή "evaluation") και «κριτική» ("critique" ή "limitations").

Η συλλογή των δεδομένων κατέληξε σε 203 τεκμήρια, από τα οποία συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα μόνο όσα είχαν δημοσιευτεί από τον Ιανουάριο του 2016 και έπειτα και των οποίων ο τίτλος ήταν σχετικός με τα ερευνητικά ερωτήματα. Εξαίρεση αποτέλεσαν οι αναφορές στους Papert (1980) και Wing (2006), λόγω της σπουδαιότητας του έργου τους για την εξέλιξη της έννοιας της ΥΣ. Σε επόμενο στάδιο, πραγματοποιήθηκε μελέτη των περιλήψεων των άρθρων, όπως και των συμπερασμάτων τους και απορρίφθηκαν τα τεκμήρια που δεν ανταποκρίνονταν στους σκοπούς της έρευνας, με αποτέλεσμα η έρευνα να συμπεριλάβει 64 κείμενα. Βασικό κριτήριο για τη συμπερίληψη ή την απόρριψη ενός κειμένου αποτέλεσε η ανταπόκριση στα ερευνητικά ερωτήματα, ενώ απορρίφθηκαν εκείνα που δεν ήταν γραμμένα στην ελληνική ή αγγλική γλώσσα και δεν ήταν δημοσιευμένα σε διεθνώς αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά (peer- reviewed).

Η αναζήτηση του ορισμού

Η αντίληψη για το περιεχόμενο του όρου ΥΣ έχει υποστεί αρκετές διαφοροποιήσεις στο πέρασμα του χρόνου· Αν και είχε χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά από τον Papert (1980), επανήλθε το 2006, όταν χρησιμοποιήθηκε από την Jeannette Wing σε ένα άρθρο της που άσκησε μεγάλη επιρροή στις εξελίξεις της τρέχουσας δεκαετίας στο πεδίο της χρήσης της Πληροφορικής στην εκπαίδευση. Στο άρθρο αυτό όρισε την ΥΣ ως «μια στάση και ένα σύνολο

δεξιοτήτων που έχουν καθολική εφαρμογή και θα έπρεπε όλοι, όχι μόνο οι επιστήμονες του τομέα των υπολογιστών, να είναι πρόθυμοι να μάθουν και να χρησιμοποιούν» και ως τέτοιο σύνολο «περιλαμβάνει την επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, βασιζόμενη σε έννοιες που είναι θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών» (Wing, 2006, p. 33). Ο ορισμός αυτός αποτέλεσε τη βάση πάνω στην οποία διατυπώθηκαν άλλοι ορισμοί, ακόμα και από την ίδια την Wing, που αναθεώρησε και συμπλήρωσε την προηγούμενη διατύπωσή της.

Πρόσφατα, οι Grover & Pea (2018, p. 21) όρισαν την ΥΣ ως τις «διαδικασίες της σκέψης που εμπλέκονται στη διατύπωση των προβλημάτων και την έκφραση των λύσεών τους, με τέτοιον τρόπο, ώστε ένας υπολογιστής- άνθρωπος ή μηχανή- να μπορεί να εκτελέσει». Η Διεθνής Κοινωνία για την Τεχνολογία στην Εκπαίδευση (International Society for Technology in Education ή ISTE) αντιμετωπίζει την ΥΣ ως μια προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων, η οποία περιλαμβάνει μια σειρά από χαρακτηριστικά, όπως τη μορφοποίηση των προβλημάτων με τέτοιον τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η επίλυσή τους από υπολογιστή, τη λογική οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, την αναπαράσταση δεδομένων μέσω αφαιρέσεων (μοντέλα και προσομοιώσεις), την αυτοματοποίηση λύσεων μέσω αλγοριθμικού τρόπου σκέψης και τη μεταφορά αυτής της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων σε μια ευρεία ποικιλία προβλημάτων (ISTE, 2019). Επιπλέον, γίνεται αναφορά όχι μόνο σε έννοιες (concepts) και πρακτικές (practices) της ΥΣ, αλλά και σε στάσεις (dispositions ή attitudes) απέναντι στην ΥΣ, που σχετίζονται με την εξοικείωση με ανοιχτού τύπου προβλήματα και την αντιμετώπιση του λάθους ως μιας ευκαιρίας για μάθηση και καινοτομία. Κατά τους Bell et al. (2018), που πρεσβεύουν την ανάπτυξη της ΥΣ χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, η ΥΣ αποτελείται από την αλγοριθμική σκέψη (algorithmic thinking), την αφαίρεση (abstraction), την αποδόμηση του προβλήματος (decomposition), την πραγματοποίηση γενικεύσεων (generalizing) και τα μοτίβα (patterns), την αξιολόγηση (evaluation) και τη λογική (logic).

Πίνακας 1. Το 3D Hybrid CT Framework (Adams et al., 2019, p. 280)

Έννοιες της ΥΣ (CT concepts)	**Πρακτικές της ΥΣ (CT Practices)**	**Θεωρήσεις της ΥΣ (CT Perspectives)**
Λογική και λογική σκέψη (Logic and logical thinking)	Αποδόμηση προβλήματος (Problem decomposition)	Δημιουργία (Creation)
Αλγόριθμοι/ αλγοριθμικές δεξιότητες και σκέψη (Algorithms/ Algorithmic skills and thinking)	Δοκιμή και εκσφαλμάτωση (Testing and debugging)	Αυτό-έκφραση (Self-expression)
Αναγνώριση μοτίβων (Pattern recognition)	Επίλυση προβλήματος (Problem solving)	Επικοινωνία (Communication)
Αφαίρεση (Abstraction)	Οργάνωση (Organization)	Συνεργασία (Collaboration)
Γενίκευση (Generalization)	Σχεδιασμός (Planning)	Διατύπωση ερωτήσεων (Questioning)
Αξιολόγηση (Evaluation)	Τμηματοποίηση και μοντελοποίηση (Modularizing and modeling)	Αναστοχασμός (Reflection)
Αυτοματισμοί (Automation)	Προσαύξηση και επανάληψη (Being incremental and iterative)	Μεταφορά δεξιοτήτων (Skill Transfer)
Δεδομένα (Data)	Διαδραστικότητα χρήστη (User interactivity)	
Συγχρονισμός (Synchronization)		

Βασιζόμενοι εν μέρει στο μοντέλο των Grover & Pea (2018) και πραγματοποιώντας μια ανασκόπηση των μοντέλων αξιολόγησης της ΥΣ που έχουν προταθεί κατά τα τελευταία χρόνια, οι Adams et al. (2019) καταλήγουν σε ένα τρισδιάστατο, υβριδικό πλαίσιο της ΥΣ, που αποτελείται από έννοιες, πρακτικές και θεωρήσεις της ΥΣ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Οι διδακτικές προσεγγίσεις

Οι δραστηριότητες προγραμματισμού, είτε με τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, είτε χωρίς αυτές, έχουν αποτελέσει την κύρια στρατηγική καλλιέργειας των δεξιοτήτων της ΥΣ κατά τα τελευταία χρόνια (Flórez et al., 2017; Kalelioglu et al., 2016; Lockwood & Mooney, 2018a; Moreno-León et al., 2018). Στις περιπτώσεις των ερευνών που αφορούν την ανάπτυξη της ΥΣ και αξιοποιήθηκαν ηλεκτρονικές συσκευές, κυριάρχησαν τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα βασισμένα σε πλακίδια (block- based), που αποτελούν την κατηγορία των περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού (visual programming) με την πιο συχνή αξιοποίηση για την εισαγωγή αρχαρίων σε έννοιες και πρακτικές της ΥΣ, αλλά και ο προγραμματισμός φυσικών αντικειμένων. Ωστόσο, όπως φαίνεται στη συνέχεια, αρκετά διαδεδομένη είναι και η προσέγγιση της διδασκαλίας της ΥΣ χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, μέσα από «αποσυνδεδεμένες» (“unplugged”) δραστηριότητες.

Περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού

Στα περιβάλλοντα αυτής της κατηγορίας οι χρήστες προγραμματίζουν με οπτικό τρόπο μια ακολουθία εντολών ενώνοντας πλακίδια, καθένα από τα οποία φέρει μια εντολή (Moreno-León et al., 2018). Μόνο πλακίδια που φέρουν συμβατές μεταξύ τους εντολές μπορούν να συνδεθούν και ο περιορισμός αυτός στη σύνθεση των προγραμμάτων, υποβοηθούμενος από τα σχήματα και τα χρώματα των πλακιδίων, εξασφαλίζει την αποτροπή των συντακτικών λαθών (Sáez-López et al., 2016). Για τον λόγο αυτό, οι Weintrop & Wilensky (2017) ορίζουν τα περιβάλλοντα προγραμματισμού αυτού του είδους ως ένα υποσύνολο της ευρύτερης ομάδας των δομημένων συντακτών, οι οποίοι εξασφαλίζουν ότι μόνο ένας κόμβος μπορεί να προστεθεί στο Αφηρημένο Συντακτικό Δέντρο (Abstract Syntax Tree ή AST).

Ενστάσεις έχουν διατυπωθεί αναφορικά με τον βαθμό στον οποίο τα λογισμικά οπτικού προγραμματισμού μπορούν να αξιοποιηθούν για την κατασκευή προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας, όπως εκείνα που περιλαμβάνουν πολύπλοκους μαθηματικούς τύπους ή λογικές συναρτήσεις (Weintrop & Wilensky, 2017). Οι Good & Howland (2017) πραγματοποίησαν εμπειρικές έρευνες για τη διερεύνηση ενδεχόμενων διαφορών μεταξύ ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού που βασίζεται σε κώδικα και ενός περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού ως προς την επίδραση στη μάθηση αρχάριων προγραμματιστών, διαπιστώνοντας ότι ένα πρόγραμμα που είναι γραμμένο σε κώδικα μπορεί να παρέχει περισσότερες πληροφορίες για το ίδιο το πρόγραμμα, ενώ αναπαριστάμενο γραφικά, μπορεί άλλες φορές να είναι πιο εύκολα κατανοητό και άλλες να δημιουργεί παρανοήσεις.

Έχει φανεί ότι ένα λογισμικό οπτικού προγραμματισμού όπως το Scratch μπορεί να βοηθήσει μαθητές ειδικής αγωγής της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να αναπτύξουν δεξιότητες που σχετίζονται με την ΥΣ όταν είναι ενταγμένες σε ένα πλαίσιο ανάπτυξης μαθηματικών εννοιών (Snodgrass et al., 2016). Επιπλέον, στο ίδιο πλαίσιο, αλλά μεταξύ μαθητών τυπικής ανάπτυξης, παρατηρήθηκε ενίσχυση της λογικομαθηματικής σκέψης (Korkmaz, 2016), ενώ άλλοτε παρατηρήθηκε βελτίωση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Hayes & Stewart, 2016; Kallia & Psycharis, 2017) και άλλοτε όχι (Falloon, 2016). Οι έρευνες των Grover et al. (2016) έδειξαν ότι οι μαθητές 11- 14 ετών που εργάζονται σε περιβάλλοντα προγραμματισμού βασισμένα σε πλακίδια σημειώνουν σημαντικά μαθησιακά οφέλη στην ανάπτυξη της

αλγοριθμικής σκέψης και στην κατανόηση της επιστήμης των υπολογιστών ως αυτόνομου γνωστικού αντικειμένου.

Η εμπλοκή σε κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες εντός ενός περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού μπορεί να επιδράσει θετικά όχι μόνο στην κατάκτηση εννοιών του προγραμματισμού, αλλά και στην ενίσχυση των κινήτρων για μάθηση μαθητών όλων των βαθμίδων (Basawapatna, 2016; Chao, 2016), αλλά και μελλοντικών εκπαιδευτικών (Erol & Kurt, 2017; Marcelino et al., 2018; Yukselturk & Altiok, 2017). Φαίνεται, ακόμα, πως η εμπλοκή των μαθητών σε εποικοδομητικού τύπου δραστηριότητες με τη χρήση ενός περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού μπορεί να ενισχύσει τον βαθμό στον οποίο θεωρούν ότι συμμετέχουν ενεργά στη μάθησή τους (Falloon, 2016; Sáez-López et al., 2016), αλλά και την αντίληψη για την αυτοαποτελεσματικότητά τους στη χρήση των νέων τεχνολογιών (Yukselturk & Altiok, 2017). Τέλος, κατά τους Dasgupta et al. (2016), φαίνεται πως, καθώς οι νεαροί μαθητές εμπλουτίζουν έργα άλλων δημιουργών, μπορούν να έρθουν σε επαφή με έννοιες της ΥΣ και να τις χρησιμοποιήσουν συχνότερα στα μελλοντικά δικά τους έργα, μια διαπίστωση που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη από τους σχεδιαστές κοινωνικών υπολογιστικών συστημάτων (social computing systems).

Προγραμματισμός στην πραγματική ζωή/ φυσικό κόσμο

Ένα ακόμη εργαλείο που έχουν στη διάθεσή τους οι διδάσκοντες για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ των μαθητών τους είναι η παραγωγή αλγόριθμων των οποίων τα αποτελέσματα γίνονται άμεσα φανερά σε φυσικά αντικείμενα. Στην κατηγορία αυτή κυριαρχεί η διαφοροποίηση ανάμεσα στα προγραμματιζόμενα παιχνίδια, τα οποία ενσωματώνουν ένα σύστημα πλήκτρων για τον άμεσο προγραμματισμό των ενεργειών τους, και των ρομποτικών κατασκευών, οι οποίες ελέγχονται από τις εντολές που περιλαμβάνονται σε έναν πηγαίο κώδικα (source code), γραμμένο σε μια ψηφιακή συσκευή (Moreno-León et al., 2018). Χαρακτηριστικό παράδειγμα προγραμματιζόμενου παιχνιδιού συνιστά το "CyberPLAYce", ένα «απτό, διαδραστικό, κυβερνο-φυσικό» εκπαιδευτικό εργαλείο για παιδιά, που καλλιεργεί την ΥΣ μέσω της δημιουργίας αφηγήσεων (Soleimani et al., 2016, p. 157). Πρόκειται για ένα προγραμματιζόμενο παιχνίδι με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την επέκταση της κυβερνο- μάθησης (cyber- learning) στη διάσταση του χώρου, όπου τα παιδιά κατασκευάζουν νοήματα σε μεγαλύτερη φυσική κλίμακα.

Βασικό λόγο επιλογής του υλικού αυτού του είδους αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές παρατηρούν άμεσα τις λειτουργίες των κατασκευών τους καθώς αυτές αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο και συνεπώς τα λάθη που ενδεχομένως έχουν κάνει κατά τον προγραμματισμό τους, εμπλεκόμενοι σε μια αυθόρμητη διαδικασία εκσφαλμάτωσης (Flórez et al., 2017; Sullivan & Heffernan, 2016). Πέρα απ' τη λειτουργία αυτή, ειδικά για το υλικό εκπαιδευτικής ρομποτικής έχει φανεί πως μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ, δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και δεξιοτήτων συνεργασίας (Atmatzidou & Demetriadis, 2016; Filippov et al. 2017; Kandlhofer & Steinbauer, 2016; Sullivan & Bers, 2016). Τέλος, η εμπλοκή παιδιών προσχολικής ηλικίας σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής φαίνεται ότι μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της εργαζόμενης μνήμης (working memory), προωθώντας την ανάπτυξη των επιτελεστικών λειτουργιών (executive functions) τους (Di Lieto et al., 2017).

Δραστηριότητες "Unplugged"

Οι δραστηριότητες προγραμματισμού χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών περιλαμβάνουν παιχνίδια λογικής, κάρτες, σπάγκους και σωματικές κινήσεις και στάσεις, που αντιπροσωπεύουν έννοιες της ΥΣ, όπως τους αλγόριθμους (Brackmann et al., 2017;

Moreno-León et al., 2018). Σύμφωνα με τους Kotsopoulos et al. (2017), η εκμάθηση μιας γλώσσας προγραμματισμού μπορεί να συνιστά εμπόδιο κατά την ανάπτυξη της ΥΣ και γι' αυτό προτείνουν ένα παιδαγωγικό πλαίσιο της ΥΣ (Computational Thinking Pedagogical Framework ή CTPF) με τέσσερα διαδοχικά στάδια, το πρώτο από τα οποία προβλέπει την ενασχόληση των μαθητών με «αποσυνδεδεμένες» δραστηριότητες (unplugged). Στη συνέχεια προβλέπονται παρεμβάσεις τους σε ήδη υπάρχοντα έργα (tinkering), έπειτα κατασκευή νέων έργων (making) και τέλος παραμετροποίηση έργων για τη χρήση τους σε άλλο πλαίσιο ή για άλλο σκοπό (remixing).

Οι Tatar et al. (2017, p. 65) έκαναν λόγο για την «πρωτο- υπολογιστική σκέψη» (proto-computational thinking) ως τις «πτυχές της σκέψης που μπορεί να μη συγκεντρώνουν όλα τα χαρακτηριστικά της ΥΣ με τρόπο που να διακρίνονται από άλλες μορφές ανθρώπινης πνευματικής δραστηριότητας» και παρατηρούν ότι σε μια σπειροειδή διάταξη των προγραμμάτων σπουδών τις «αποσυνδεδεμένες» δραστηριότητες είναι ανάγκη να διαδέχονται κατάλληλες δραστηριότητες με χρήση υπολογιστή. Θεωρούν, μάλιστα, ότι η «πρωτο- υπολογιστική σκέψη» αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη της ΥΣ. Ωστόσο, οι αρχές που πρέπει να διέπουν τις «αποσυνδεδεμένες» δραστηριότητες για την κατάλληλη προετοιμασία εκείνων με τη χρήση υπολογιστή παραμένει ακόμα αντικείμενο έρευνας για την επιστημονική κοινότητα (Rich et al., 2019).

Αναφορικά με την επίδραση των δραστηριοτήτων της συγκεκριμένης κατηγορίας στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ, οι Rodriguez et al. (2017) αναφέρουν θετικά αποτελέσματα μετά την εφαρμογή της σε 141 μαθητές Γυμνασίου, τόσο στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ, όσο και στη βελτίωση των στάσεων απέναντι στην επιστήμη των υπολογιστών και τον προγραμματισμό. Επιπλέον, οι Brackmann et al. (2017) αναφέρουν ότι η αποτελεσματικότητα των «αποσυνδεδεμένων» δραστηριοτήτων για την ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ είναι ισάξια εκείνης των δραστηριοτήτων με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενώ αποτελεσματικοί φαίνονται να είναι και οι συνδυασμοί δραστηριοτήτων με και χωρίς υπολογιστή (Wong & Jiang, 2018). Τέλος, μια ακόμη έρευνα από τον ευρωπαϊκό χώρο έδειξε ότι το εισαγωγικό μάθημα στην ΥΣ που ολοκληρώθηκε σε έξι μαθήματα 90 λεπτών με μαθητές ΣΤ' Δημοτικού 26 σχολείων προσέλκυσε έντονα το ενδιαφέρον μαθητών και διδασκόντων, καθιστώντας το μια πολύ αποτελεσματική εναλλακτική στις δραστηριότητες με χρήση του υπολογιστή (Faber et al., 2017).

Η αξιολόγηση

Παρά το γεγονός ότι η διεθνής βιβλιογραφία βρίθει θεωρητικών προτάσεων για τη σχεδίαση τεχνολογιών και μεθοδολογιών για την ανάπτυξη της ΥΣ, δεν διατυπώνονται ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των πρακτικών αυτών. Η περιορισμένη επιστημονική έρευνα σχετικά με τα εργαλεία αξιολόγησης των εννοιών και των δεξιοτήτων της ΥΣ, καθώς και της μεταφοράς της εφαρμογής τους σε άλλα γνωστικά πεδία, αποτέλεσε για πολλά χρόνια σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την ένταξή της στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Bocconi et al., 2016). Έτσι, παρά το γεγονός ότι στις μέρες μας παρατηρείται μετατόπιση του ενδιαφέροντος από την έρευνα για τις διδακτικές στρατηγικές ανάπτυξης της ΥΣ, προς τις μεθόδους αξιολόγησής της, η συνολική εργασία σχετικά με τη μέτρησή της βρίσκεται ακόμα «στο βρεφικό της στάδιο» (Lockwood & Mooney, 2018a, p. 18). Τα εργαλεία Computational Thinking Scales (στο εξής CTS) και Computational Thinking Test (στο εξής CT-test), το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch και ο διαγωνισμός Bebras αποτελούν τις συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της ΥΣ στις μέρες μας (Moreno-León et al., 2018).

Το εργαλείο CTS είναι μια πεντάβαθμη κλίμακα Likert 29 στοιχείων που επιδιώκει να αξιολογήσει την ΥΣ των μαθητών, μέσα από πέντε διαστάσεις: την αλγοριθμική σκέψη (algorithmic thinking), τη συνεργασία (cooperativity), τη δημιουργικότητα (creativity), την κριτική σκέψη (critical thinking) και την επίλυση προβλημάτων (problem solving) (Korkmaz et al., 2017; Román-González et al., 2017). Το CTS έχει αξιοποιηθεί σε αρκετές πρόσφατες έρευνες, είτε στην αρχική του μορφή, είτε σε τροποποιημένη για τη συσχέτιση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ και άλλων παραγόντων που αφορούν τους μαθητές (Durak & Saritepeci, 2018; Pellas & Vosinakis, 2018). Το CTS έχει αξιοποιηθεί, ακόμα, για τη διερεύνηση πιθανής συσχέτισης ανάμεσα στον βαθμό ανάπτυξης των διαστάσεων της ΥΣ των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και των ακαδημαϊκών τους επιδόσεων, δείχνοντας πως μόνο η διάσταση των δεξιοτήτων συνεργασίας των συμμετεχόντων μπορεί να συνδέεται με τις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις (Doleck et al., 2017).

Το CT-test αποτελεί ένα ψυχομετρικό εργαλείο 28 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής για την αξιολόγηση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ μαθητών 10 ως 16 ετών και ο σχεδιασμός του βασίζεται στον ορισμό της ΥΣ ως ικανότητας διαμόρφωσης και επίλυσης προβλημάτων, βασιζόμενης σε θεμελιώδεις έννοιες της Πληροφορικής, όπως είναι οι ακολουθίες (sequences), οι βρόχοι (loops), οι επαναλήψεις (iterations), οι συνθήκες (conditionals), οι συναρτήσεις (functions) και οι μεταβλητές (variables) (Román-González et al., 2018a; 2018b; 2019). Το εργαλείο ενδείκνυται για χρήση ως pretest- posttest, ως εργαλείο τελικής/ αθροιστικής αξιολόγησης και για την ανίχνευση ιδιαίτερης κλίσης ή ταλέντου στον προγραμματισμό. Ωστόσο, το γεγονός ότι είναι αποσυνδεδεμένο από κάποιο περιβάλλον προγραμματισμού, απαιτεί την αξιοποίησή του σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία, όπως το Dr. Scratch.

Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch είναι μια ελεύθερη, ανοικτού κώδικα διαδικτυακή εφαρμογή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτές για την ανάλυση έργων του Scratch και τη λήψη ανατροφοδότησης σχετικά με την ποιότητά τους ως προς κάποιες διαστάσεις της ΥΣ (Moreno-León et al., 2017). Η εφαρμογή είναι σε θέση να εντοπίζει σφάλματα στα προγράμματα, να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ανάπτυξη της ΥΣ και κακές προγραμματιστικές συνήθειες του χρήστη, αλλά και να δίνει συμβουλές στον χρήστη για τη βελτίωση του προγράμματός του. Αναφορικά με τη ανάπτυξη της ΥΣ, το Dr. Scratch αξιολογεί τον κώδικα των προγραμμάτων, παρέχοντας μια βαθμολογία σε κλίμακα από το 0 ως το 21, αθροίζοντας τις επιμέρους βαθμολογίες σε 7 κριτήρια (σε κλίμακα από το 0 ως το 3) και έχει φανεί αρκετά χρήσιμο για τη σύγκριση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ δύο υποομάδων ενός δείγματος (Garneli & Chorianopoulos, 2018). Η αξιοποίηση του εργαλείου, τέλος, έχει δείξει ότι όχι μόνο μπορεί να αξιολογήσει όψεις της ΥΣ, αλλά προωθεί και την ανάπτυξή τους (Moreno-León et al., 2018).

Ο διαγωνισμός Bebras αποτελεί μια διεθνή πρωτοβουλία για την προώθηση της ΥΣ σε διδάσκοντες και μαθητές κάθε ηλικίας. Αποτελούμενος από 15 σύντομα προβλήματα ή ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, που απαιτούν την εφαρμογή λογικής και υπολογιστικής σκέψης, επιδιώκει να αξιολογήσει το επίπεδο ανάπτυξης της ΥΣ μαθητών σε περισσότερες από 40 διαφορετικές χώρες (Bellettini et al., 2018). Η δοκιμασία έχει πρόσφατα αξιοποιηθεί για την αξιολόγηση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ μετά από την εφαρμογή προγραμμάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής (Chiazzese et al., 2018), αλλά και για τη συσχέτισή της ΥΣ με τη νοημοσύνη των συμμετεχόντων (Boom et al., 2018). Οι δραστηριότητες που απευθύνονται στους μαθητές αποτελούν χρήσιμο εργαλείο τόσο για την αξιολόγηση της ΥΣ, όσο και για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για τη δημιουργία δικών τους δραστηριοτήτων και πλάνων μαθημάτων (Lockwood & Mooney, 2018b), ενώ έχει φανεί ότι ενισχύει τα κίνητρα των μαθητών για μάθηση, καθώς οι τελευταίοι ικανοποιούνται από την αναγνώριση των δεξιοτήτων τους (Rojas-López & García-Peñalvo, 2018). Πρόσφατες έρευνες, ακόμα, τονίζουν

την αξία της δοκιμασίας, αλλά τηρούν κριτική στάση απέναντι στο πλήθος των δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ΥΣ και μπορούν να μετρηθούν μέσω αυτής (Araujo et al., 2019).

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τον Grover (2017), η ολοκληρωμένη εικόνα για τον βαθμό ανάπτυξης της ΥΣ απαιτεί τον συνδυασμό πολλαπλών εργαλείων αξιολόγησης, καθένα από τα οποία συνεισφέρει στην αξιολόγησή της με διαφορετικού είδους πληροφορίες. Ο ίδιος, στην έρευνά του με μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αξιοποίησε κατευθυνόμενες και ανοικτού τύπου εργασίες στο Scratch, διαμορφωτικού τύπου αξιολογήσεις με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, συνεντεύξεις με αναφορά στα έργα των μαθητών και αθροιστικές αξιολογήσεις για τη μέτρηση του βαθμού ανάπτυξης πτυχών της ΥΣ. Τέλος, φαίνεται πως υπάρχει περιορισμένη αντιπροσώπευση των θεωρήσεων ή στάσεων απέναντι στην ΥΣ στις υφιστάμενες μεθοδολογίες αξιολόγησής της (Adams et al., 2019).

Κριτική της ΥΣ

Παρά την επίτευξη σχετικής συμφωνίας ως προς το περιεχόμενο του όρου της ΥΣ, πλέον ορθώνεται πάνω της ο κίνδυνος ενός τύπου δογματισμού. Όπως υποστηρίζεται από τους Tedre & Denning (2016), η έμφαση που δίνεται στον υπολογιστικό τρόπο σκέψης (computational thinking) ίσως είναι υπερβολικός, δεδομένου ότι υφίστανται αρκετοί άλλοι τρόποι σκέψης, όπως η λογική σκέψη (logical thinking), η ορθολογιστική σκέψη (rational thinking) και η κριτική σκέψη (critical thinking), που επίσης απαιτούν την πραγματοποίηση αφαιρετικών διαδικασιών (abstractions). Επιπλέον, η έμφαση στην ΥΣ και τον προγραμματισμό, ως μέσο ανάπτυξης ή «διδασκαλίας» της, δημιουργεί τον κίνδυνο ταύτισης μαζί του, δεδομένου ότι ήδη κάποιοι επικριτές της την κατηγορούν ως συγκεκαλυμμένο προγραμματισμό, σε μια προσπάθεια για την καθιέρωση του τελευταίου στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Kafai, 2016). Κάποιος φιλόσοφος, ακόμα, θα μπορούσε να ζητήσει διευκρινίσεις σχετικά με τη χρήση του όρου «διδασκαλία» όταν αναφερόμαστε σε ένα είδος σκέψης, όπως είναι η ΥΣ (Nardelli, 2019).

Η επικράτηση του προγραμματισμού ως βασικού μέσου για την καλλιέργεια της ΥΣ δεν έχει συνοδευτεί από ασφαλή συμπεράσματα των ερευνητών σχετικά με τις κατάλληλες διαδικασίες και εργαλεία για τη μέτρησή της και η αντίστοιχη εργασία τους βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο (Lockwood & Mooney, 2018a). Η ύπαρξη περιορισμένων επιστημονικών δεδομένων σχετικά με τα εργαλεία αξιολόγησής της, καθώς και της μεταφοράς της εφαρμογής της σε άλλα γνωστικά πεδία αποτελεί συχνά ανασταλτικό παράγοντα για την εδραίωσή της στα προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, παρά το γεγονός ότι σταδιακά αυτή λαμβάνει χώρα στις περισσότερες χώρες του κόσμου (Bocconi et al., 2016). Επιπλέον, δεδομένου ότι η πλειονότητα των προτεινόμενων στρατηγικών αξιολόγησης των ημερών μας εστιάζει στις γνώσεις των μαθητών για τις έννοιές της και όχι στις πρακτικές που αυτοί εφαρμόζουν, υπάρχει ανάγκη για μοντέλα παρακολούθησης της προόδου των μαθητών και διερεύνηση των πρακτικών τους κατά τη διαδικασία ανάπτυξης της ΥΣ (Denning, 2017; Tedre & Denning, 2016).

Μόνο η συλλογή περισσότερων εμπειρικών δεδομένων, επίσης, μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την καθολική αξία της ΥΣ, καθώς η αξιοποίηση υπολογιστικών εργαλείων από τους μαθητές των ημερών μας δεν οδηγεί αυτόματα στην ανάπτυξη ΥΣ, όπως ακριβώς η χρήση ενός τελευταίας τεχνολογίας διαγνωστικού μηχανήματος από έναν γιατρό δε σημαίνει πως ο τελευταίος σκέφτεται υπολογιστικά (Denning, 2017). Ο βαθμός, λοιπόν, στον οποίο το όραμα για την ΥΣ ως μια οικουμενική δεξιότητα, χρήσιμη για «όλους τους ανθρώπους, όχι μόνο τους επιστήμονες του τομέα των ηλεκτρονικών υπολογιστών» (Wing, 2006, p. 33) παραμένει έως σήμερα ρεαλιστικό και

υλοποιήσιμο αποτελεί ένα από τα κεντρικότερα σημεία προβληματισμού της επιστημονικής κοινότητας που διερευνά την ΥΣ (Yaşar, 2018).

Συμπεράσματα

Όπως έγινε φανερό στις προηγούμενες ενότητες, κατά τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σχετική συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας αναφορικά την έννοια της ΥΣ, ως μιας δραστηριότητας που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων (χωρίς να περιορίζεται σ' αυτή) και έχει ως θεμελιώδη της λίθο τη διαδικασία της αφαίρεσης για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας (Bell et al., 2018; Grover & Pea, 2018; ISTE, 2019). Επιπλέον, οι ερευνητές αναφέρονται πια όχι μόνο στις έννοιες που συνιστούν την ΥΣ, αλλά και στις πρακτικές και τις έννοιες που περιλαμβάνονται σ' αυτή (Adams et al., 2019).

Οι δραστηριότητες προγραμματισμού, κυρίως με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή σε περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού, αποτελούν τη συνηθέστερη διδακτική στρατηγική για την καλλιέργεια της ΥΣ των μαθητών (Flórez et al., 2017; Kalelioglu et al., 2016; Lockwood & Mooney, 2018a; Moreno-León et al., 2018), αν και συχνά πραγματοποιούνται χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (Brackmann et al., 2017; Rodriguez et al., 2017; Tatar et al., 2017). Ωστόσο, εκφράζεται η άποψη ότι νέα εργαλεία είναι ανάγκη να αναπτυχθούν, ιδίως αν αναλογιστούμε ότι πιθανώς τα επόμενα χρόνια να κάνουν εντονότερη την παρουσία τους οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης σε πολλούς τομείς της ζωής (Tanz, 2016). Αναφορικά με την αξιολόγηση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ, φαίνεται πως τα υπάρχοντα εργαλεία αξιολόγησης κρίνονται ως ανεπαρκή και μια πλήρης εικόνα του βαθμού ανάπτυξης μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τον συνδυασμό πολλαπλών εργαλείων αξιολόγησης (Grover, 2017).

Τέλος, παρά τη σχετική ομοφωνία της επιστημονικής κοινότητας για τα ζητήματα που αφορούν την ΥΣ, δε λείπουν τα σημεία προβληματισμού, για τα οποία απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Ειδικότερα, η σχετική ομοφωνία για τη διατύπωση ενός ευρέως αποδεκτού ορισμού της δεν έχει συνοδευτεί, όπως προαναφέρθηκε, από αντίστοιχα συμπεράσματα για τον βέλτιστο τρόπο αξιολόγησής της, ούτε για τον βαθμό στον οποίο είναι απαραίτητη και ωφέλιμη για κάθε άνθρωπο και κυρίως για τους μαθητές του 21ου αιώνα. Μόνο η συλλογή περισσότερων εμπειρικών δεδομένων αναμένεται να επιβεβαιώσει ή να διαψεύσει το αρχικό όραμα της Wing (2006) για την εισαγωγή της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση σε περίοπτη θέση δίπλα στην ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική, καθώς, όπως δήλωσε και η ίδια αρκετά αργότερα, «έχουμε ακόμα δρόμο μέχρι την καθιέρωση της ΥΣ» (Wing, 2016).

Αναφορές

Adams, C., Cutumisu, M., & Lu, C. (2019). Measuring K-12 Computational Thinking Concepts, Practices and Perspectives: An Examination of Current CT Assessments. In K. Graziano (Ed.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 275–285). Las Vegas: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Araujo, A., Andrade, W., Dalton D., Guerrero, D., & Melo, M. (2019). How Many Abilities Can We Measure in Computational Thinking?: A Study on Bebras Challenge. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '19)* (pp. 545–551). New York: ACM

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, *8*(1), 19–32.

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, *75*(B), 661–670.

Basawapatna, A. (2016). Alexander meets Michotte: A simulation tool based on pattern programming and phenomenology. *Journal of Educational Technology & Society*, *19*(1), 277–291.

Bell, T., Henderson, T., & Roberts, J. (2018). *Computational thinking and CS Unplugged*. Retrieved April 9, 2019, from http://csunplugged.org/en/computational-thinking/

Bellettini, C., Carimati, F., Lonati, V., Macoratti, R., Malchiodi, D., Monga, M., & Morpurgo, A. (2018). A platform for the Italian Bebras. In *Proceedings of the 10th international conference on computer supported education (CSEDU 2018) Volume 1*, (pp. 350-357).

Bocconi, S., Chioccariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education - Implications for policy and practice*. EUR 28295 EN.

Boom, K. D., Bower, M., Arguel, A., Siemon, J., & Scholkmann, A. (2018). Relationship between computational thinking and a measure of intelligence as a general problem-solving ability. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 206–211). New York: ACM.

Brackmann, C., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. In E. Barendsen and P. Hubwieser (Eds.), *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '17)* (pp. 65–72). New York: ACM.

Chao, P. (2016). Exploring students' computational practice, design and performance of problem-solving through a visual programming environment. *Computers & Education*, *95*(C), 202–215.

Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., & Tosto, C. (2018). Exploring the Effect of a Robotics Laboratory on Computational Thinking Skills in Primary School Children Using the Bebras Tasks. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 25–30). New York: ACM.

Dasgupta, S., Hale, W., Monroy-Hernández, A., & Hill, B. M. (2016). Remixing as a pathway to computational thinking. In *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing* (pp. 1438–1449). New York: ACM.

Denning, P. (2017). Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *Communications of the ACM*, *60*(6), 33–39.

Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, P., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, *71*, 16–23.

Doleck, T., Bazelais, P., Lemay, D. J., Saxena, A. K., & Basnet, R. B. (2017). Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance. *Journal of Computers in Education*, *4*(4), 355–369.

Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, *116*(C), 191–202.

Erol, O., & Kurt, A. A. (2017). The effects of teaching programming with Scratch on preservice information technology teachers' motivation and achievement. *Computers in Human Behavior*, *77*, 11–18.

Faber, H., Wierdsma, M., Doornbos, R., Van der Ven, J., & De Vette, K. (2017). Teaching Computational Thinking to Primary School Students via Unplugged Programming Lessons. *Journal of the European Teacher Education Network, 12*, 13–24.

Falloon, G. (2016). An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. On the iPad. *Journal of Computer Assisted Learning*, *32*(6), 576–593.

Filippov, S., Ten, N., Shirokolobov, I., & Fradkov, A. (2017). ScienceDirect Robotics in Secondary School Teaching Robotics in Secondary School. *IFAC-PapersOnLine*, *50*(1), 12155–12160.

Flórez, F. B., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a Generation's Way of Thinking: Teaching Computational Thinking Through Programming. *Review of Educational Research*, *87*(4), 834–860.

Garneli, V., & Chorianopoulos, K. (2018). Programming video games and simulations in science education: exploring computational thinking through code analysis. *Interactive Learning Environments*, *26*(3), 386–401.

Good, J., & Howland, K. (2017). Programming language, natural language? Supporting the diverse computational activities of novice programmers. *Journal of Visual Languages & Computing*, *39*, 78–92.

Grover, S. (2017). Assessing Algorithmic and Computational Thinking in K-12: Lessons from a Middle School Classroom. In Rich P., Hodges C. (eds), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational*

Thinking. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations (pp. 269–288). Cham: Springer.

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A competency whose time has come. In S. Sentence, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on teaching and learning* (pp. 19–38). Bloomsbury.

Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2016). Factors influencing computer science learning in middle school. In *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education* (pp. 552–557). New York: ACM.

Hayes, J., & Stewart, I. (2016). Comparing the effects of derived relational training and computer coding on intellectual potential in school-age children. *British Journal of Educational Psychology*, *86*(3), 397–411.

ISTE (2019). *Computational thinking competencies*. Retrieved April 02, 2019, from http://www.iste.org/standards/computational-thinking

Kafai, Y. B. (2016). From computational thinking to computational participation in K-12 education. *Communications of the ACM*, *59*(8), 26–27.

Kalelioglu, F., Gülbahar, Y., & Kukul, V. (2016). A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review. *Baltic Journal of Modern Computing*, *4*(3), 583–596.

Kallia, M., & Psycharis, S. (2017). The effects of computer programming on high school students' reasoning skills and mathematical self-efficacy and problem solving. *Instructional Science*, *45*(5), 583–602.

Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical-and social-skills and science related attitudes. *Robotics and autonomous systems*, *75*, 679–685.

Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, *72*, 558–569.

Korkmaz, O. (2016). The Effect of Scratch- and Lego Mindstorms Ev3-Based Programming Activities on Academic Achievement, Problem-Solving Skills and Logical-Mathematical Thinking Skills of Students. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, *4*(3), 73–88.

Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I. K., Somanath, S., Weber, J., & Yiu, C. (2017). A pedagogical framework for computational thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, *3*(2), 154–171.

Lockwood, J., & Mooney, A. (2018a). Computational Thinking in Education: Where does it fit?. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, *2*(1), 41–60.

Lockwood, J., & Mooney, A. (2018b). Developing a Computational Thinking Test using Bebras problems, In A. Piotrkowicz, R. Dent-Spargo, S. Dennerlein, I. Koren, P. Antoniou, P. Bailey, T. Treasure-Jones, I. Fronza, C. Pahl (eds.), *Joint Proceedings of the CC-TEL 2018 and TACKLE 2018 Workshops, co-located with 13th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2018)*, published at http://ceur-ws.org

Marcelino, M., Pessoa, T., Vieira, C., Salvador, T., & Mendes, A. (2018). Learning Computational Thinking and scratch at distance. *Computers in Human Behavior*, *80*(C), 470–477.

Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2018). On computational thinking as a universal skill: A review of the latest research on this ability. In *Proceedings of 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1684–1689). Tenerife.

Moreno-León, J., Román-González, M., Harteveld, C., & Robles, G. (2017). On the Automatic Assessment of Computational Thinking Skills: A Comparison with Human Experts. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (CHI EA '17) (pp. 2788–2795). New York: ACM.

Nardelli, E. (2019). Do we really need computational thinking?, *Communications of the ACM*, *62*(2), 32–35.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Pellas, N., & Vosinakis, S. (2018). The effect of simulation games on learning computer programming: A comparative study on high school students' learning performance by assessing computational problem-solving strategies. *Education and Information Technologies*, *23*(6), 2423–2452.

Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & McEwen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. *Research synthesis methods*, *5*(4), 371–385.

Rich, K., Spaepen, E., Strickland, C., & Moran, C. (2019). Synergies and differences in mathematical and computational thinking: implications for integrated instruction. *Interactive Learning Environments*, 1–12.

Rodriguez, B., Kennicutt, S., Rader, C., & Camp, T. (2017). Assessing Computational Thinking in CS Unplugged Activities. In *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 501–506). New York: ACM.

Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. (2018). Learning scenarios for the subject methodology of programming from evaluating the computational thinking of new students. *IEEE-Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje*, *13*(1), 30–36.

Román-González, M., Moreno-León, J., & Robles, G. (2019). Combining Assessment Tools for a Comprehensive Evaluation of Computational Thinking Interventions. In Kong S. C & Abelson H. (Eds*), Computational Thinking Education* (pp. 79–98). Springer Open.

Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, *72*, 678–691.

Román-González, M., Pérez-González, J. C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018a). Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *18*, 47–58.

Román-González, M., Pérez-González, J.C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018b). Extending the nomological network of computational thinking with non-cognitive factors. *Computers in Human Behavior*, *80*, 441–459.

Sáez-López, J. M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using "Scratch" in five schools. *Computers & Education*, *97*, 129–141.

Snodgrass, M.R., Israel, M., & Reese, G.C. (2016). Instructional supports for students with disabilities in K-5 computing: Findings from a cross-case analysis. *Computers & Education*, *100*, 1–17.

Soleimani, A., Green, K. E., Herro, D., & Walker, I. D. (2016). A Tangible, Story-Construction Process Employing Spatial, Computational-Thinking. In *Proceedings of the 15th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 157–166). New York: ACM.

Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, *26*(1), 3–20.

Sullivan, F. R., & Heffernan, J. (2016). Robotic construction kits as computational manipulatives for learning in the STEM disciplines. *Journal of Research in Technology Education*, *49*(2), 105–128.

Tanz, J. (2016). *Soon We Won't Program Computers. We'll Train Them Like Dogs.* Retrieved March 23, 2019, from http://www.wired.com/2016/05/the-end-of-code/

Tatar, D., Harrison, S., Stewart, M., Frisina, C., & Musaeus, P. (2017). Proto-computational thinking: The uncomfortable underpinnings. In P. J. Rich & C. B. Hodges (Eds.), *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 63–81). Cham: Springer International Publishing.

Tedre, M., & Denning, P. (2016). The long quest for computational thinking. In *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '16)* (pp. 120–129). New York: ACM.

Weintrop, D., & Wilensky, U. (2017). Comparing Block-Based and Text-Based Programming in High School Computer Science Classrooms. *ACM Transactions on Computing Education*, *18*(1), 3:1–3:25.

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

Wing, J. M. (2016). *Computational thinking, 10 years later*. Retrieved March 23, 2019, from http://blogs.msdn.microsoft.com/msr_er/2016/03/23/computational-thinking-10-years-later/

Wong, G. K., & Jiang, S. (2018). Computational Thinking Education for Children: Algorithmic Thinking and Debugging. *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 328–334).

Yaşar, O. (2018). A new perspective on computational thinking. *Communications of the ACM*, *61*(7), 33–39.

Yukselturk, E., & Altiok, S. (2017). An investigation of the effects of programming with Scratch on the preservice IT teachers' self-efficacy perceptions and attitudes towards computer programming. *British Journal of Educational Technology*, *48*(3), 789–801.