

The CONSTRUIT! Project: Εισάγοντας Τα Construals Στη Σχολική Εκπαίδευση

Dimitris Alimisis¹, Meurig Beynon², Jonathan Foss², Elizabeth Hudnott², Steve Russ²

¹ EDUMOTIVA (European Lab for Educational Technology, GR)

info@edumotiva.eu

Computer Science, University of Warwick, UK

W.M.Beynon@warwick.ac.uk Jonathan.Foss@warwick.ac.uk lizzy.hudnott@gmail.com

steve.russ@warwick.ac.uk

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει για πρώτη φορά στο ελληνικό κοινό, και ειδικότερα στην Ελληνική εκπαιδευτική κοινότητα, το έργο CONSTRUIT! ('κατασκευάζοντας construals ως μια νέα ψηφιακή δεξιότητα για τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών ανοιχτών εκπαιδευτικών υλικών') που υποστηρίζεται από το Erasmus+ Programme (2014-2017). Το έργο CONSTRUIT! αποβλέπει στην εισαγωγή νέων αρχών και εργαλείων για μια υπολογιστική (computing) πρακτική που θα καθιστά δυνατό για εκπαιδευτές και μαθητευόμενους να συνεργαστούν στη δημιουργία αλληλεπιδραστικών υλικών ("construals") που θα λειτουργούν σαν προσωπικά μοντέλα εργασίας ή κατανόησης και που θα μπορούν να τα μοιραστούν μεταξύ τους. Παρουσιάζονται οι βασικές ιδέες που βρίσκονται πίσω από την κατασκευή Construals και εξηγούνται με τρία συγκεκριμένα παραδείγματα. Τέλος, παρουσιάζεται το πρώτο σεμινάριο εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στην Ελλάδα και οι πρώτες αξιολογήσεις που καταγράφηκαν από τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κατασκευή construals, project CONSTRUIT!, εκπαίδευση εκπαιδευτικών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο CONSTRUIT! ('κατασκευάζοντας construals ως μια νέα ψηφιακή δεξιότητα για τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών ανοιχτών εκπαιδευτικών υλικών') ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 2014 στο πλαίσιο του Erasmus+ Programme (2014-1-UK01-KA200-001818) και προβλέπεται να ολοκληρωθεί το 2017. Το έργο CONSTRUIT! αποβλέπει στην εισαγωγή νέων αρχών και εργαλείων για μια υπολογιστική (computing) πρακτική που θα καθιστά δυνατό για εκπαιδευτές και μαθητευόμενους να συνεργαστούν στη δημιουργία αλληλεπιδραστικών υλικών ("construals") που θα λειτουργούν σαν προσωπικά μοντέλα εργασίας ή κατανόησης και που θα μπορούν να τα μοιραστούν μεταξύ τους.

Τα κύρια προϊόντα του έργου προβλέπεται να συμπεριλάβουν: ένα curriculum για την κατασκευή construals, ένα ανοιχτό online περιβάλλον για την κατασκευή construals, ένα ανοιχτό online εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το πώς να φτιαχουμε construals, υλικά με μορφή παραδειγμάτων που θα δείχνουν πώς μπορούν να αξιοποιηθούν τα construals για τη δημιουργία ανοιχτών εκπαιδευτικών υλικών για μια ποικιλία ομάδων στόχου μεταξύ των οποίων σημαίνοντα ρόλο έχουν οι εκπαιδευτικοί της σχολικής εκπαίδευσης. Μελέτες περίπτωσης θα αναπτυχθούν τοπικά από τους εταίρους και online με μαθητευόμενους διαφορετικών ηλικιών: εκπαιδευτικούς, φοιτητές και παιδιά.

Η σύμπραξη του έργου περιλαμβάνει: University of Warwick (UK) (συντονιστής), EDUMOTIVA (Greece), The University of Edinburgh (UK), Comenius University in Bratislava (Slovakia), Helix 5 (The Netherlands), University of Eastern Finland.

Στη συνέχεια του άρθρου παρουσιάζονται οι βασικές ιδέες πίσω από την κατασκευή Construals και εξηγούνται με τρία παραδείγματα και ένα παράδειγμα ψηφιακού construal. Το άρθρο κλείνει με παρουσίαση του πρώτου πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών (Αθήνα, Μάιος 2015).

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) εφαρμόζονται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους στην εκπαίδευση. Για να εμβαθύνουμε στην κατανόηση αυτών των εφαρμογών και να χτίσουμε ενδεχομένως καλύτερες εφαρμογές πρέπει να κοιτάξουμε με κριτική ματιά τους τρόπους με τους

οποίους η επιστήμη της πληροφορικής σχετίζεται με τη μάθηση. Η καθιερωμένη εστίαση για την πληροφορική επιστήμη είναι σε δραστηριότητες που μπορούν να ιδωθούν ως υπολογιστικού (computational) χαρακτήρα. Οι δραστηριότητες αυτές έχουν σαφώς καθορισμένους στόχους που μπορούν να αντιμετωπιστούν με συστηματικές συνταγές τύπου «προγράμματος». Η υπολογιστική σκέψη (Wing, 2006) είναι σαφώς σχετική με μαθήματα όπως τα μαθηματικά και με δραστηριότητες όπου οι υπολογισμοί και οι αποφάσεις βασίζονται σε τυπικούς αλγορίθμους και διαδικασίες. Το πεδίο εφαρμογής της υπολογιστικής σκέψης παραμένει χωρίς αμφιβολία ακόμη προς υλοποίηση και εξακολουθεί να είναι στο επίκεντρο της ενεργού έρευνας. Για παράδειγμα, οι υπολογιστικές τεχνικές που αναπτύσσονται με σκοπό την αυτοματοποίηση επιστημονικών πειραμάτων, την επίλυση αποριών που αποδίδονται στις ανθρωπιστικές επιστήμες, και την ανάλυση των διαδικασιών μάθησης.

Ο βαθμός στον οποίο η υπολογιστική επιστήμη χρειάζεται μια ευρύτερη προοπτική από αυτήν που προσφέρει η υπολογιστική σκέψη είναι αμφιλεγόμενος. Η πρόσφατη μεταρρύθμιση του προγράμματος σπουδών υπολογιστικής επιστήμης στα σχολεία του Ηνωμένου Βασιλείου έχει ως στόχο την προώθηση των παραδοσιακών θεμάτων της επιστήμης των υπολογιστών σε όλα τα ηλικιακά επίπεδα. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να εκτοπίσει την ιδέα ότι η πληροφορική δεν είναι πιο ενδιαφέρουσα και πνευματική πρόκληση από τη χρήση τυποποιημένων βοηθητικών προγραμμάτων για τη δημιουργία εγγράφων κειμένου, λογιστικών φύλλων και βάσεων δεδομένων που ήταν για πολλά χρόνια η βασική προσφορά κάτω από την επικεφαλίδα «ΤΠΕ».

Αλλά αν ο «σκληρός» πυρήνας της επιστήμης των υπολογιστών παρέχει την κατάλληλη βάση για την πληροφορική όπως εφαρμόζεται στις κοινωνικές επιστήμες, τις τέχνες και τις ανθρωπιστικές επιστήμες, τη μηχανική και τις εργαστηριακές επιστήμες γενικότερα δεν είναι σαφές. Στο προσωρινό «Manifesto for Web Science» (Halford et al, 2010), οι Halford, Pope και Carr κάνουν την υπόθεση για ένα πλαίσιο για να σκεφτόμαστε το «computing» με τρόπο που λαμβάνει περισσότερο υπόψη το ρόλο της ανθρώπινης κρίσης και του κοινωνικού πλαισίου. Καθιερωμένοι ειδικοί στην ανάπτυξη λογισμικού, όπως ο Peter Naur (Naur, 1995) και ο Michael Jackson (Jackson, 2006) έχουν τονίσει την ανάγκη να αναγνωρίσουμε τα όρια των τυπικών μαθηματικών προσεγγίσεων για το computing όταν πρόκειται για θέματα μηχανικής (engineering). Η προσέγγιση αυτή είναι σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις του Ferguson που αφορούν σε ακαδημαϊκά προγράμματα μηχανικής (Ferguson, 1994: p168): «*Το πραγματικό "πρόβλημα" της εκπαίδευσης των μηχανικών είναι η σιωπηρή αποδοχή της ιδέας ότι τα υψηλού επιπέδου αναλυτικά προγράμματα μαθημάτων είναι ανώτερα από εκείνα που ενθαρρύνουν το φοιτητή να αναπτύξει μια διαισθητική "αίσθηση" για την ανυπολόγιστη πολυπλοκότητα της μηχανικής πρακτικής στον πραγματικό κόσμο*».

Το έργο CONSTRUIT! προωθεί την «κατασκευή construals» ως μια νέα ψηφιακή ικανότητα που μπορεί ενδεχομένως να βοηθήσει να αντιμετωπίσουμε αυτούς τους προβληματισμούς. Η συζήτηση για το φιλοσοφικό σκηνικό που ταιριάζει καλύτερα στην κατασκευή construals είναι πολύ πέρα από το πεδίο εφαρμογής του παρόντος άρθρου. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να είναι χρήσιμο να γνωστοποιηθεί ότι συνήθεις παραδοχές ενδεχομένως να αμφισβητηθούν. Για παράδειγμα, σύμφωνα με το πνεύμα του αμφιλεγόμενου μανιφέστου των Halford et al, η κατασκευή των construals εμπλέκεται με την εμπειρία μας με τρόπους που είναι τόσο πρωταρχικοί που μπορούν να υπερισχύσουν: η δυαδικότητα ανάμεσα στην πνευματική και τη σωματική σφαίρα, το επίπεδο των μαθηματικών αφαιρέσεων ως απόλυτων θεμελιωδών εννοιών, η υποκειμενική-αντικειμενική κατάταξη της παρατήρησης, η ταυτότητα και η αντικειμενική κατάσταση που αποδίδουμε σε στοιχεία της εμπειρίας μας. Δηλαδή, η κατασκευή construals είναι μια δραστηριότητα που μπορεί να συνεπάγεται τη διερεύνηση πώς διακρίσεις αυτού του είδους, τις οποίες συχνά θεωρούμε δεδομένες, κατασκευάζονται διαμέσου της αλληλεπίδρασής μας (Beynon, 2012).

CONSTRUALS

Το αποδεκτό θεωρητικό θεμέλιο για την πληροφορική βασίζεται σε μια αφηρημένη έννοια ενός «προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή» που έχει τις ρίζες του στην σπουδαία μελέτη του Τούρινγκ για ένα μυαλό που ακολουθεί κανόνες (Turing, 1936). Αντίθετα, όπως αναφέρεται στο (Beynon, 2013), η έννοια του «construal» είναι προσανατολισμένη προς λιγότερο ελεγχόμενες καταστάσεις του μυαλού που συνδέονται με δημιουργικές και καινοτόμες πρακτικές. Δεν είμαστε οι πρώτοι ερευνητές που χρησιμοποιούν τον όρο «construal» υπό την έννοια αυτή. Εισήχθη από τον φιλόσοφο της επιστήμης David Gooding για να περιγράψει τον τρόπο που ο πειραματικός επιστήμονας Michael Faraday κατέγραψε την αναδυόμενη κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού από τις πρώτες αρχές, μέχρι την ανάπτυξη του ηλεκτροκινητήρα (Gooding, 1990). Προτείνουμε την κατασκευή των construals ως έναν

τρόπο για να υποστηρίξει το μυαλό που δεν ακολουθεί – ή δεν ακολουθεί πια - κανόνες. Αυτό έχει ευρείες επιπτώσεις, που σήμερα δεν έχουν πλήρως διερευνηθεί, για δραστηριότητες όπως η ανάπτυξη του λογισμικού και η περιοχή της μάθησης, όπου μια συστηματική κατανόηση μένει ακόμη να καθοριστεί.

Ένα construal είναι απύτως το «πώς μπορούμε να σκεφτούμε για κάτι». Η κατασκευή construal συνδέεται με ερωτήσεις που ρωτάμε συχνά στην καθημερινή ζωή: *Τι κάνετε με αυτό; Τι «κατασκευή» βάζετε επάνω σε αυτό; Πώς δουλεύει αυτό;* Είναι δελεαστικό να κάνουμε τον ορισμό μας πιο τυπικό αποδίδοντας ιδιότητες στο construal και το «κάτι» στο οποίο αναφέρεται. Θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στο construal C ως κάτι που αντιπροσωπεύει το «πώς σκεφτόμαστε για το X». Αυτό δεν είναι πάντα κατάλληλο, δεδομένου ότι «το πώς σκεφτόμαστε για κάτι» είναι συνήθως δυναμικό εκ φύσεως και το construal μας, το κάτι στο οποίο αναφέρεται και η σχέση μεταξύ των δύο μπορεί να είναι τα ίδια «υπό κατασκευή». (Σκεφτείτε, για παράδειγμα, το καθεστώς των ενδιάμεσων φαινομένων που ο Faraday καταγράφει λίγο πριν φτάσει σε μια ώριμη αντίληψη του ηλεκτρομαγνητισμού). Πράγματι, η κατασκευή construals είναι πιο ενδιαφέρουσα και σημαντική όταν η αποσαφήνιση μιας απόλυτης αντικειμενικής σχέσης είναι πιο δύσκολη - και ίσως ακόμη και αδύνατη. Αυτό είναι σύμφωνο με την ιδέα ότι η μάθηση δεν είναι σε γενικές γραμμές μια πεπερασμένη διαδικασία.

ΚΑΠΟΙΑ ΑΤΥΠΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ CONSTRUALS

Το γράψιμο ενός προγράμματος στον υπολογιστή είναι το τυπικό ισοδύναμο των άτυπων καθημερινών δραστηριοτήτων που συνδέονται με την ιδέα του «μυαλού που ακολουθεί κανόνες». Το ομόλογο ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι ένα «ψηφιακό» construal που κατασκευάζουμε με την αξιοποίηση της τεχνολογίας των υπολογιστών. Με τη μελέτη άτυπων καθημερινών δραστηριοτήτων που μπορούν να θεωρηθούν - και μπορεί να έχουν ήδη περιγραφεί σε άλλα πλαίσια – σαν κατασκευή construals, μπορούμε να αντλήσουμε επίσης γενικές αρχές για την κατασκευή ψηφιακών construals.

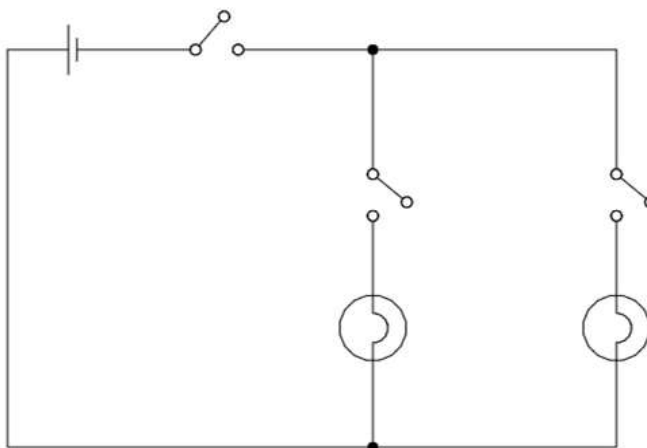
A. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ CONSTRUALS ΑΠΟ ΛΕΞΕΙΣ ΚΑΙ ΦΡΑΣΕΙΣ

Η ιδέα της κατασκευής construal είναι πιο συχνά συνδεδεμένη με την εκμάθηση γλωσσών. Σκεφτείτε για παράδειγμα την αγγλική φράση: "It's really hot". Η φράση μπορεί να έχει πολλές ερμηνείες:

- Μπορεί να είναι μια αναφορά στις καιρικές συνθήκες, οπότε θα μπορούσε κάλλιστα να σημαίνει κάτι μάλλον διαφορετικό για έναν Έλληνα και έναν Βρετανό. Μπορεί να είναι ένα πραγματικό γεγονός - όπως διατυπώνεται στις προβλέψεις καιρού, ή ειρωνικό – όταν λέγεται σαν αστείο.
- Μπορεί να αναφέρεται σε ένα καυτό αντικείμενο - όπως διατυπώνεται από έναν σερβιτόρο φέρνοντας ένα πιάτο στο τραπέζι, ή από τη μητέρα στο παιδί της - που θα μπορούσε να το πει αυτό, ενώ προσποιείται ότι βάζει το χέρι της στην πόρτα του φούρνου, είτε είναι είτε δεν είναι στην πραγματικότητα ζεστό.
- Η φράση έχει και άλλες λιγότερο συνηθισμένες συνδηλώσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έναν προεδρεύοντα συνεδρίου που υπαινίσσεται μια θεματική συνεδρία στο πρόγραμμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους χειριστές αποσκευών στο αεροδρόμιο για να υποδείξει ότι ένα αντικείμενο πρέπει να εξεταστεί επειγόντως (The Flyertalk forum, 2015). Η φράση μπορεί να έχει σημασία, η οποία να είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής οποιασδήποτε κυριολεκτικής έννοιας στο λεξικό – δεξ για παράδειγμα, τι ένας γιατρός θα μπορούσε να συμπεράνει ακούγοντας έναν ασθενή να κάνει αυτό το σχόλιο.

B. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟ CONSTRUAL ΜΙΑΣ ΟΙΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΚΟΣΜΟ

Ένα construal μιας ομιλούμενης φράσης είναι τυπικά μια νοητική εικόνα αυτού που είναι η πιο κατάλληλη ερμηνεία. Γενικότερα, μπορούμε να εφαρμόσουμε τον όρο «construal» στα διαγράμματα που σχεδιάζουμε ή σε χειρονομίες που κάνουμε για να δώσουμε φυσική έκφραση και μορφή σε αυτό που έχουμε φανταστεί και τα οποία στην πραγματικότητα λειτουργούν ως "επεκτάσεις του μυαλού μας».



Σχήμα 1: διάγραμμα κυκλώματος ως άτυπο construal

Το Σχήμα 1 είναι ένα παράδειγμα ενός τέτοιου construal. Απεικονίζει ένα απλό διάγραμμα κυκλώματος, όπως ένας ηλεκτρολόγος θα μπορούσε να το σχεδιάσει για να εξηγήσει πώς οι διακόπτες και τα φώτα έχουν ρυθμιστεί. Για να εκτιμήσουμε τη φύση του construal πλήρως, πρέπει να εξετάσουμε το είδος του διαλόγου που συνοδεύει την εξήγηση του ηλεκτρολόγου. Μπορούμε να φανταστούμε τον ηλεκτρολόγο να δείχνει το διάγραμμα κυκλώματος εξηγώντας πώς η κατάσταση on-off των διακοπών και των λαμπτήρων συσχετίζονται. Το τυπικό πλαίσιο για μια τέτοια εξήγηση θα ήταν μια πραγματική εγκατάσταση σε ένα κτίριο, όπου υπάρχει μια αντιστοιχία μεταξύ των οντοτήτων στο διάγραμμα του κυκλώματος και των φυσικών διακοπών, λαμπτήρων και των καλωδίων σύνδεσης. Στην περίπτωση αυτή ο διάλογος σχετικά με το διάγραμμα θα διεξάγεται παράλληλα με τη λειτουργία των φυσικών διακοπών και παρατηρώντας τις επιδράσεις τους στα φώτα. Αν και ένα διάγραμμα κυκλώματος δεν είναι από μόνο του ένα διαδραστικό αντικείμενο, ο ηλεκτρολόγος στην πραγματικότητα προσομοιώνει αλληλεπιδράσεις με το διάγραμμα κυκλώματος ουσιαστικά. Κατά την κατασκευή ψηφιακών construals, μπορούμε να δώσουμε σαφή υποστήριξη στην διαδραστική δραστηριότητα «τι θα συμβεί αν;», όπως θα επεξηγηθεί παρακάτω.

Γ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ CONSTRUALS ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΝΟΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΝΟΣ ΠΕΡΙΠΑΤΟΥ

Ένα διάγραμμα κυκλώματος είναι ένας τυποποιημένος γενικός τρόπος με τον οποίο αναπαρίσταται μια κατάσταση. Τυποποιημένα construals αυτού του είδους είναι το αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης διαδικασίας σχεδιασμού και επικοινωνίας μέσω των οποίων η ερμηνεία τους τελικά τυποποιείται. Οι ζωντανές συνεχιζόμενες διαδικασίες που οδηγούν προς την κατεύθυνση τέτοιων τυποποιημένων ερμηνειών παρέχουν τα πιο χαρακτηριστικά και ενδιαφέροντα παραδείγματα της κατασκευής construals. Μέσω του τρόπου παρουσίασης το construal διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην απόδοση μιας καθοδηγούμενης διαδρομής - τόσο για τον συγγραφέα της διαδρομής όσο και για τον περιπατητή που θα πρέπει στη συνέχεια να την ανιχνεύσει. Εδώ για παράδειγμα είναι ένα φανταστικό κομμάτι από μια βόλτα με ξεναγό, όπως περιγράφεται στο στυλ του Tait (Tait, 2003):

«Περπατήστε μέχρι το τραχύ μονοπάτι, περνώντας ένα μικρό πέτρινο σπίτι, κάτω από σκιερά πεύκα. Μετά από μια δεύτερη κατοικία, η διαδρομή γίνεται πιο απότομη καθώς στρέφει προς τα δεξιά. Σύντομα το χωριό Αμνησία έρχεται σε θέα, σε κάποια απόσταση επάνω. Όταν δείτε το διακριτικό καμπαναριό άμεσα μπροστά, αφήστε την κύρια διαδρομή και πάρτε μιαν άλλη, λιγότερο χρησιμοποιημένη, προς τα κάτω αριστερά.»

Εκ πρώτης όψεως, η περιγραφή αυτή μοιάζει με ένα πρόγραμμα υπολογιστή, υπό την έννοια ότι περιγράφει μια σειρά από δράσεις που συμβάλλουν στο στόχο της ολοκλήρωσης της διαδρομής. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές σημαντικές διαφορές:

- Εάν εξετασθεί προσεκτικότερα, η υπηρεσία που έχει προγραμματιστεί με αυτόν τον τρόπο διαφέρει κατά πολύ από μια μηχανή. Οι οδηγίες για τον περιπατητή έχουν λίγη από την αφαίρεση και την ακρίβεια που απαιτείται από τις εντολές προγραμματισμού. Ένα υψηλό επίπεδο κατανόησης των εννοιών και της γλώσσας προϋποτίθεται («τι είναι ένα καμπαναριό;»,

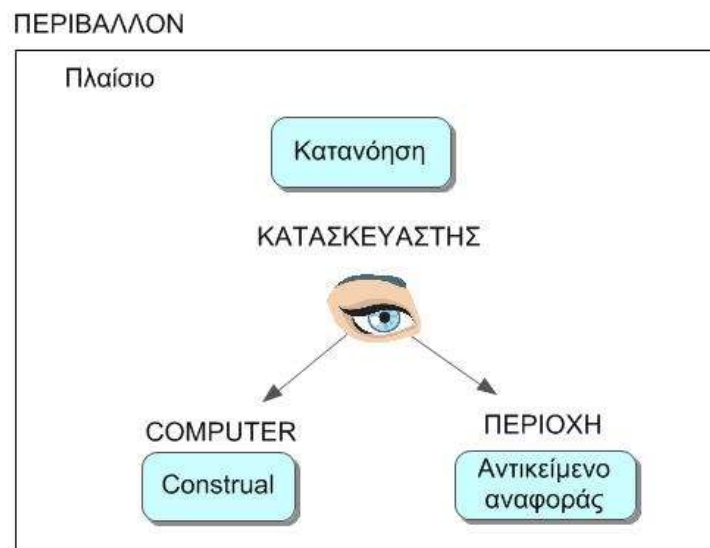
«πότε είναι διακριτό;», «πώς μπορούμε να αναγνωρίσουμε μια λιγότερο χρησιμοποιημένη διαδρομή;», «πώς ξέρουμε ότι αυτό είναι το χωριό Αμνησία;»). Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά είναι στην πραγματικότητα εκ της φύσεώς τους ασαφείς και αβέβαιες. Το κείμενο καλεί τον περιπατητή να αξιοποιήσει υπονοούμενη από τα συμφοραζόμενα γνώση στην οποία μπορεί να έχει ή να μην έχει πρόσβαση. Η ικανότητα του συγγραφέα του βιβλίου-οδηγού είναι να διαλέξει εκείνα τα χαρακτηριστικά που είναι πιο πιθανό να συνάγονται από την εξερεύνηση του πλαισίου, είτε ανακαλώντας προηγούμενη εμπειρία στο μυαλό, είτε από αξιοποίηση χάρτη, ή από μικρές διερευνητικές εκδρομές.

- Η περιγραφή πλαισιώνεται όχι μόνο με όρους αφηρημένων διαδικαστικών βημάτων (βλ. πρωταρχικές εντολές της Logo), αλλά με αναφορές σε αναγνωρίσιμες καταστάσεις στις οποίες κάποιες χαρακτηριστικές σχέσεις αναφέρονται («Μετά από ένα δεύτερο εξοχικό σπίτι ...», «Όταν βλέπετε το διακριτό καμπαναριό ακριβώς μπροστά...»). Αυτό δημιουργεί μια διαδικασία που είναι πολύ χαρακτηριστική της κατασκευής construals: συσχετίζοντας αυτό που φέρνει στο μυαλό η ανάγνωση του κειμένου με ό, τι βιώνεται μέσα από την θέαση της τρέχουσας κατάστασης. Αυτή η ουσιαστικά προσωπική διαδικασία ερμηνείας είναι ιδιαίτερα συναρπαστική όταν διάφοροι άνθρωποι εμπλέκονται, και υπάρχει ένα ισχυρό κίνητρο για όλα τα μέρη να καταλήξουν σε συναίνεση.
- Αν και ο περιπατητής θα ενδιαφέρεται σίγουρα να διασφαλίσει ότι θα φθάσει τελικά στον καθορισμένο προορισμό του, αυτό δεν είναι ο πρωταρχικός του στόχος. Μπορεί κάλλιστα να είναι, για παράδειγμα, ότι «η κύρια διαδρομή» οδηγεί πιο άμεσα στο ίδιο σημείο παρά «η λιγότερο χρησιμοποιημένη διαδρομή», αλλά δεν θα ήταν σκόπιμο να κάνει αυτή την επιλογή.

Αν και τα τρία αυτά άτυπα παραδείγματα κατασκευής construals είναι πολύ διαφορετικά σε χαρακτήρα, έχουν ένα βασικό κοινό χαρακτηριστικό. Καθένα από αυτά μπορεί να περιγραφεί με όρους ενός «προσώπου που δίνει νόημα στην κατάσταση». Στρέφοντας την προσοχή μας στο πώς αυτό το σενάριο «που δίνει νόημα» μπορεί κατ' αρχήν να υποστηριχθεί από τη χρήση του υπολογιστή μας βοηθά να αποσαφηνίσουμε την ουσιώδη φύση της κατασκευής construals.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ ΨΗΦΙΑΚΑ CONSTRUALS

Το σχήμα 2 παρακάτω απεικονίζει τα βασικά συστατικά για την κατασκευή ενός ψηφιακού construal. Θα τα επεξεργαστούμε σε σχέση με τα παραπάνω άτυπα παραδείγματα Α, Β και Γ.

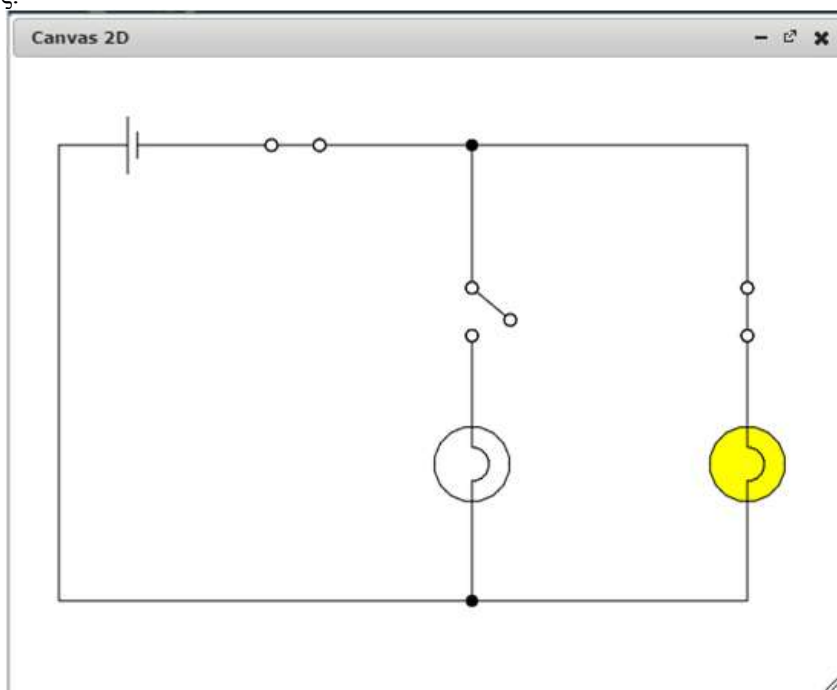


Σχήμα 2: κατασκευάζοντας ένα ψηφιακό construal

Ο τρόπος με τον οποίο το σχήμα 2 πρέπει να ερμηνευθεί ίσως παρουσιάζεται πιο απλά σε σχέση με το διάγραμμα κυκλώματος στο παράδειγμα Β (ο λόγος για τη λέξη «ίσως», θα γίνει σαφής αργότερα). Ο κατασκευαστής του construal είναι το πρόσωπο που προσπαθεί να κατανοήσει την κατάσταση - ο ηλεκτρολόγος. Ο ρόλος του construal σε αυτή την περίπτωση παίζεται από το διάγραμμα κυκλώματος και αντικείμενο αναφοράς της είναι η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία αναφέρεται. Όπως

περιγράφεται παραπάνω, ο ηλεκτρολόγος κάνει μια σύνδεση μεταξύ αλλαγών κατάστασης που φαντάζεται στα συστατικά του διαγράμματος κυκλώματος και αυτού που παρατηρείται στην εγκατάσταση. Η ανταπόκριση μεταξύ του διαγράμματος κυκλώματος και της εγκατάστασης είναι τόσο εύκολο να κατανοηθεί ώστε αυτή η σύνδεση θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αφηρημένη και σαν φυσικός νόμος, αλλά αυτό δεν είναι ό,τι έχουμε κατά νου. Ο σκοπός του εικονίδιου του ματιού στο σχήμα 2 είναι να απεικονίσει την κατασκευή μιας σύνδεσης μεταξύ της κατάστασης των συστατικών στο διάγραμμα του κυκλώματος και των φυσικών τους ομολόγων στο αντικείμενο αναφοράς του σαν ένα ζήτημα ευθείας άμεσης εμπειρίας.

Είναι πιο εύκολο να ερμηνεύσουμε το σχήμα 2 κατάλληλα αν σκεφτούμε το construal όχι ως ένα στατικό διάγραμμα κυκλώματος με μια εικονιστική συμπεριφορά, αλλά ως ένα διαδραστικό τεχνούργημα. Ένα κατάλληλο τεχνούργημα είναι το ψηφιακό construal που απεικονίζεται στο σχήμα 3 (μπορείτε να αποκτήσετε πρόσβαση σε αυτό το construal κάνοντας κλικ στο <http://jseden.dcs.warwick.ac.uk/scifest/> και επιλέγοντας «ηλεκτρικό κύκλωμα» από τη Λίστα Έργων). Η κατάσταση των διακοπών μπορεί να αλλάξει κάνοντας κλικ πάνω τους, και η κατάσταση των φώτων αλλάζει αναλόγως.



Σχήμα 3: ψηφιακό construal ηλεκτρικού κυκλώματος (Hudnott, 2015)

Δεν είναι μόνο η διαδραστικότητα του ψηφιακού construal που έχει σημασία εδώ: ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό είναι επίσης σημαντικός. Αν δεν θέλουμε παρά να αναπαράγουμε το μοτίβο συμπεριφοράς που μοιάζει με φυσικό νόμο, κάτι που αποτελεί τον κανόνα, δεν είναι δύσκολο να το προδιαγράψουμε χρησιμοποιώντας άλλες γραφικές εφαρμογές, όπως το Geometer Sketchpad (Jackiw & Finzer, 1993). Ο τρόπος με τον οποίο κάνουμε ένα ψηφιακό construal φιλοδοξεί να πάρει υπόψη το σύνολο των πειραματικών αλληλεπιδράσεων που μπορεί να εισχωρήσουν μέσα στην περιοχή, όχι μόνο τις σχέσεις που συναντώνται σε κάποια περιορισμένη και προκατειλημμένη «κανονική» αλληλεπίδραση με το αντικείμενο αναφοράς (όπως κάνει ένα τυπικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή). Με αυτόν τον στόχο κατά νου, το ψηφιακό construal έχει αναπτυχθεί ως ένα δίκτυο παρατηρήσιμων (observables) που συνδέονται με εξαρτήσεις (dependencies) που εκφράζουν τον τρόπο με τον οποίο οι τιμές τους είναι αλληλένδετες ανεξάρτητα από τη συνολική κατάσταση του συστήματος.

Σαν επίδειξη, όπως μπορεί να επιβεβαιωθεί με την ηλεκτρολόγηση της έκφρασης «.*bulb» στο πλαίσιο αναζήτησης του καταλόγου παρατηρήσιμων στο περιβάλλον JS-EDEN, υπάρχουν παρατηρήσιμα για να αντιπροσωπεύουν την κατάσταση κάθε λάμπας στο construal. Η τρέχουσα κατάσταση της «bulb2» έχει τον ορισμό:

bulb2On is masterSwitchClosed && switch2Closed;

που αντανακλά το γεγονός ότι το αν είναι αναμμένος ή όχι εξαρτάται από το αν ο "γενικός διακόπτης» και ο διακόπτης "Switch2" είναι και οι δύο ενεργοποιημένοι. Με την αντικατάσταση του ορισμού αυτού από

bulb2on = false;

έχουμε δημιουργήσει ένα σενάριο στο οποίο ο λαμπτήρας "bulb2" έχει καεί.

Ο τρόπος με τον οποίο ένα ψηφιακό construal διαμορφώνεται από τα αρχέγοντα παρατηρήσιμα και τις εξαρτήσεις τους διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην ερμηνεία των βασικών συστατικών (το construal, το αντικείμενο αναφοράς του, η κατανόηση του κατασκευαστή και το πλαίσιο για την αλληλεπίδρασή τους απεικονίζονται στο σχήμα 2). Η κατανόηση που αποδίδεται στον κατασκευαστή έχει εμπειρικό χαρακτήρα, είναι η γνώση των προτύπων της αλληλεπίδρασης και της ερμηνείας με την οποία ο κατασκευαστής έχει εξοικειωθεί με τον καιρό. Αυτού του είδους η κατανόηση είναι σημαντική για τον μηχανικό στην πράξη, όπως όταν προσπαθεί να διαγνώσει ένα σφάλμα στην εγκατάσταση.

Υπάρχει μια αίσθηση ότι ο μηχανικός δεν μπορεί ποτέ να είναι απολύτως βέβαιος ότι η εγκατάσταση είναι χωρίς σφάλματα - η αποτυχία μπορεί να συμβεί ανά πάσα στιγμή, και κατ'αρχήν μπορεί να προκύψει νέο πρόβλημα, ακόμη και ενώ ο μηχανικός βρίσκεται στη διαδικασία διόρθωσης ενός άλλου σφάλματος. Από την άποψη αυτή, ένα ψηφιακό construal ευθυγραμμίζεται καλύτερα με την "ανυπολόγιστη πολυπλοκότητα της μηχανικής πρακτικής" την οποία ο Ferguson υψαινίσσεται παρά τα εξιδανικευμένα αναλυτικά μοντέλα. Το πλαίσιο για την αλληλεπίδραση του κατασκευαστή με το construal και το αντικείμενο αναφοράς αντανακλά τον τρέχοντα ρόλο και τη δράση του κατασκευαστή και άλλες σχετικές παραδοχές σχετικά με το συνολικό περιβάλλον. Θα μπορούσε να είναι ο κατασκευαστής που αλληλεπιδρά με το construal μόνο και μόνο για να ρυθμίσει την απεικόνιση του διαγράμματος κυκλώματος, ή ένας μαθητής που δρα στο ρόλο του κατασκευαστή. Μπορεί να μην υπάρχει ισχύς στο κύκλωμα, ή η τάση μπορεί να είναι τέτοια ώστε να είναι ασφαλές μόνο να έχει και τα δύο φώτα αναμμένα παράλληλα.

Κατ'αρχήν, όλα τα βασικά συστατικά στο σχήμα 2 έχουν ένα ρευστό δυναμικό χαρακτήρα. Αυτό καθιστά δυνατό να αντιμετωπίσουμε πολύ πιο πλούσια σενάρια για σχεδιασμό και πειραματισμό σε σύγκριση με αυτά που μπορούν να υποστηριχθούν από τις παραδοσιακές υπολογιστικές αναπαραστάσεις. Τα οφέλη δεν είναι τόσο προφανή στο άτυπο παράδειγμα Β, δεδομένου ότι ένα διάγραμμα κυκλώματος είναι το ίδιο ένα αφηρημένο τεχνούργημα με ένα καλά καθορισμένο νόημα. Αντίθετα, τα παραδείγματα Α και Γ υπογραμμίζουν τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε στην προσπάθεια να βγάλουμε νόημα από καταστάσεις, και δίνουν κάποια εικόνα σχετικά με το γιατί η κατασκευή construals μέσα από τη μελέτη της δράσης ως αναδιάρθρωσης των δικτύων των παρατηρήσιμων και εξαρτήσεων όπως απεικονίζεται στο σχήμα 2 είναι ένας ελπιδοφόρος τρόπος για την αντιμετώπισή τους.

Το παράδειγμα Α υπογραμμίζει την καθοριστική σημασία του πλαισίου («μιλάμε για τον καιρό ή την τροφή;»), τις λανθάνουσες εξαρτημένες από το πλαίσιο εξαρτήσεις («πώς ο γιατρός ερμηνεύει ό, τι ο ασθενής αποκαλύπτει κατά λάθος»), η ανάγκη να είναι κανείς σε θέση να συγχρονίσει τη δράση με την έκφραση (λέγοντας «αυτό είναι πραγματικά καυτό» την ίδια στιγμή που «προσποιείται ότι αγγίζει μια θερμή επιφάνεια»), η υποκειμενικότητα των ερμηνειών («πότε είναι ένα θέμα καυτό;»), τα οφέλη του να είναι σε θέση να ενσωματώσει τα νέα είδη των παρατηρήσεων σε ένα προϋπάρχον construal (π.χ. εισάγοντας ένα θερμόμετρο), η ανάγκη για την υποστήριξη της διαπραγμάτευσης και της συνεργασίας (βλέπε την ανταλλαγή εμπειριών και τη σύγκριση των construals που σχετίζεται με τη συζήτηση των «καυτών» αποσκευών στο φόρουμ Flyertalk), τον ουσιαστικό ρόλο για την αμφισημία της ερμηνείας όταν εμπλέκεται το χιούμορ (βλέπε την απάντηση «Έχετε υπάρξει έξω πρόσφατα;», στο φόρουμ), τα προσωπικά χαρακτηριστικά των εμπλεκόμενων παραγόντων (βλέπε την απάντηση «Είσαι εξ αποστάσεως ελκυστική;», στο φόρουμ).

Το παράδειγμα Γ δείχνει ότι η κατασκευή construals, αν και η ουσία της επικεντρώνεται στην κατάσταση (βλέπε τον τρόπο με τον οποίο το σχήμα 2 ερμηνεύεται ως αναφερόμενη σε ορισμένη στιγμή στην εμπειρία του κατασκευαστή), είναι επίσης σχετική με σκόπιμες συμπεριφορές. Η κατανόηση μέσω της «γνώσης των τρόπων αλληλεπίδρασης και της ερμηνείας με την οποία ο κατασκευαστής έχει εξοικειωθεί με τον καιρό» είναι ανάλογη με τη γνώση της γειτονιάς μας που αναπτύσσουμε με την διαμονή μας σε ένα μέρος. Στην εξερεύνηση της γειτονιάς μας, έτσι ώστε να μπορούμε να είμαστε «σαν στο σπίτι μας», η ένταση και η ποιότητα της εμπειρίας έχει προτεραιότητα έναντι της αποδοτικής επίτευξη ενός στόχου. Καθώς η δυναμική επίδραση της τεχνολογίας GPS σε παραδοσιακές πρακτικές περπατήματος δείχνει, συνδυάζοντας ανθρώπινη και αυτοματοποιημένη δράση με τρόπους που

βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής μας είναι μια επίκαιρη πρόκληση για την εποχή μας. Η κατασκευή construals προσφέρει ένα εύλογο εννοιολογικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης.

Οι αρχές και τα περιβάλλοντα για την κατασκευή construals είναι ακόμα ανώριμα σε σχέση με τους πόρους για τη στήριξη των πιο παραδοσιακών τεχνικών για την ανάπτυξη λογισμικού. Δεν είμαστε ακόμη σε θέση να αξιολογήσουμε τις προοπτικές για τη χρήση των ψηφιακών construals για την υποστήριξη της άτυπης κατασκευής νοήματος που περιγράφεται στο Α και Γ, για παράδειγμα. Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων αποτελεί μέρος της αντζέντας για το CONSTRUIT! project.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ: ΤΟ CONSTRUIT! PROJECT ΣΥΝΑΝΤΑ ΤΟΥΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Ο ρόλος της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών για την εισαγωγή των construals στην εκπαίδευση είναι κρίσιμος και αποτελεί μια από τις προτεραιότητες του έργου CONSTRUIT! Το πρώτο σχετικό σεμινάριο εκπαίδευσης εκπαιδευτικών οργανώθηκε στην Αθήνα (8-9 Μάη 2015) από το Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας-EDUMOTIVA (Ελλάδα) σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Warwick (Αγγλία) και το Πανεπιστήμιο Ανατολικής Φινλανδίας και με την υποστήριξη των σχολικών επιτροπών β/θμιας εκπαίδευσης της 7ης και της 4ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων οργάνωσαν το διήμερο σεμινάριο με θέμα: Making construals - Η βασισμένη στον ΗΥ κατασκευή construals για τον δημιουργικό αναστοχασμό πάνω σε διαθεματικά προβλήματα. Στο σεμινάριο συμμετείχαν 16 εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (πληροφορικής, τεχνολογικών μαθημάτων, φυσικών επιστημών, μαθηματικών) και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι περισσότεροι ήταν εν υπηρεσία εκπαιδευτικοί, άλλοι εργάζονται ως ωρομίσθιοι εκπαιδευτικοί, και κάποιοι ήταν υποψήφιοι εκπαιδευτικοί.



Σχήμα 4: εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενοι συνεργάζονται στον ΗΥ (αριστερά) και συζητούν σε ολομέλεια (δεξιά)

Το σεμινάριο πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο πληροφορικής του 2ου Πρότυπου Πειραματικού Λυκείου Αθήνας και είχε κυρίως εργαστηριακή μορφή. Οι εκπαιδευτικοί πειραματίστηκαν με construals σε περιβάλλον βασισμένο στον ΗΥ (JS-EDEN) και συμμετείχαν σε συζητήσεις για την αξιολόγηση της πρακτικής “making construals” όσον αφορά στη δυνατότητα αξιοποίησής της στη διδασκαλία και τη μάθηση.

Το πρόγραμμα ξεκίνησε με μια εισαγωγή στις ιδέες που βρίσκονται πίσω από την κατασκευή construals. Τα βασικά στοιχεία ενός construal (observables, dependencies, agency) παρουσιάστηκαν μέσω κατάλληλα επιλεγμένων παραδειγμάτων (π.χ. [the JUGS construal](#))

Ακολούθησε το εργαστήριο «Εξερευνώντας και τροποποιώντας construals: δραστηριότητες με το shopping construal», οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να εργαστούν σε ομάδες των δύο σε έναν σταθμό εργασίας υπολογιστή. Ένα φύλλο εργασίας με 5 δραστηριότητες με βάση το shopping construal (βλ [Φύλλο Εργασίας 1](#)) και το προγραμματιστικό περιβάλλον JS-EDEN. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν με συντομία τα construals *Light in the Room* ([φύλλο εργασίας 2](#)) και *Electrical Circuit* ([φύλλο εργασίας 3](#)) και οι εκπαιδευτικοί εργάστηκαν (ή μάλλον έπαιξαν!) με τα δύο construals.

Η επόμενη συνεδρία πλαισιώθηκε από τρεις ερωτήσεις που τέθηκαν: «τι μπορούν να κάνουν τα construals για τους εκπαιδευτικούς;», «ποιες δεξιότητες σχετίζονται με την κατασκευή construals;», «τι πόροι θα μπορούσαν να στηρίξουν/παρακινήσουν την εμπλοκή των εκπαιδευτικών;» Στη συνέχεια πειράματα και δραστηριότητες οργανώθηκαν με τα ακόλουθα construals: το κουτί του φωτός, ο χρωματισμός εξαγώνου και το παιχνίδι NIM (όλα τα construals είναι διαθέσιμα μέσω της λίστας των

έργων (project list) στο περιβάλλον JSEDEN προσβάσιμο από τον σύνδεσμο jseden.dcs.warwick.ac.uk/scifest). Μετά από μια σύντομη παρουσίαση του construal, οι εκπαιδευτικοί εργάστηκαν, και πάλι σε ζεύγη, με τα construals κάνοντας τις δικές τους εξερευνήσεις και πειραματισμούς υποστηριζόμενοι από τους εκαπιδευτές. Επιπλέον παρουσιάστηκε η δυνατότητα για καταναεμημένη αλληλεπίδραση με το construal NIM που έδωσε στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να παίζουν το παιχνίδι NIM σε συνεργασία με έναν άγνωστο "μακρινό" αντίπαλο, ο οποίος ήταν σε αυτή την περίπτωση ένας άλλος εκπαιδευτικός. Τέλος, παρουσιάστηκε το construal πιάνο καταδεικνύοντας πώς τα πολυμέσα μπορούν να ενσωματωθούν σε construals.

Στην τελευταία συνεδρία, διεξήχθη μια τελική συζήτηση / αξιολόγηση με βάση τις εμπειρίες των εκπαιδευτικών από το σεμινάριο. Η συζήτηση ήταν πολύ ζωντανή και διήρκεσε περισσότερο από όσο είχε προγραμματιστεί (πλέον της μίας ώρας). Κάποιοι εκπαιδευτικοί εκτίμησαν ότι τα construals προσφέρουν πολλές δυνατότητες μάθησης, ενώ άλλοι ήταν πιο επιφυλακτικοί και διέκριναν δυσκολίες για την αξιοποίηση των construals στη σχολική τάξη που τις εντόπισαν κυρίως στις υψηλές προγραμματιστικές απαιτήσεις της κατασκευής construals. Ωστόσο, οι περισσότεροι υποστήριξαν ότι πειραματισμοί και εξερευνήσεις με τα διαθέσιμα construals είναι εφικτοί και μπορούν να υποστηρίξουν τη μάθηση. Υπήρξαν, επίσης, ενδιαφέρουσες συζητήσεις μεταξύ των εκπαιδευόμενων που συνέκριναν τα construals με εκπαιδευτικά προγράμματα που ήδη χρησιμοποιούν για να εισάγουν τους μαθητές τους στην πληροφορική παιδεία (π.χ. Scratch, Gamemaker κλπ), διακρίνοντας πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η αξιολόγηση του σεμιναρίου είναι σε εξέλιξη και θα βασιστεί στην ανάλυση της συζήτησης που προαναφέρθηκε και ενός online ερωτηματολογίου που συμπλήρωσαν οι εκπαιδευτικοί.

Οι εκπαιδευτικοί προσκλήθηκαν να συνεχίσουν τους πειραματισμούς τους με τα construals online, να σκεφτούν πιθανά σενάρια που θα μπορούσαν να εφαρμόσουν με τους μαθητές τους και τελικώς να αποτελέσουν τον πρώτο πυρήνα για τη δημιουργία της Ελληνικής κοινότητας των 'Construiters'. Η πρόσκληση αυτή είναι ανοιχτή στους εκπαιδευτικούς που θα θελήσουν να συμμετάσχουν στις επόμενες δράσεις του έργου που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων νέα σεμινάρια την επόμενη σχολική χρονιά (Σεπτένβριος 2015, Μάιος 2016) που θα οργανωθούν σε συνεργασία με τις σχολικές επιτροπές β/θμιας εκπαίδευσης της 2^{ης}, 4^{ης} και 7^{ης} Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων. Μέχρι τότε οι ενδιαφερόμενοι εκπαιδευτικοί μπορούν να αναζητήσουν σχετικό υλικό:

- Στον επίσημο ιστότοπο του έργου CONSTRUIT! <http://www.construit.org>
- Στον ιστότοπο του Warwick Univ. <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/dcs/research/em/construit/>
- Στο περιβάλλον JS-EDEN jseden.dcs.warwick.ac.uk/scifest όπου όλα τα construals που αναφέρονται σε αυτή την εργασία είναι διαθέσιμα μέσω της λίστας των έργων (project list).

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was based on work done in the framework of the CONSTRUIT! project (2014-1-UK01-KA200-001818), This project has been funded with support from the European Commission under the Erasmus+ programme. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Beynon, M. (2012), Modelling with experience: construal and construction for software. (2012) Chapter 9 in Ways of Thinking, Ways of Seeing (ed. Chris Bissell and Chris Dillon), Automation, Collaboration, & E-Services Series 1, Springer-Verlag, January 2012

Beynon, M. (2013). Turing's approach to modelling states of mind. In (eds. S Barry Cooper and Jan van Leeuwen) Alan Turing - His Work and Impact, Elsevier, May 2013, 85-91

Ferguson, E.S. (1994). Engineering and the Mind's Eye, The MIT Press. (page 168)

Gooding, D. (1990). Experiment and the Making of Meaning: Human Agency in Scientific Observation and Experiment. Dordrecht: Kluwer.

Gooding, D. (2007). Some Historical Encouragement for TTC: Alchemy, the Calculus and Electromagnetism, <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/dcs/research/em/thinkcomp07/gooding2.pdf> (Accessed 10/5/2011)

Halford, S., Pope, C., Carr, L. (2010). A Manifesto for Web Science. In Proceedings of the WebSci10: Extending the Frontiers of Society On-Line, <http://journal.webscience.org/297/>.

Jackiw, R.N., Finzer. W.F. (1993). The Geometer's Sketchpad: Programming by Geometry. <http://acypher.com/wwid/Chapters/13Sketchpad.html>

Jackson, M.A. (2006). What can we expect from program verification? *IEEE Computer*, 39(10), 53–59.

Monks, T., Pope, N., Myers, R., Harfield, A., Beynon. M., Zhu, H. (2013) Web support for e-learning: a constructivist computing approach. *Proceedings of the International Conference on E-Technologies and Business on the Web (EBW2013)*, University of the Thai Chamber of Commerce (UTCC), Thailand, May 7-9, 2013, 181-188

Naur, P. (1995). *Knowing and the Mystique of Logic and Rules*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Tait, Bob and Lynn (2003). *More walks around Paleochora*, Goographics, Chania, Crete

Turing, A.M. (1936). On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, *Proc. Lond. Math. Soc.* (2), 42, 230-265

Wing, J. M. (2006). Computational thinking." *Comm. of the ACM* 49.3: 33-35.

The Flyertalk forum, <http://www.flyertalk.com/forum/delta-air-lines-skymiles/1240660-somewhat-unusual-question-tagged-luggage-said-hot.html>