

2DrawChemQuiz: Σχεδιασμός, ανάπτυξη και εφαρμογή ενός γνωστικού εργαλείου εξάσκησης στη σχεδίαση και χειρισμό ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός γνωστικού εργαλείου εξάσκησης στη σχεδίαση και το χειρισμό συντακτικών τύπων άκυκλων οργανικών ενώσεων, του 2DrawChemQuiz. Η τοπολογία, η συνδεσιμότητα και η γεωμετρική διαμόρφωση των συντακτικών τύπων μοντελοποιήθηκε με κατάλληλες δομές δεδομένων που επιτρέπουν τον αλγοριθμικό τους χειρισμό, εφαρμόζοντας έννοιες και μεθόδους της χημικής θεωρίας γράφων. Η μοντελοποίηση αυτή επιτρέπει την αποθήκευση, ανάκληση, τη γεωμετρική και τοπολογική σύγκριση μοριακών δομών και την ανάπτυξη μεθόδων διάδρασης. Το υλικό του κουίζ αποτελείται από εκατό ερωτήσεις εξάσκησης σε οπτικές και αναλυτικές στρατηγικές κατά την επίλυση προβλημάτων που αφορούν δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων. Το 2DrawChemQuiz εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μαθητές της Β' Λυκείου του 2ου Πειραματικού Λυκείου Αθηνών.

Abstract

The design, development and application of a cognitive tool for drawing and manipulating structural formulas, namely 2DrawChemQuiz, is presented. The topology, connectivity and geometrical configuration of structural formulas of acyclic organic compounds is modelled by the design of proper data structures that allow their algorithmic treatment, employing concepts and methods of Chemical Graph Theory. Chemical information modelling affords the storing, recalling and comparison of molecular structures topologically and geometrically and the development of interaction patterns. One hundred assessment problems on the topic of organic chemistry for secondary school were designed and developed. The scientific accuracy and the clarity of the items were assessed by teachers and students. 2DrawChemQuiz was applied to second grade students of 2nd Experimental Lyceum of Athens.

1. Εισαγωγή

Η μάθηση, από τη γνωστική ματιά, περιλαμβάνει ένα σύνολο γνωστικών διεργασιών κατά τις οποίες το μυαλό αλληλεπιδρά με κάποια εξωτερική πληροφορία, την επεξεργάζεται εσωτερικά και της προσάπτει νόημα εγκαθιδρύοντας συνδέσεις με προϋπάρχουσες νοητικές δομές (Thagard, 2005). Τα γνωστικά εργαλεία, σε αντίθεση με τα διδακτικά λογισμικά που μεταδίδουν την πληροφορία, είναι όργανα που σχεδιάζονται με σκοπό να υποστηρίζουν γνωστικές διεργασίες. Εμπλέκουν τον μαθητευόμενο σε διαλογική και κριτική σκέψη για την πληροφορία με την οποία αλληλεπιδρά, και συνεπώς μπορούν να επεκτείνουν τις δυνατότητες της ανθρώπινης νόησης (Joolingen 1999). Ένα γνωστικό εργαλείο περιέχει πληροφορία που αντιστοιχεί σε κάποιο γνωστικό αντικείμενο, την οποία καθιστά προσβάσιμη στο χρήστη μέσω διαδραστικών οπτικών αναπαραστάσεων στη διεπαφή του λογισμικού. Το είδος και η ποιότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού, όπως και οι δυνατότητες μάθησης που παρέχει, εξαρτώνται από την υπολογιστική μοντελοποίηση του γνωστικού αντικειμένου, τις δυνατότητες

αναπαράστασης της πληροφορίας και τις δυνατότητες διάδρασης με την αναπαριστώμενη πληροφορία.

Ερευνητικά δεδομένα συνδέουν τη μετάβαση των μαθητών από τη χρήση οπτικών στρατηγικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων με την απόκτηση της εμπειρίας (Stieff 2007). Επίσης, έχει βρεθεί ότι η εκπαιδευτική διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης των οπτικοχωρικών και την αύξηση της χρήσης των αναλυτικών στρατηγικών και ότι ο τύπος της διδασκαλίας επηρεάζει το βαθμό της μετάβασης αυτής (Hegarty et al. 2013). Πιο συγκεκριμένα, έρευνες έχουν δείξει ότι οι αναλυτικές στρατηγικές υιοθετούνται περισσότερο από όσους εξασκούνται στις αναλυτικές στρατηγικές, λιγότερο από αυτούς που εξασκούνται και στα δύο είδη των στρατηγικών και ακόμα λιγότερο από λύτες οι οποίοι εξασκούνται μόνο στις οπτικές στρατηγικές (Hegarty et al. 2013, Stieff et al. 2014). Είναι, επομένως, σημαντικό να αναπτυχθούν εργαλεία εξάσκησης στις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων που να χρησιμοποιούνται παράλληλα με τη διδασκαλία, καθώς, σύμφωνα με τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα, μπορούν να οδηγήσουν στην υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών και την απόκτηση της χημικής γνώσης.

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του 2DrawChemQuiz, το οποίο είναι ένα γνωστικό εργαλείο εξάσκησης στη σχεδίαση και χειρισμό συντακτικών τύπων άκυκλων οργανικών ενώσεων. Αν και έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα επιστημονικών λογισμικών μοντελοποίησης και σχεδιασμού συντακτικών τύπων (Gunda 2016), κανένα δεν παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης εκπαιδευτικών σεναρίων και ερωτήσεων αξιολόγησης. Ο σχεδιασμός και η παρουσίαση του 2DrawChemQuiz γίνεται με βάση το πλαίσιο Επιστημολογίας και Σχεδιασμού Διάδρασης Ανθρώπου-Πληροφορίας σε Γνωστικές Δραστηριότητες (*EDIFICE*) (Sedig & Parsons 2016, Sedig & Parsons, 2013), σύμφωνα με το οποίο η δομή και η λειτουργία ενός γνωστικού εργαλείου μπορεί να αναλυθεί σε πέντε χώρους: α) χώρος πληροφορίας, β) υπολογιστικός χώρος, γ) χώρος αναπαράστασης, δ) χώρος διάδρασης, και ε) νοητικός χώρος. Ο νοητικός χώρος αναφέρεται στις εσωτερικές νοητικές διεργασίες και τις μεταβολές στα νοητικά μοντέλα που λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση πολύπλοκων γνωστικών διεργασιών που αναδύονται από τη διάδραση του μαθητευόμενου με το γνωστικό εργαλείο. Το θεωρητικό πλαίσιο του νοητικού χώρου περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και η διερεύνησή του αποτελεί αντικείμενο μεταγενέστερης έρευνας.

2. Μεθοδολογία

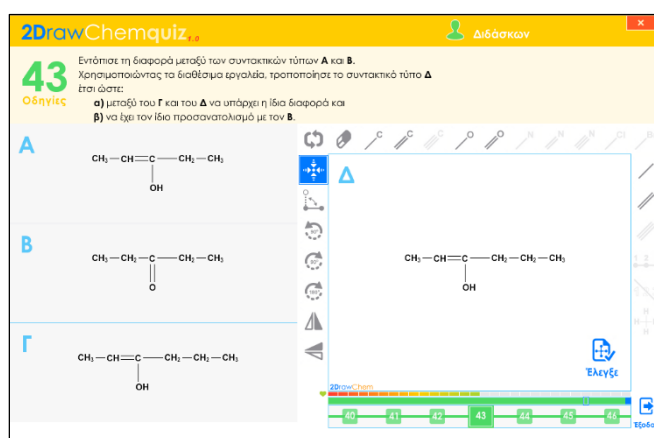
Χώρος Πληροφορίας και Υπολογιστικός Χώρος

Η τοπολογία, η συνδεσιμότητα και η γεωμετρική διαμόρφωση των συντακτικών τύπων μοντελοποιήθηκε με κατάλληλες δομές δεδομένων που επιτρέπουν τον αλγοριθμικό τους χειρισμό, εφαρμόζοντας έννοιες και μεθόδους της χημικής θεωρίας γράφων. Η Θεωρία Γράφων είναι ένας κλάδος των διακριτών μαθηματικών που μελετά την τοπολογία και τη συνδυαστική (combinatorics), εστιάζοντας στην συνδεσιμότητα των στοιχείων και τις συνέπειές της. Η Χημική Θεωρία Γράφων είναι ένα παρακλάδι της Θεωρητικής και Μαθηματικής Χημείας που περιγράφει τη μοριακή δομή και τις ιδιότητές της μέσα από τον μαθηματικό φορμαλισμό της Θεωρίας Γράφων (Kerber *et. al*, 2013, Janezic *et al*. 2015). Σε αυτό το πλαίσιο, στην παρούσα εφαρμογή, ο συντακτικός τύπος θεωρείται ριζωμένο διατεταγμένο βεβαρημένο δέντρο. Η μοντελοποίηση αυτή επιτρέπει την αποθήκευση, ανάκληση, τη γεωμετρική και τοπολογική σύγκριση μοριακών δομών καθώς και την ανάπτυξη μεθόδων διάδρασης. Η μοντελοποίηση της μοριακής δομής και η αντικειμενοστραφής αρχιτεκτονική επιτρέπουν την ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού που εμπεριέχει στοχευμένες δραστηριότητες (μακρο-διαδραστικότητα).

Χώρος Αναπαράστασης και Διάδρασης

Συνολικά υλοποιούνται 10 μοτίβα διάδρασης ανθρώπου-πληροφορίας (Sedig & Parsons 2013) στα οποία κατανέμονται 30 διαδράσεις. Η λειτουργική υλοποίηση κάθε διάδρασης (*μικρο-διαδραστικότητα*) σχεδιάστηκε και αναλύθηκε με βάση τρία δομικά στοιχεία: α) διαιρετότητα, β) εστίαση και γ) ροή. Με το 2DrawChemQuiz ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να σχεδιάζει ελεύθερα και απεριόριστα συντακτικούς τύπους προσθέτοντας ή αφαιρώντας άτομα άνθρακα, οξυγόνου, αζώτου και αλογόνων με απλούς, διπλούς ή τριπλούς δεσμούς, όπου είναι χημικά επιτρεπτό. Οι δεσμοί απεικονίζονται με οριζόντιο ή κατακόρυφο προσανατολισμό. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτελεί περιστροφές και κατοπτρισμούς στον συντακτικό τύπο, να περιστρέφει οποιοδήποτε θραύσμα του συντακτικού τύπου ως προς το υπόλοιπο μόριο, καθώς και να αριθμεί τα άτομα του άνθρακα αναζητώντας την αρίθμηση που αντιστοιχεί στην κύρια ανθρακική αλυσίδα. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης του μοριακού τύπου καθώς και η έκταση/σύμπτυξη των ατόμων υδρογόνου.

Σχήμα 2. Γραφική διεπαφή 2DrawChemQuiz με πρόβλημα τροποποίησης.



Σχεδιασμός Προβλημάτων Αξιολόγησης

Το 2DrawChemQuiz υλοποιήθηκε σε δύο εκδόσεις, με 50 προβλήματα αξιολόγησης σε κάθε έκδοση, τα οποία αφορούν στο γνωστικό αντικείμενο των οργανικών ενώσεων για την ύλη της Β' Λυκείου. Οι ερωτήσεις αξιολογήθηκαν από καθηγητές και μαθητές ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο και τη σαφήνεια τους. Κάθε πρόβλημα περιέχει τη λεκτική περιγραφή και δύο καμβάδες: έναν στατικό που περιέχει τη μοριακή αναπαράσταση της εκφώνησης και έναν διαδραστικό που περιέχει την μοριακή αναπαράσταση της αρχικής κατάστασης του προβλήματος. Ο χρήστης καλείται να μετασχηματίσει ή να τροποποιήσει μια υπάρχουσα μοριακή δομή ή να τη δημιουργήσει από την αρχή προκειμένου να λύσει το πρόβλημα.

3. Αποτελέσματα

Λειτουργικότητα

Το 2DrawChemQuiz αποτελεί αυτόνομη εφαρμογή και ο χρήστης μπορεί ελεύθερα να εργαστεί σε αυτό. Η πρόσβαση στο διαγνωστικό του μέρος γίνεται με έλεγχο ταυτότητας (όνομα και κωδικός χρήστη) ο έλεγχος των οποίων γίνεται μέσω διαδικτυακής σύνδεσης με κεντρικό εξυπηρετητή. Το λογισμικό αποθηκεύει τα χαρακτηριστικά και τις επιδόσεις του χρήστη στη βάση δεδομένων του εξυπηρετητή, έτσι ώστε κάθε φορά που αυτός συνδέεται να συνεχίζει από εκεί που σταμάτησε. Το λογισμικό αξιολογεί αυτόματα και αλγοριθμικά την ορθότητα της λύσης. Τα προβλήματα παρουσιάζονται σειριακά με τη μορφή επιπέδων. Ο χρήστης έχει πρόσβαση στα προβλήματα που έχει λύσει και στο τρέχον άλυτο πρόβλημα, ενώ τα επόμενα είναι μη προσβάσιμα. Όταν ο χρήστης επιλύσει σωστά ένα πρόβλημα αποκτά πρόσβαση στο επόμενο και προωθείται σε αυτό. Οι απαντήσεις των χρηστών, οι χρόνοι χρήσης του

λογισμικού και άλλες πληροφορίες αποθηκεύονται μέσω κώδικα php σε διαδικτυακή βάση δεδομένων (MySQL) και είναι διαθέσιμες για στατιστική επεξεργασία.

Εφαρμογή στην εκπαιδευτική διαδικασία

Το 2DrawChemQuiz εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μαθητές της Β' Λυκείου του 2ου Πειραματικού Λυκείου Αθηνών. Από τους 58 μαθητές που συμμετείχαν, ένας ολοκλήρωσε το κουίζ 3 φορές, τρεις 2 φορές και 20 μία φορά. Ο ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης του κουίζ ήταν 15', ο μέγιστος 70' με μέσο όρο 46'. Από τους υπόλοιπους 34 μαθητές, οι 23 απάντησαν σε τουλάχιστον το 40% των ερωτήσεων του κουίζ.

4. Συμπεράσματα

Η υπολογιστική μοντελοποίηση της μοριακής δομής με βάση τη χημική θεωρία γράφων επέτρεψε την ανάπτυξη ενός γνωστικού εργαλείου οπτικοποίησης διαδραστικών αναπαραστάσεων, στο οποίο οι μαθητευόμενοι μπορούν να εκτελούν επιστημικές δράσεις δημιουργώντας, τροποποιώντας, μετασχηματίζοντας και συγκρίνοντας συντακτικούς τύπους μέσα σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο με στοχευμένες δραστηριότητες. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εξάσκηση των μαθητών σε οπτικές και αναλυτικές στρατηγικές, επίλυσης προβλημάτων που αφορούν δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων.

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ε.Ε. (ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του ΕΣΠΑ – Ερευνητικό Έργο: ΘΑΛΗΣ.

5. Βιβλιογραφία

Gunda, T. E. (2016). Chemical Drawing Programs – The Comparison of Accelrys (Symyx) Draw, ChemBioDraw (ChemDraw), DrawIt, ACD/ChemSketch, ChemDoodle and Chemistry 4-D Draw, *University of Debrecen, Department of Pharmaceutical Chemistry*, <http://www.gunda.hu/dprogs/> (Accessed 27-1-2017)

Janezic, D., Milicevic, A., Nikolic, S., Trinajstic, N. (2015). *Graph-Theoretical Matrices in Chemistry*. CRC Press, Taylor & Francis Group, NW

Joolingen, W. Van. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 385–397.

Kerber, A., Laue, R., Meringer, M., Rücker, C., & Schymanski, E. (2013). *Mathematical Chemistry and Chemoinformatics*. Berlin, Boston: DE GRUYTER.

Sedig, K., & Parsons, P. (2016). Design of Visualizations for Human-Information Interaction: A Pattern-Based Framework. *Synthesis Lectures on Visualization*, 4(1), 1–185.

Sedig, K., & Parsons, P. (2013). Interaction Design for Complex Cognitive Activities with Visual Representations: A Pattern-Based Approach. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 5, 84 – 133.

Thagard, P. (2005). *Mind: Introduction to cognitive science*. 2nd Ed. Cambridge, MA: MIT Press.

Hegarty, M., Stieff, M., & Dixon, B. L. (2013). Cognitive change in mental models with experience in the domain of organic chemistry. *Journal of Cognitive Psychology*, 25 (2), 220-228.

Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction*, 17, 219-234.

Stieff, M., Dixon, B. L., Ryu, M., Kumi, B., & Hegarty, M. (2014). Strategy training eliminates sex differences in spatial problem solving in a stem domain. *Journal of Educational Psychology*, 106 (2), 390-402.