

Εφαρμογή Τεχνικών Οφθαλμικών Καταγραφών για τη Μελέτη Χειρισμού και Επεξεργασίας της Πληροφορίας από Χρήστες Πολυαναπαραστασιακού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος με Αντικείμενο τις Προβολές Fischer & Newman

Περίληψη

Στην εργασία αυτή, γίνεται μελέτη της συμπεριφοράς δείγματος χρηστών κατά τον χειρισμό ενός διδακτικού εργαλείου οπτικοποίησης χημικών αναπαραστάσεων. Σκοπός είναι να εξεταστεί το κατά πόσον η επιστημονική εμπειρία επηρεάζει τον τρόπο και τον χρόνο επεξεργασίας του υλικού και συγκεκριμένων αναπαραστάσεων, όπως οι προβολές τύπου Fischer και Newman, οι αναπαραστάσεις στικτών και έντονων γραμμών, οι τρισδιάστατες μοριακές οπτικοποιήσεις, τα ενεργειακά διαγράμματα καθώς και η λεκτική πληροφορία που πλαισιώνει τις αναπαραστάσεις αυτές. Κατά την ερευνητική διαδικασία, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία ημιδομημένων συνεντεύξεων καθώς και η μεθοδολογία οφθαλμικών καταγραφών. Τα συμπεράσματα προέκυψαν από την ανάλυση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών δεδομένων.

Abstract

In this paper, we investigate the users' behavior while handling an educational software which visualizes various chemical representations. We examine the role of the scientific expertise and the way that affects the time and the kind of the processing of chemical representations such as Fischer projections, Newman projections, Dash-Wedge diagrams, 3D molecular representations and verbal information. The research procedure consisted of interviews and eye tracking methodology. Conclusions were drawn from qualitative and quantitative analysis.

1. Εισαγωγή

Ο οπτικός εγγραμματισμός είναι μια έννοια ιδιαίτερα σημαντική για την επιστήμη της Χημείας (Schönborn & Anderson, 2009). Απαραίτητες δεξιότητες για τους φοιτητές Χημείας, αποτελούν η κατανόηση των χημικών αναπαραστάσεων, η ικανότητα αναγνώρισης και ανάλυσης μεμονωμένων χαρακτηριστικών τους, καθώς και η δυνατότητα σύνδεσης και μετάφρασης μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων (Nitz & Ainsworth 2014). Ο μηχανισμός κατανόησης και χρήσης των διάφορων χημικών αναπαραστάσεων απετέλεσε αντικείμενο πλήθους μελετών (Kumi et al. 2013, Olimpo et al. 2015). Ο βαθμός αντίληψης των αναπαραστάσεων, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλικία, οι πρότερες γνώσεις, το γενικότερο επίπεδο μόρφωσης, οι οπτικοχωρικές δεξιότητες, η ικανότητα διασύνδεσης της πληροφορίας και ο βαθμός κατακερματισμού της γνώσης (Sim & Daniel 2014, Harle & Towns 2011, Stull et al. 2012). Πολλοί αρχάριοι φοιτητές Χημείας παρουσιάζουν δυσκολία στην αναγνώριση των συνδέσεων ανάμεσα στις διάφορες αναπαραστάσεις, ενώ η προσοχή τους επικεντρώνεται κυρίως στα επιφανειακά χαρακτηριστικά (Kozma & Russell 2005, Olimpo et al. 2015). Οι εμπειρογνώμονες χημικοί έχουν αναπτυγμένες αναπαραστασιακές δεξιότητες όπως η αναγνώριση χωρικών σχέσεων και ο νοητικός χειρισμός μοντέλων (Kozma & Russell 2005) και μπορούν να επιτελέσουν ουσιαστική επεξεργασία των αναπαραστάσεων μέσω της ευχέρειας που τους προσφέρουν οι γνωστικές στρατηγικές (Stieff & Raje 2010). Η διασύνδεση πολλαπλών αναπαραστάσεων σε έντυπο ή ψηφιακό υλικό μπορεί να

λειτουργήσει θετικά για την κατανόηση επιστημονικού υλικού σε μια διδακτική διαδικασία, ενώ η κατάλληλη χρήση λογισμικών μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη δεξιοτήτων και ενίσχυση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών (Stieff, 2011). Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο επηρεάζεται η χρήση και η επεξεργασία της πληροφορίας εκπαιδευτικού υλικού Χημείας από την επιστημονική εμπειρία των χρηστών.

2. Μεθοδολογία

Μεθοδολογικά Εργαλεία

Η αποτίμηση του τρόπου χρήσης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού απαιτεί μια σειρά από μεθόδους αξιολόγησης που λειτουργούν σαν συστηματικές και αντικειμενικές διαδικασίες και έχουν στόχο να συγκεντρώνουν, να αναλύουν και να καταστούν κατανοητή την πληροφορία (Fitzpatrick et al. 2004). Για τους σκοπούς αυτής της έρευνας θεωρήθηκε σημαντική η συνύπαρξη ποιοτικών αλλά και ποσοτικών διερευνητικών μεθόδων. Μια σύγχρονη μέθοδος ικανή να αποδώσει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα, είναι η μέθοδος των οφθαλμικών καταγραφών. Το λογισμικό του καταγραφέα συγκεντρώνει τα ανιχνεύσιμα σημεία εστίασης και άλλα στοιχεία της διάδρασης του συμμετέχοντα με το υλικό που του προβάλλεται στην οθόνη. Παρέχεται η δυνατότητα στον ερευνητή να έχει μια γενική-εποπτική εικόνα, ενώ η ανάλυση των καταγεγραμμένων δεδομένων για τις προκαθορισμένες περιοχές ενδιαφέροντος (αριθμός εστιάσεων και διαδράσεων μέσω «ποντικιού», χρόνοι εστίασης κ.α.) μπορεί να οδηγήσει σε πιο λεπτομερή ανάλυση. Μια άλλη μέθοδος από την οποία μπορεί να προκύψει ένας μεγάλος όγκος ποιοτικών δεδομένων για τη μελέτη της νοητικής συμπεριφοράς ενός ατόμου, είναι αυτή των ημιδομημένων συνεντεύξεων. Η φύση της την καθιστά ιδιαίτερα σημαντική για έρευνες που θέλουν να εισέλθουν σε βάθος και να αποκωδικοποιήσουν ένα τμήμα του τρόπου λειτουργίας της ανθρώπινης νόησης.

Ερευνητική Διαδικασία

Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο ενότητες εκπαιδευτικού υλικού (Κουταλάς κ.ά. 2015), όπου η μία αφορά τις προβολές Fischer και η άλλη τις προβολές Newman. Το υλικό χορηγήθηκε σε 37 άτομα (20 προπτυχιακούς φοιτητές Χημείας και 17 πτυχιούχους που συνέχιζαν σε μεταπτυχιακές σπουδές) με στόχο να μελετηθεί ο τρόπος χρήσης του καθώς και η χρήση των περιεχόμενων αναπαραστάσεων, σε σχέση με το βαθμό εμπειρίας.

Αρχικά, οι συμμετέχοντες απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο για την κάθε ενότητα του υλικού και στη συνέχεια πλοηγήθηκαν στο κύριο μέρος του υλικού το οποίο αποτελείται από: α) το *θεωρητικό μέρος*, που συνδυάζει λεκτική πληροφορία με δισδιάστατες και τρισδιάστατες στατικές μοριακές οπτικοποιήσεις, β) το τμήμα *οπτικοποίησης* της έννοιας που συνδυάζει δισδιάστατες και τρισδιάστατες διαδραστικές αναπαραστάσεις (προβολές Fischer και Newman, αναπαραστάσεις στικτών και έντονων γραμμών, τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και ενεργειακά διαγράμματα), γ) το τμήμα *εξάσκησης* με διαδραστικές ασκήσεις που αφορούσαν την εκάστοτε έννοια και δ) το *ερωτηματολόγιο αξιολόγησης*.

Κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας καταγράφηκαν οι οφθαλμικές κινήσεις των συμμετεχόντων. Μετά από την απάντηση του ερωτηματολογίου ακολούθησε συνέντευξη που αφορούσε τον τρόπο χρήσης και διάδρασης με το υλικό καθώς και την μεταβολή των στρατηγικών απάντησης ανάμεσα στα δύο ερωτηματολόγια.

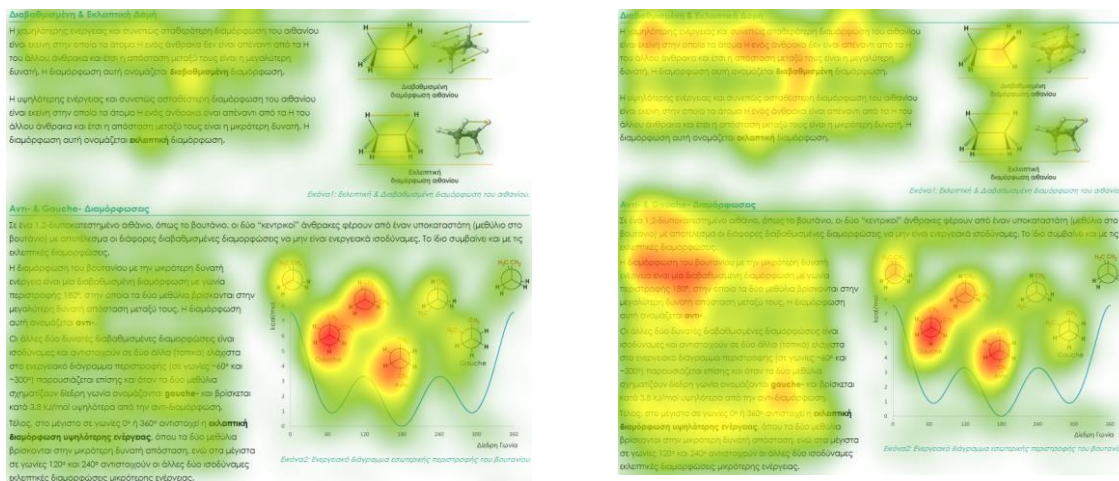
Οι συνεντεύξεις αναλύθηκαν από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας και οι απόψεις των συμμετεχόντων καταγράφηκαν σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα. Τα δεδομένα του οφθαλμικού καταγραφέα μελετήθηκαν σε πρώτη φάση ποιοτικά, μέσω των θερμικών χαρτών (heatmaps) για τις καθορισμένες περιοχές ενδιαφέροντος, αποδίδοντας μια γενική εικόνα του τρόπου συμπεριφοράς για το σύνολο των εμπειρών και αρχάριων χρηστών. Ακολούθησε ποσοτική μελέτη, με στατιστική ανάλυση των χρόνων εστίασης στις περιοχές ενδιαφέροντος, του αριθμού των εστιάσεων και των διαδράσεων στις ίδιες περιοχές.

3. Αποτελέσματα

Από τις συνεντεύξεις προκύπτει μια γενικότερη προτίμηση των αρχάριων στην πληροφορία του θεωρητικού μέρους που έρχεται σε αντίθεση με την προτίμηση των έμπειρων σε ότι αφορά τις προβολές Fischer. Επιπλέον, οι αρχάριοι παρουσιάζουν προτίμηση στην τρισδιάστατη αναπαράσταση της οπτικοποίησης, κάτι που δεν φαίνεται στις απαντήσεις των εμπειρογνομώνων. Στην ενότητα των προβολών Newman δεν φαίνεται μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις προτιμήσεις τόσο για τις αναπαραστάσεις όσο και για την πληροφορία.

Από τα ποιοτικά δεδομένα του οφθαλμικού καταγραφέα προέκυψε μια τάση α) των αρχάριων να ελέγχουν συνολικότερα τα μόρια και β) των εμπειρογνομώνων να ελέγχουν στοχευμένα περιοχές των μορίων που μελετούσαν. Οι αρχάριοι φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη λεκτική πληροφορία και στις δύο ενότητες. Για τη θεωρία των προβολών Fischer, παρουσιάζεται μια τάση να ελέγχουν περισσότερο την δισδιάστατη στατική εικόνα από την τρισδιάστατη (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Ενδεικτικός Θερμικός Χάρτης που αφορά τον χρόνο εστίασεων των έμπειρων (αριστερά) των αρχάριων συμμετεχόντων (δεξιά) στη σκηνή με το Θεωρητικό μέρος των Προβολών Newman



Στα γενικά ποσοτικά αποτελέσματα παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους χρόνους των δύο ομάδων όταν εξετάζουν το θεωρητικό μέρος των δύο τμημάτων υλικού που τους χορηγήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση διακύμανσης κατά ένα κριτήριο, οι αρχάριοι φαίνεται να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο εστίασης από τους έμπειρους χημικούς στη λεκτική πληροφορία: α) $F(1,36)=7.13(p<0.05)$ για τη θεωρία των Fischer και β) $F(1,36)=6.52(p<0.05)$ για τη θεωρία των προβολών Newman. Στο θεωρητικό μέρος των προβολών Fischer από την ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων προέκυψε ότι οι αρχάριοι φαίνεται να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στη δισδιάστατη αναπαράσταση από ότι στην τρισδιάστατη $F(1, 19)=13.84(p<0.01)$. Από την ανάλυση συσχετίσεων προέκυψαν αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όπως το γεγονός ότι ο χειρισμός της τρισδιάστατης αναπαράστασης στην οπτικοποίηση των προβολών Fischer, παρουσιάζει μέτρια θετική συσχέτιση με τη βελτίωση της επίδοσης $r(37)=0.44(p<0.05)$ και κάτι ανάλογο συμβαίνει με τις εστιάσεις στην αναπαράσταση «τετραεδρικού» τύπου $r(37)=0.35(p<0.05)$. Για τη θεωρία των προβολών Newman παρουσιάζεται αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση στο αρχικό ερωτηματολόγιο και τον αριθμό εστιάσεων στη λεκτική πληροφορία περιγραφής των βασικών εννοιών $r(37)=-0.41(p<0.05)$.

4. Συμπεράσματα

Εστιάζοντας στα γενικά συμπεράσματα είναι σημαντικό να επισημανθεί η προτίμηση των αρχάριων στην λεκτική πληροφορία για την εκμάθηση μιας έννοιας τόσο στις προβολές Fischer όσο και στις Newman. Η δήλωση προτίμησης των αρχάριων στις 3D αναπαραστάσεις, ίσως οφείλεται στη μικρή εξοικείωση τους σε αντίθεση με τους εμπειρογνώμονες που μπορούν ευκολότερα να οπτικοποιούν νοητικά στον τρισδιάστατο χώρο. Γενικότερα, φαίνεται ότι η ενασχόληση με συγκεκριμένα τμήματα του υλικού βοήθησε στη βελτίωση των επιδόσεων, ενώ η αρχικά ελλιπής γνώση συγκεκριμένων εννοιών οδηγούσε στη λεκτική πληροφορία για τη βελτίωση της. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα οδηγούν σε προτάσεις για τη βελτίωση του υπάρχοντος λογισμικού και τη δημιουργία νέων εκπαιδευτικών εφαρμογών για τη διδασκαλία των χημικών αναπαραστάσεων. Συμβάλλουν στην αναζήτηση λύσεων σε ζητήματα γύρω από τις αναπαραστασιακές δεξιότητες και τις χρησιμοποιούμενες στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων.

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

Βιβλιογραφία

- Κουταλάς, Β. Γ., Χαριστός, Ν. Δ., Σιγάλας, Μ. Π. (2015). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού Χειρισμού Τρισδιάστατων Μοριακών Μοντέλων και Δισδιάστατων Διαγραμματικών Αναπαραστάσεων με Αντικείμενο τις Προβολές Fischer και Newman. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη.
- Fitzpatrick, J. L., Sanders, J. R., Worthen, B. R. (2004). Program evaluation: Alternative approaches and practical guidelines (3rd edition). *Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc.*
- Harle, M., Towns, M. (2010). A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction, *Journal of Chemical Education*, 88 (3), 351-360.
- Kozma, R., Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence, In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*, 121. London: Kluwer.
- Kumi, B. C., Olimpo, J. T., Bartlett, F., & Dixon, B. L. (2013). Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D–3D diagrammatic relationships, *Chemistry Education Research and Practice*, 14 (2), 177.
- Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., Prechtel, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction*, 31, 13-22.
- Olimpo, J. T., Kumi, B. C., Wroblewski, R., Dixon, B. L. (2015). Examining the relationship between 2D diagrammatic conventions and students' success on representational translation tasks in organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 143.
- Schönborn, K.J., Anderson, T. R. (2009). A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31(2), 193-232.
- Sim, J. H., Daniel, E. G. S., Elwood, J. (2014). Representational competence in chemistry: A comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations. *Cogent Education*, 1(1).
- Stieff, M., & Raje, S. (2010). Expert algorithmic and imagistic problem solving strategies in advanced chemistry, *Spatial Cognition & Computation*, 10(1), 53.
- Stieff, M. (2011). When is a molecule three-dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry, *Science Education*, 95(2), 310.
- Stull, A. T., Hegarty, M., Dixon, B., & Stieff, M. (2012). Representational Translation With Concrete Models in Organic Chemistry. *Cognition & Instruction*, 30(4), 404-434.