ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2010)

5ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Ο ρόλος της τρισδιάστατης Ψηφιακής Μοντελοποίησης στη διδασκαλία του Προγραμματισμού: υλοποιώντας ένα μοντέλο του DNA – μια διαθεματική προσέγγιση

Β. Ρεπαντής, Δ. Κοντοσταυλάκη

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ρεπαντής Β., & Κοντοσταυλάκη Δ. (2023). Ο ρόλος της τρισδιάστατης Ψηφιακής Μοντελοποίησης στη διδασκαλία του Προγραμματισμού: υλοποιώντας ένα μοντέλο του DNA – μια διαθεματική προσέγγιση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 320–326. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5158

Ο ρόλος της τρισδιάστατης Ψηφιακής Μοντελοποίησης στη διδασκαλία του Προγραμματισμού: υλοποιώντας ένα μοντέλο του DNA – μια διαθεματική προσέγγιση

Β. Ρεπαντής[1], Δ. Κοντοσταυλάκη [2]

[1] Μηχανικός Η/Υ και Πληροφορικής MSc, Κολλέγιο Ψυχικού
[2] Βιολόγος PhD, Κολλέγιο Ψυχικού
{repantis, dkontost}@haef.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει κερδίσει έδαφος μια νέα προσέγγιση στα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού (και ειδικά του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού) σύμφωνα με την οποία οι μαθητές σχεδόν εξ' αρχής εμπλέκονται στη διαδικασία να γνωρίσουν την έννοια του αντικειμένου, να πειραματιστούν σε σχετικά σύνθετες εργασίες (projects), να μάθουν κάτι στην πράξη και όχι με βάση τους κανόνες. Η προσπάθεια αυτή συχνά πραγματώνεται σε περιβάλλοντα που υποστηρίζουν τρισδιάστατα γραφικά και δίνουν σημαντικές ευκαιρίες στην εκμάθηση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού μέσω μιας διαθεματικής προσέγγισης του μαθήματος. Στην παρούσα μελέτη υποστηρίζεται πως η θεματολογία των συνθετικών εργασιών των μαθητών μπορεί να αντλείται από τις Φυσικές Επιστήμες διευκολύνοντας τον μαθητή στην κατανόηση ενός φαινομένου ή συστήματος αλλά κυρίως επεκτείνοντας τις γνώσεις του στον Προγραμματισμό. Παρακάτω εξετάζεται η περίπτωση υλοποίησης ενός ψηφιακού μοντέλου του DNA από μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου στο Εργαστήριο Πληροφορικής του Κολλεγίου Ψυχικού.

Λέξεις κλειδιά: *ψηφιακή μοντελοποίηση, τρισδιάστατοι εικονικοί κόσμοι, διδακτική της Αλγοριθμικής*

Abstract

Nowadays, a new approach has been presented in the introductory courses on programming (especially object-oriented programming) in which students have to get involved in the process of understanding the concept of an object, of experimenting upon somewhat complicated projects and, thus, learn something in action, and not by its written rules. This approach is often supported by virtual 3D programming environments that give the opportunity of learning in a cross-thematic manner. In this study it is stated that the subject of these projects can be one that has to do with Natural Sciences making this way easier for student to understand a phenomenon or system, but primary broaden their programming skills. Also we present a case-study of teaching students of K9 (Psychico College Gymnasium) how to build such a digital model (a 3D model of a DNA structure) in the Computer Science lab.

Keywords: *digital modeling, 3d virtual worlds, Algorithmic didactics*

1. Εισαγωγή

Στην ίδια ηλικία που ένας μαθητής Γυμνασίου καλείται να κάνει τα πρώτα του βήματα στην Αλγοριθμική κάνει τα πρώτα του βήματα και στις Φυσικές Επιστήμες. Έναν κλάδο επιστημών στον οποίο οι μαθητές αντιμετωπίζουν συχνά προβλήματα καθώς καλούνται να προσεγγίσουν πλευρές του πραγματικού κόσμου με αφηρημένο τρόπο (Ahern, 2008).

Οι Zimmerman, Raghavan και Santoris (2003) παρατηρούν πως «στο Γυμνάσιο η έμφαση δίνεται περισσότερο στο περιεχόμενο παρά στη διαδικασία της εκμάθησης της νέας γνώσης, ένα περιεχόμενο συχνά αφηρημένο και περίπλοκο». Ο Hanauer et al. (2006) παρατηρεί πως «αναγκαστικά οι μαθητές μαθαίνουν τύπους και αλγορίθμους αφηρημένα και όχι πώς να τους χρησιμοποιούν σε ένα πλαίσιο προβλημάτων της πραγματικής ζωής». Το πρόβλημα με αυτού του τύπου τη μάθηση είναι πως στην πραγματικότητα η γνώση υποβιβάζεται σε πληροφορία και πως ο μαθητής πολύ εύκολα την ξεχνάει.

Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για την υπέρβαση αυτών των δυσκολιών είναι η δημιουργία ψηφιακών προσομοιώσεων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή ως γέφυρας που ενώνει την αντίληψη αλγορίθμων και τύπων με την πραγματική εφαρμογή τους.

2. Ψηφιακά μοντέλα, προσομοιώσεις και η υλοποίηση τους στην τάξη

Πρόκειται για υπολογιστικές αφαιρετικές αναπαραστάσεις πραγματικών ή υποθετικών καταστάσεων και φαινομένων που επιτρέπουν στο χρήστη να τροποποιήσει παραμέτρους στο εσωτερικό τους. Η έννοια επιστημονικό μοντέλο αναφέρεται σε ένα συνδυασμό των διαδικασιών (Ahern, 2008) ενσωμάτωσης βασικών χαρακτηριστικών της θεωρίας και των δεδομένων μέσα στο μοντέλο, αξιολόγησης του μοντέλου χρησιμοποιώντας κριτήρια όπως η ακρίβεια και η ακεραιότητα και αναθεώρησης του μοντέλου για να ενσωματώσει νέες θεωρητικές ιδέες και εμπειρικά ευρήματα.

Το ερώτημα που μπαίνει είναι το εξής:

Η έμφαση στην ψηφιακή μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων και συστημάτων (κατά τη διδασκαλία του «καθαρού» Προγραμματισμού) θα μπορούσε να επεκτείνει τις γνώσεις των μαθητών στο μάθημα της Πληροφορικής; Θα μπορούσε να αποτελεί μια εισαγωγική προσέγγιση στην έννοια του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού; Η παρούσα μελέτη κυρίως αυτό το θέμα πραγματεύεται.

3. Το πλαίσιο ένταξης της ψηφιακής μοντελοποίησης στη διδασκαλία του Προγραμματισμού

3.1 Η στρατηγική εκμάθησης

Οι σύγχρονες στρατηγικές εκμάθησης του προγραμματισμού (σε εισαγωγικό επίπεδο) δε διαχωρίζουν ως βασική ή δευτερεύουσα την κατάσταση από τη συνάρτηση και το αντίθετο. Εκμεταλλεύονται στη βάση τους, δηλαδή, τα πλεονεκτήματα που επέβαλλαν την επικράτηση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού τα τελευταία χρόνια. (Dann et al., 2000) Η παραδοσιακή διδασκαλία στα εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού αφορά στην ομαλή μετάβαση από τα απλά προβλήματα-προγράμματα σε περισσότερο σύνθετα προγράμματα και μεγάλες εργασίες. Οι στρατηγικές αυτές στοχεύουν στη χρήση των αντικειμένων (objects), στη χρήση των κλάσεων (classes) και των μεθόδων (methods) από την πρώτη κιόλας στιγμή. Όλα αυτά ταυτόχρονα με την εκμάθηση και χρήση των βασικών εννοιών του δομημένου προγραμματισμού (μεταβλητές, δομές όπως ακολουθίας, επιλογής, επανάληψης, κ.λπ.). Αν προσθέσουμε και όλες τις σχετιζόμενες με τη διάδραση έννοιες, καθώς και τη χρήση των γραφικών περιβαλλόντων εργασίας καταλήγουμε σε ένα πολύ μεγάλο φόρτο εννοιών που θα πρέπει από νωρίς να κατανοήσει ένας μαθητής. (Dann, et al., 2001) Ειδικά για τους μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου μια σειρά μελέτες τα τελευταία χρόνια αναδεικνύουν αυτές τις νέες μεθόδους στην γνωστική προσέγγιση των εννοιών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού (Cosgrove, et al., 2007; Dann et al., 2000; Kelleher & Pausch, 2005; Ahern, 2008).

3.2 Απαραίτητες προϋποθέσεις για τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα

Για να μπορέσει να αντεπεξέλθει ο μαθητής στην πολυπλοκότητα της παραπάνω προσέγγισης, θα πρέπει τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις. Οι σημαντικότερες μελέτες (Dann et al., 2001) επικεντρώνονται στις εξής:

- Η δημιουργία κώδικα πρέπει να γίνεται περισσότερο με την οπτική μορφοποίησή του και λιγότερο με την κλασσική πληκτρολόγηση γράμμα-γράμμα. Τα αναπόφευκτα συντακτικά λάθη (και η απογοήτευση που γεννούν) συνήθως αποτελούν τον βασικότερο ανασταλτικό παράγοντα στην πρόοδο των μαθητών αρχικά.
- Το περιβάλλον πρέπει να παρέχει κίνητρα. Η Turkle (Turkle, 1984) εδώ και 26 χρόνια είχε δει τη σχέση που μπορεί να υπάρξει ανάμεσα στη διδασκαλία του προγραμματισμού και στη δημιουργία παιχνιδιών. Είδε τον προγραμματισμό ως ένα τρόπο να δημιουργήσει κανείς ένα δικό του κόσμο, με τους δικούς του κανόνες και τα δικά του όρια. Η ιστορία έχει δείξει πως η δημιουργία προσομοιώσεων (ακολουθώντας κάποιους φυσικούς νόμους) μοιάζει πάρα πολύ με τη δημιουργία παιχνιδιών με κανόνες.
- Τα αντικείμενα πρέπει να είναι οπτικοποιημένα. Η χρήση τρισδιάστατων τεχνολογιών κάνει ιδιαίτερα ρεαλιστικά τα αντικείμενα.

Η Starlogo TNG (The Next Generation) αποτελεί ένα σύγχρονο υπολογιστικό περιβάλλον για τη γλώσσα Logo που υποστηρίζει τρισδιάστατα γραφικά και υποστηρίζεται από έναν συντάκτη της

λογικής «σύρε και άφησε» (drag ‘n drop editor). Αναπτύσσεται από το MIT Media Lab και διατίθεται δωρεάν στη διεύθυνση http://education.mit.edu/starlogo-tng και παρέχει σε υψηλό βαθμό τη δυνατότητα προσομοίωσης φυσικών συστημάτων μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης.

4. Μελέτη: Δημιουργία της προσομοίωσης του DNA ως δραστηριότητας ψηφιακής μοντελοποίησης στο μάθημα της Πληροφορικής Γ΄ Γυμνασίου

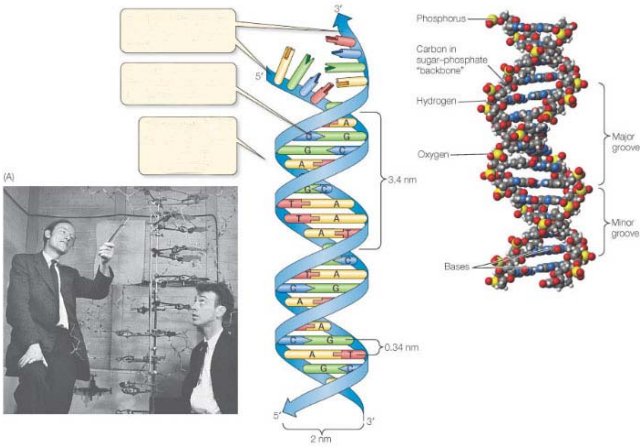
Με αφετηρία τις παραπάνω σκέψεις δημιουργήσαμε μια διαθεματική δραστηριότητα προσομοίωσης του DNA για μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου στο μάθημα της Πληροφορικής και ειδικά στο περιβάλλον της Starlogo TNG. Να σημειωθεί πως τα παιδιά διδάσκονται το DNA στο μάθημα της Βιολογίας ταυτόχρονα με την εκπόνηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου έγινε για τους εξής δύο λόγους: Αφ’ ενός, το μοντέλο είναι γενικά γνωστό, άρα και πιο εύληπτο το προγραμματιστικό μας σενάριο και άρα θα μπορούσε να κεντρίσει το ενδιαφέρον τους. Αφ’ εταίρου, με το μοντέλο αυτό είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι δυνατότητες του περιβάλλοντος Starlogo TNG για τρισδιάστατη (και άρα ελκυστική) αναπαράσταση αντικειμένων. Επιπλέον, η εφαρμογή του μοντέλου αυτού σε ένα επιστημονικό πεδίο είναι περισσότερο χρήσιμη εκπαιδευτικά από την κατασκευή ενός παιχνιδιού.. Οι βασικές πλευρές της μελέτης μας ήταν οι εξής:

4.1 Το μοντέλο

Το γενετικό υλικό των περισσότερων οργανισμών είναι το DNA. Το νουκλεϊκό αυτό οξύ αποτελείται από επιμέρους μονομερή, τα νουκλεοτίδια, καθένα από τα οποία αποτελείται από τρία επιμέρους συστατικά: ένα σάκχαρο, μια αζωτούχο βάση και μια φωσφορική ομάδα. Στην περίπτωση του DNA το σάκχαρο που απαντάται είναι η δεοξυριβόζη και οι δυνατές αζωτούχες βάσεις που συναντάμε είναι πουρίνες [αδενίνη (A), γουανίνη (G)] ή πυριμιδίνες [θυμίνη (T), κυτοσίνη (C)]. Η αλληλουχία των αζωτούχων βάσεων στο μόριο του DNA καθορίζει και τη γενετική πληροφορία που βρίσκεται γραμμένη στο μόριο αυτό.

Το μοντέλο του DNA στο οποίο τελικά κατέληξαν οι Watson και Crick είναι το μοντέλο της δεξιόστροφής διπλής έλικας σύμφωνα με το οποίο οι δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες του DNA είναι αντιπαράλληλες (προσανατολίζονται προς αντίθετες κατευθύνσεις) και συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου ανάμεσα στις αζωτούχες βάσεις. Τα ζεύγη των βάσεων ονομάζονται συμπληρωματικά και συγκεκριμένα η A πάντα σχηματίζει δύο δεσμούς υδρογόνου με τη T και η G πάντα τρεις δεσμούς υδρογόνου με την C. Κατά την περιστροφή των δύο αλυσίδων σχηματίζονται δύο αύλακες στη διπλή έλικα του DNA, μια μικρή αύλακα πλάτους περίπου 1,2 nm και μια μεγάλη αύλακα πλάτους περίπου 2,2 nm (Σχήμα 1) (Lewin 2004; Alberts et al., 2004).

Οι μαθητές της Γ’ Γυμνασίου στο μάθημα της Βιολογίας γνωρίζουν τα ζεύγη των συμπληρωματικών βάσεων και κατανοούν ότι σε κάθε μόριο DNA το ποσοστό της A θα είναι πάντα ίσο με το ποσοστό της T και το ποσοστό της G με το ποσοστό της C.



Σχήμα 1: *Οι Watson και Crick μπροστά από ένα τρισδιάστατο μοντέλο DNA και το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA (Pray 2008)*

4.2 Συμμετέχοντες

Στη μελέτη αυτή συμμετείχαν 77 μαθητές τριών τμημάτων της Γ΄ Γυμνασίου του Κολλεγίου Ψυχικού (ακαδημαϊκό έτος 2008-2009) καθώς και 25 μαθητές ενός τμήματος της ίδιας τάξης (ακαδημαϊκό έτος 2009-2010). Τα στατιστικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω αφορούν τους 25 μαθητές που πραγματοποίησαν τη δραστηριότητα αυτή φέτος.

4.3 Η διαδικασία

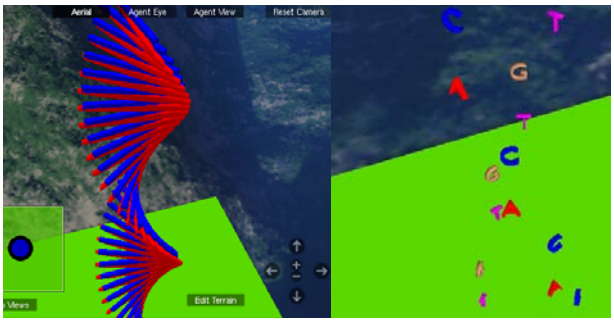
Δεδομένου ότι η εκπόνηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας απαιτούσε τη σύνθεση σημαντικών κομματιών της ύλης του μαθήματος της Πληροφορικής, όπως εκείνη διδάσκεται στην Γ΄ Γυμνασίου, η δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε μετά από 15 ώρες εισαγωγής στον Προγραμματισμό (σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών) και με τη χρήση του περιβάλλοντος Starlogo TNG. Έτσι, πριν την εκπόνηση της δραστηριότητας οι μαθητές ήταν γενικά σε θέση να αναφέρουν ένα γενικό τρόπο σύνταξης των δομών επιλογής, επανάληψης καθώς και μιας διαδικασίας (procedure), να συνδέουν τις προγραμματιστικές έννοιες με τη μεταφορική τους σημασία π.χ. μεταβλητή-score, σύγκρουση δύο χαρακτήρων-γεγονός (event), κ.ο.κ., να χρησιμοποιούν αποδοτικά την κίνηση και τη διάδραση με τη «χελώνα» του Starlogo TNG, να διαλέγουν τα κατάλληλα αντικείμενα για το πρόγραμμά τους και να εξηγούν τους λόγους για την επιλογή τους και να επαληθεύουν την ορθότητα του προγράμματός τους κάνοντας πολλαπλά test και κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

Οι ειδικοί διδακτικοί στόχοι της συγκεκριμένης δραστηριότητας ήταν οι εξής (οι μαθητές μετά το πέρας της δραστηριότητας θα έπρεπε να είναι σε θέση να):

- Περιγράφουν και να χρησιμοποιούν ορθά τις δομές και ιδιαίτερα μεταβλητές ακεραίου και πραγματικού τύπου, να διαχωρίζουν την έννοια της κλάσης (class) από την έννοια του στιγμιότυπου (instace).
- Αντιλαμβάνονται τα στάδια ανάλυσης και την πορεία υλοποίησης προγραμμάτων των συμμαθητών τους, να συνεργάζονται αποδοτικά με κάποιο συμμαθητή τους για ένα κοινό πρόβλημα, να μπορούν να είναι σε θέση να καταλαβαίνουν βελτιωτικά σχόλια από τους ανθρώπους που συνεργάζονται και να αποδεικνύουν την ορθότητα ή όχι ενός ισχυρισμού τους (π.χ. «το τάδε σημείο δεν καλύπτεται από τις βασικές απαιτήσεις του μοντέλου») ανάλογα με την εκτέλεση του προγράμματός τους.

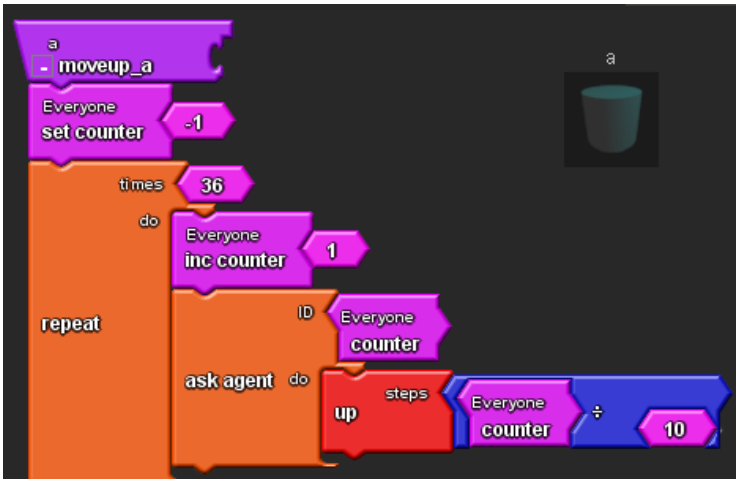
Οι μαθητές έπρεπε να δουλέψουν για δύο διδακτικές περιόδους ομαδικά (σε ομάδες των δύο ατόμων) για την υλοποίηση του μοντέλου τους. Αρχικά τους εξηγήθηκαν οι βασικές τεχνικές προδιαγραφές του μοντέλου (με βάση δύο διαφορετικά υποδείγματα προγραμμάτων) και τους υπενθυμίστηκαν βασικές θεωρητικές πλευρές του. Στη συνέχεια (χωρίς καμία άλλη προφορική ή γραπτή οδηγία) τους ζητήθηκε να υλοποιήσουν τη δική τους εκδοχή του μοντέλου και (αν κρίνουν αναγκαίο) να τη βελτιώσουν έτσι ώστε να παρουσιάσουν μια πιο ακριβή αναπαράσταση του DNA.

Στην αρχική μοντελοποίηση που χρησίμευσε ως υπόδειγμα (πρόγραμμα-υπόδειγμα 1) χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι δεσμοί υδρογόνου (έτσι ώστε να δίνεται η ψευδαίσθηση της κινούμενης έλικας). Υπήρχαν δύο ειδών δεσμοί και 36 στιγμιότυπα (instances) του καθενός (κάθε ένα ήταν στραμμένο υπό διαφορετική γωνία και είχε διαφορετικό ύψος).



Σχήμα 2: *Προσομοίωση του DNA. Τα προγράμματα-υποδείγματα 1 και 2*

Το σημαντικό σημείο του κώδικα είναι η διαφοροποίηση του κάθε στιγμιότυπου (instance) μέσω της χρήσης κατάλληλης μεταβλητής (counter). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η εντολή Ask agent η οποία αναθέτει συγκεκριμένο ύψος σε κάθε στιγμιότυπο (instance). Ένα σημαντικό τμήμα από τον κώδικα (η διαδικασία ανύψωσης των δεσμών AT-TA) παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 3: *Η διαδικασία ανύψωσης των δεσμών AT-TA στο DNA. Ο μαθητής πρέπει να ξεχωρίσει με την εντολή ask agent την έννοια του στιγμιότυπου από την έννοια της κλάσης*

Στο Σχήμα 3 διακρίνεται η μεταβλητή counter η οποία περιείχε αρχικά την τιμή -1. Στη δομή επανάληψης Repeat η μεταβλητή αυτή έπαιρνε διαδοχικά για τις 36 επαναλήψεις τις τιμές 0, 1, 2, …, 35. Οι τιμές αυτές αφορούσαν το ID κάθε στιγμιότυπου (δηλ. τιμές από 0 μέχρι και 35). Κάθε στιγμιότυπο ανέβαινε στο σωστό ύψος (δηλαδή το στιγμιότυπο 0 στο ύψος 0/10, το στιγμιότυπο 1 στο ύψος 1/10, κ.ο.κ.).

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να δημιουργήσουν ανάλογη διαδικασία για την ανύψωση των δεσμών CG-GC. Οι μαθητές θα έπρεπε να σκεφτούν πως οι δεσμοί αυτή (σε κάτοψη) έχουν μια ελαφρά κλίση (5 μοίρες) σε σχέση με τους δεσμούς AT-TA και άρα θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν την εντολή Right 5. Στη συνέχεια, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν σωστά τα IDs των στιγμιότυπων των δεσμών CG-GC (τιμές 36 μέχρι και 71), να τα ανυψώσουν σωστά και ενδιάμεσα των δεσμών AT-TA. Με την έννοια αυτή οι μαθητές απαιτήθηκε να ξεχωρίσουν τις δύο διαφορετικές κλάσεις, να αναγνωρίσουν την αρίθμηση κάθε στιγμιότυπου σε σχέση με την κλάση στην οποία ανήκε (ομάδες στιγμιότυπων αρ. 0-35, 36-71) και, τέλος, κάνοντας χρήση επαναληπτικής δομής και της κατάλληλης μεταβλητής να ανυψώσουν σωστά και τους δεσμούς CG-GC.

Ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα θα έπρεπε τα στιγμιότυπα (instances) να κινηθούν κυκλικά δίνοντας την γνωστή χαρακτηριστική εικόνα της έλικας του DNA.

Η βασική λογική διατηρήθηκε στην παρουσίαση της πιο εξελιγμένης εκδοχή του μοντέλου (πρόγραμμα-υπόδειγμα 2) όπου υπήρχαν 4 διαφορετικά είδη στιγμιότυπων (με τη μορφή των γραμμάτων A, T, C, και G) που αντιστοιχούν στις βάσεις. Από τη Βιολογία τα παιδιά γνώριζαν ότι οι συνδέσεις είναι AT, TA, CG, και GC.

4.4 Αποτελέσματα

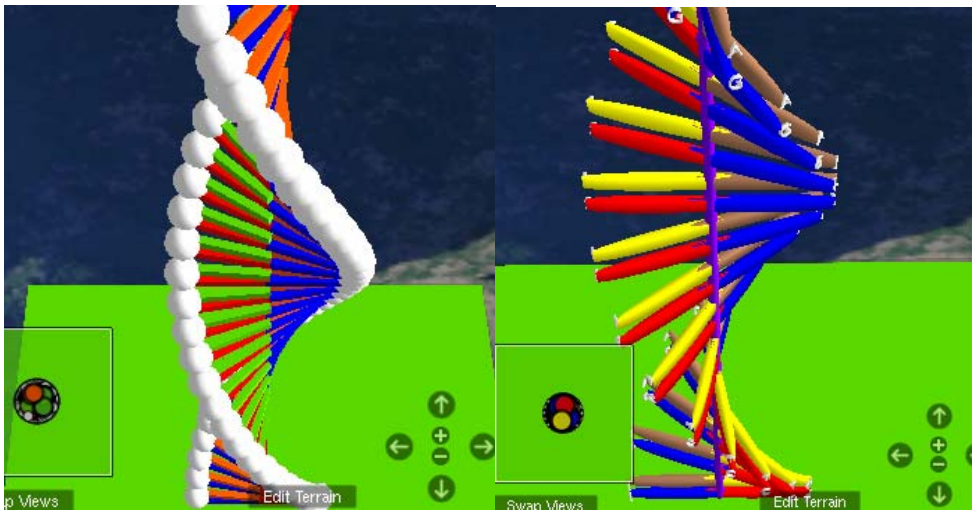
Όλοι οι μαθητές ολοκλήρωσαν το πρόγραμμά τους μέσα σε δύο διδακτικές περιόδους, στη μεγάλη τους πλειοψηφία με αρκετή άνεση οδεύοντας κυρίως στο δρόμο που έδειχναν τα δύο προγράμματα-υποδείγματα. Υπήρχαν και περιπτώσεις ομάδων μαθητών που δούλεψαν και εκτός του εργαστηρίου στο σπίτι τους για αρκετές ώρες με στόχο να βελτιώσουν την ακρίβεια και την αισθητική της αναπαράστασή τους. Δύο τέτοια παραδείγματα ήταν τα εξής:

Στην πρώτη περίπτωση οι μαθητές επέλεξαν να συνδυάσουν τους δεσμούς υδρογόνου με τις βάσεις χρησιμοποιώντας μια τελείως δική τους οπτική εκδοχή της βάσης (λευκή σφαίρα) στοχεύοντας στην καλύτερη αισθητική αποτύπωση του DNA.

Η σωστή τοποθέτηση και ταυτόχρονη κίνηση της σφαίρας με τη ράβδο απαιτούσε πολλές δοκιμές για να μπορέσουν να βρουν τις σωστές παραμέτρους στην κίνηση και να πετύχουν το καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα. Μάλιστα η συγκεκριμένη ομάδα διόρθωσε και μια μικρή ανακρίβεια στην κίνηση του προγράμματος-υποδείγματος 1 (παρουσιαζόταν μια μικρή παλινδρόμηση μετά από κάποια δευτερόλεπτα).

Στην περίπτωση της δεύτερης ομάδας επιχειρήθηκε η σύνθεση μεταξύ των υποδειγμάτων 1 και 2 ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή επιστημονική ακρίβεια στην αποτύπωση του μοντέλου (ταυτόχρονη εμφάνιση των δεσμών και των 4 διαφορετικών βάσεων). Η πολυπλοκότητα του κώδικα ήταν κατά πολύ αυξημένη πλέον, μιας και απαιτήθηκαν 8 διαφορετικές κλάσεις (classes).

Η ομάδα αυτή στάθηκε κυρίως στην επιστημονική αρτιότητα του μοντέλου της και αποτύπωσε όλο το πλέγμα των γνώσεων της μέσα στο πρόγραμμα.



Σχήμα 4 και 5: *Προσομοίωση του DNA. Το πρόγραμμα των μαθητών της 1ης και 2ης ομάδας*

Οι 25 μαθητές που πραγματοποίησαν τη δραστηριότητα φέτος είχαν την ευκαιρία να συμπληρώσουν ανώνυμα κάποια ερωτηματολόγια παρέχοντας έτσι συγκεκριμένα στοιχεία για το βαθμό επίτευξης των διδακτικών μας στόχων και αξιολογώντας ταυτόχρονα τη δραστηριότητα. Στο ερωτηματολόγιο αυτό υπήρχαν ερωτήσεις που αφορούσαν τη σχέση στιγμιότυπου-κλάσης, τη χρήση των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, το ρόλο της συνεργασίας σε ομάδες για την υλοποίηση του προγράμματος, καθώς και την αντίληψη που οι ίδιοι αποκόμισαν από τη δραστηριότητα για το πώς είναι πραγματικά δομημένο το DNA. Οι ερωτήσεις σχετικά με τους γνωστικούς στόχους ήταν κλειστού τύπου και οι απαντήσεις για την αξιολόγηση της δραστηριότητας δόθηκαν είτε αριθμητικά (στην κλίμακα 0-5), είτε με ένα απλό ΝΑΙ ή ΟΧΙ.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά στις ερωτήσεις που αφορούσαν τις έννοιες του στιγμιότυπου και της κλάσης, 18 στους 25 μαθητές απάντησαν σωστά (ποσοστό 72%). Για τη χρήση των μεταβλητών στη συγκεκριμένη δραστηριότητα 20 στους 25 μαθητές απάντησαν σωστά (ποσοστό 80%). Και οι δύο αριθμοί κρίνονται υψηλοί ώστε να μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι διδακτικοί μας στόχοι γενικά επιτεύχθηκαν. Ιδιαίτερα θετική ήταν η γνώμη των μαθητών για την συνεργασία με το άλλο μέλος της ομάδας τους (ΜΟ 3.92 στα 5). Οι παράγοντες στη συνεργασία που εξετάστηκαν ήταν η βοήθεια στην υπενθύμιση πλευρών του μοντέλου, στον έλεγχο ορθότητας και στη διόρθωση των προγραμμάτων. Οι μαθητές απάντησαν θετικά σε ποσοστά κοντά στο 80-85% για κάθε έναν από αυτούς τους παράγοντες. Στο κομμάτι της αξιολόγησης από τους μαθητές, η δραστηριότητα κρίθηκε αρκετά έως πολύ χρήσιμη, ευχάριστη, αλλά και δύσκολη (βλ. Πίνακα 1). Ενδιαφέρον, τέλος παρουσίασε η απάντηση των παιδιών στο πόσο τους βοήθησε η δραστηριότητα αυτή στο να κατανοήσουν ή να θυμηθούν το μοντέλο του DNA όπως το διδάχθηκαν στη Βιολογία (ΜΟ. 2.40).

Ορισμένα από τα γραπτά σχόλια των μαθητών για τη δραστηριότητα: «Πολύ ενδιαφέρουσα εργασία», «ευχάριστη εργασία αν και δύσκολη», «με βοήθησε να καταλάβω καλύτερα τη δομή του DNA, ήταν μια ωραία δραστηριότητα», «θα προτιμούσα τα δύο procedures να ήταν πιο απλά», «είναι ευχάριστα πολύπλοκη», «ωραία και ενδιαφέρουσα δραστηριότητα».

Πίνακας 1: *Παρουσίαση της αξιολόγησης των μαθητών για τη δραστηριότητα*

	0. Καθόλου	1. Ελάχιστα	2. Μέτρια	3. Αρκετά	4. Πολύ	5. Πάρα Πολύ	ΜΟ
Η συνεργασία με/μας βοήθησε	4%	4%	0%	16%	40%	36%	3.92
Η δραστηριότητα ήταν χρήσιμη	0%	8%	4%	44%	32%	12%	3.36
Η δραστηριότητα ήταν ευχάριστη	4%	0%	12%	20%	40%	24%	3.64
Η δραστηριότητα ήταν δύσκολη	0%	4%	12%	40%	32%	12%	3.36
Με βοήθησε να καταλάβω ή να θυμηθώ το μοντέλο του DNA σε σχέση με ό,τι έμαθα στη Βιολογία	16%	24%	4%	32%	8%	16%	2.40

5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η ψηφιακή μοντελοποίηση χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πολλαπλά οφέλη για το μαθητή. Η μελέτη αυτή αναφέρθηκε στις δυνατότητες που δίνει η ψηφιακή μοντελοποίηση στον εμπλουτισμό του πλαισίου διδασκαλίας του Προγραμματισμού στο Γυμνάσιο. Τα βασικά οφέλη μιας τέτοιας επιλογής συνοψίζονται στα εξής:

- Σπάνε τα φράγματα μεταξύ της Πληροφορικής και των Φυσικών Επιστημών. Ειδικά στην δύσκολη περίπτωση διδασκαλίας εισαγωγικών εννοιών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού φαίνεται πως είναι δυνατόν οι Φυσικές Επιστήμες να παρέχουν θεματολογία που μπορεί να χρησιμεύσει ως προγραμματιστικά σενάρια.
- Οι μαθητές προσεγγίζουν ως ένα βαθμό ένα επιστημονικό φαινόμενο στην δομική ολότητα του.
- Παρέχεται η μέθοδος και το κίνητρο για αυτενέργεια και πρωτοβουλία στο μαθητή. Την ίδια στιγμή παρέχεται και ένα πλαίσιο κανόνων μέσα στο οποίο μπορεί να κινηθεί προγραμματιστικά.
- Ευνοείται η συνεργασία μεταξύ καθηγητών διαφορετικών ειδικοτήτων και η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης από τους μαθητές.

Βιβλιογραφία

Alberts, B. et al. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (pp. 193-195). Garland Science, New York.

Ahern, T.C. (2008).The effectiveness of visual programming for model building in middle school. *Frontiers in Education*, S3D, 9-13.

Cosgrove, D., Kelleher, C., Pausch, R., Pitsch, M., Slater, D., Yu, G., Dann, W. & Cooper, S. (2007). The Alice Tea Party. *ACM SIGCSE* 2007.

Dann, W., Cooper, S. & Pausch, R. (2000). Making the connection: programming with animated small worlds. *Proceedings of the 5th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Helsinki, Finland, July, 2000, pp. 41-44.

Dann, W., Cooper, S. & Pausch, R. (2001). Using visualization to teach novices recursion. *Proceedings of the 6th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Canterbury, England, June, 2001, 109-112.

Hanauer, D. I, Jacobs-Sera, D., Pedulla, M. L, Cresawn, S. G, Hendrix, R.W. & Hatfull, G. F. (2006). Inquiry learning: Teaching Scientific Inquiry. *Science*, 314(5807), 1880-1881.

Kelleher, C. & Pausch, R. (2005). Lowering the Barriers to Programming: A Taxonomy of Programming Environments and Languages for Novice Programmers. *ACM Computing Surveys*, 37(2), 83–137.

Lewin, B. (2004). *Genes VIII* (σελ 8-9). Pearson Education Inc., Ακαδημαϊκές εκδόσεις.

Pray, L. (2008) Discovery of DNA structure and function: Watson and Crick. *Nature Education*, 1(1).

Turkle, S. (1984). *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. New York: Simon & Schuster.

Zimmerman, C., Raghavan, K. & Sartoris, M. L. (2003). The impact of the MARS curriculum on students' ability to coordinate theory and evidence. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1247-1271.