

# Μια Πρόταση για τη Διδασκαλία του Αλγορίθμου Κωδικοποίησης του Huffman στο Γενικό Λύκειο

**Ε. Ρόμπολα**

Εκπαιδευτικός ΠΕ19 4<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Βύρωνα  
eleni.rompola@gmail.com

## Περίληψη

Η διδασκαλία του μαθήματος Πληροφορικής στο Γενικό Λύκειο θα πρέπει να αποκαλύπτει στους μαθητές τις πραγματικές πτυχές της επιστήμης αυτής και να μην περιορίζεται σε απλή χρήση των προϊόντων της. Ο βασικός στόχος αυτής της εργασίας είναι να δείξει ότι με χρήση κατάλληλων μεθόδων και μέσων διδασκαλίας μπορεί να δοθεί στους μαθητές η δυνατότητα να συμμετέχουν σε διαδικασίες ανάλυσης πραγματικών προβλημάτων και σχεδίασης της λύσης τους. Η πειραματική διδασκαλία αυτής της εργασίας επικεντρώθηκε στον αλγόριθμο κωδικοποίησης του Huffman.

**Λέξεις κλειδιά:** Αλγόριθμος Huffman, Κωδικοποίηση, Αποτελεσματική Διδασκαλία, Συνεργατική Διόρθωση.

## 1. Εισαγωγή

Οι εξελίξεις στον χώρο της Πληροφορικής κι ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνουν, καθιστούν δύσκολη έως ανέφικτη την παρακολούθησή τους στο πλαίσιο ενός σχολικού μαθήματος Πληροφορικής. Ωστόσο, θα πρέπει το Σχολείο μέσα από το γνωστικό αντικείμενο που λέγεται Πληροφορική να παρέχει στους μαθητές δύο πολύ σημαντικά εργαλεία: (α) το αλφάβητο, και (β) τον τρόπο σκέψης της Πληροφορικής. Κατέχοντας οι μαθητές τα δύο αυτά εργαλεία, ουσιαστικά κατέχουν την δυνατότητα να κατανοούν τις εξελίξεις, να τις ερμηνεύουν, να τις αξιολογούν ως προς τις επιδράσεις τους, να συμμετέχουν οι ίδιοι σε αυτές ή ακόμη και να τις προκαλούν. Πιστεύουμε ότι η διδασκαλία σημαντικών αλγορίθμων της Πληροφορικής εμπλουτίζει το “πληροφορικό αλφάβητο” των μαθητών αλλά και τους εξοικειώνει με τον εξαιρετικά δημιουργικό τρόπο σκέψης αυτής της επιστήμης (Spraul, 2012).

Στη διδακτική πρόταση που αποτελεί το αντικείμενο αυτής της εργασίας, ασχοληθήκαμε με τον αλγόριθμο του Huffman και την κωδικοποίηση πληροφοριών. Οι μαθητές έφτασαν τελικά στην λειτουργική κατανόηση του αλγορίθμου, αφού πέρασαν από διερευνητικές διαδικασίες, οι οποίες τους έπεισαν τόσο για την αναγκαιότητα του αλγορίθμου όσο και για την βέλτιστη απόδοσή του.

## 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 2.1 Ο Αλγόριθμος Huffman

Η κωδικοποίηση Huffman είναι μια ευρέως διαδεδομένη και εξαιρετικά αποτελεσματική μέθοδος συμπίεσης δεδομένων, η οποία επιτυγχάνει ποσοστά συμπίεσης από 20% έως και 90% ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που πρόκειται να κωδικοποιηθούν. Τα δεδομένα θεωρούνται ως μια ακολουθία χαρακτήρων. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί την συχνότητα εμφάνισης κάθε χαρακτήρα για να δημιουργήσει δυαδικές αναπαράστασεις (κωδικοποιήσεις) κατά τον βέλτιστο τρόπο (Cormen et al., 2001).

Ο αλγόριθμος Huffman δημιουργεί ένα πλήρες δυαδικό δέντρο από τα φύλλα προς την ρίζα (bottom-up), χρησιμοποιώντας τις πιθανότητες εμφάνισης κάθε συμβόλου. Στο δέντρο αυτό τα σύμβολα είναι φύλλα (τερματικοί κόμβοι - terminal nodes), οι διακλαδώσεις σημειώνονται με 0 (δεξί κλαδί) ή 1 (αριστερό κλαδί) και η δυαδική αναπαράσταση της διαδρομής από τη ρίζα (root) μέχρι το σύμβολο (φύλλο) είναι η κωδικοποιημένη αναπαράσταση του συμβόλου ως σειρά δυαδικών ψηφίων. Ο αλγόριθμος εγγυάται ότι τα σύμβολα που εμφανίζονται πιο συχνά θα κωδικοποιηθούν με μικρότερες σειρές δυαδικών ψηφίων και το αντίστροφο. Δημιουργεί δηλ. δυαδικές κωδικοποιήσεις μεταβλητού μήκους (variable-length) (Sayood, 2003).

Τα βήματα του αλγορίθμου έχουν ως εξής:

1. Καταγραφή των διαφορετικών συμβόλων και των πιθανοτήτων εμφάνισής τους.
2. Δημιουργία ενός κόμβου (φύλλου) για κάθε σύμβολο. Στον κόμβο αναγράφεται η πιθανότητα εμφάνισης του συμβόλου.
3. Μεταξύ των κόμβων που δεν έχουν κόμβο-πατέρα (parent node), εύρεση των δύο κόμβων με τις μικρότερες πιθανότητες εμφάνισης. Δημιουργία νέου κόμβου-πατέρα για τους δύο αυτούς κόμβους. Στον νέο κόμβο-πατέρα αναγράφεται το άθροισμα των πιθανοτήτων εμφάνισης που έχουν οι δύο κόμβοι-παιδιά (child nodes).
4. Επανάληψη του 3ου βήματος μέχρις ότου όλοι οι κόμβοι εκτός από τη ρίζα (root) να έχουν κόμβο-πατέρα.
5. Χαρακτηρισμός με 0 και 1 κάθε ζεύγους ακμών. Η διαδρομή από τη ρίζα ως το δεδομένο φύλλο δείχνει τον κώδικα για το σύμβολο στο συγκεκριμένο φύλλο.

Οι κώδικες που παράγονται από τον αλγόριθμο Huffman είναι αυστηρά prefix-codes, δηλ. κανένας κώδικας δεν αποτελεί πρόθεμα (prefix) άλλου, και για τον λόγο αυτό δεν χρειάζεται άλλη πληροφορία ως διαχωριστική μεταξύ των κωδικοποιημένων συμβόλων.

## **2.2 Η Αποτελεσματική Διδασκαλία**

Στρατηγική διδασκαλίας που έχει αποδειχθεί επιτυχημένη για την διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης είναι η Αποτελεσματική ή Άμεση Διδασκαλία (Direct Instruction). Πρόκειται για μια στρατηγική, η οποία περιλαμβάνει δραστηριότητες μοντελοποίησης και αυτοματοποίησης διαδικασιών (Ματσαγγούρας, 1998) κι επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν σκοπός της διδασκαλίας είναι να καταστούν οι μαθητές ικανοί να εφαρμόζουν αλγοριθμικές διαδικασίες. Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη νέα γνώση στους μαθητές, την σχηματοποιεί και στη συνέχεια τους εμπλέκει σε δραστηριότητες εξάσκησης, οι οποίες αρχικά είναι κατευθυνόμενες. Οι τελικές δραστηριότητες εφαρμογής της νέας γνώσης είναι μη κατευθυνόμενες και ο βαθμός επιτυχούς ολοκλήρωσής τους από τους μαθητές υποδεικνύει τον βαθμό επιτυχίας της διδασκαλίας. Η στρατηγική της Αποτελεσματικής Διδασκαλίας περιέχει έντονο το στοιχείο της άμεσης πληροφόρησης του μαθητή από τον εκπαιδευτικό και είναι δασκαλοκεντρική.

Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να θεωρηθούν ως σοβαρά μειονεκτήματα της μεθόδου. Ωστόσο, η Αποτελεσματική Διδασκαλία έχει έντονο ακαδημαϊκό προσανατολισμό, η μονολογική παρουσίαση είναι σύντομη και συμπληρώνεται με εργασίες κατευθυνόμενης εξάσκησης, η διδασκαλία ολοκληρώνεται με μη κατευθυνόμενες μαθητικές δραστηριότητες, και η συνεχής παρέμβαση του εκπαιδευτικού επιτυγχάνει υψηλά ποσοστά συμμετοχής των μαθητών (Ματσαγγούρας, 1998). Ως συνέπεια αυτών των αρχών, θεωρούμε ότι τελικά η Αποτελεσματική Διδασκαλία μπορεί να συνδυαστεί με διερευνητικές δραστηριότητες, οι οποίες θα περιορίσουν τον δασκαλοκεντρικό χαρακτήρα της. Τόσο οι αρχικές εργασίες κατευθυνόμενης εξάσκησης, όσο και οι τελικές δραστηριότητες μη κατευθυνόμενης εφαρμογής της νέας γνώσης, μπορούν να εμπεριέχουν το στοιχείο της έρευνας και του πειραματισμού.

Στην διδακτική πρόταση που παρουσιάζουμε υλοποιήσαμε πολλές, μικρής έκτασης, διερευνητικές δραστηριότητες, αποσκοπώντας στο να συγκεντρώσουν σταδιακά οι μαθητές μας στοιχεία και να συμπεράνουν πληροφορίες που τελικά θα τους οδηγήσουν στην αποδοχή της κωδικοποίησης Huffman ως βέλτιστης λύσης και στην λειτουργική κατανόηση του αλγορίθμου.

## **2.3 Η Συνεργατική Διόρθωση**

Μια ιδιαίτερη μορφή ομαδικής εργασίας είναι η συνεργατική διόρθωση (peer review). Στην συνεργατική διόρθωση κάθε μαθητής παράγει την δική του λύση, αφού δεχτεί διορθώσεις και ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές τους. Ο ρόλος της ομάδας είναι υποστηρικτικός: τα μέλη της ομάδας συζητούν και συσκέπτονται με σκοπό να δώσουν την καλύτερη δυνατή ανατροφοδότηση στο μέλος της ομάδας την εργασία του οποίου εξετάζουν. Σκοπός δεν είναι η επιβράβευση ή η απόρριψη, αλλά η καλής θέλησης κριτική. Ο μαθητής παρατηρεί τις αντιδράσεις και αξιολογεί τις

γνώμες των υπολοίπων μελών της ομάδας και αποφασίζει αν θα τις υιοθετήσει ή θα τις απορρίψει. Ακούει τις αξιολογήσεις των υπολοίπων μελών της ομάδας, αλλά δεν αισθάνεται εξαναγκασμένος να τις αποδεχτεί.

Τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας δεν αντιπροσωπεύουν την απόλυτη (σωστή) γνώση, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του εκπαιδευτικού. Έτσι ο μαθητής ενθαρρύνεται να μπει σε μια διαδικασία κριτικής ανάλυσης της ανατροφοδότησης που έλαβε και εντελώς συνειδητά να επιλέξει ποια στοιχεία θα κρατήσει και ποια θα απορρίψει. Παράλληλα, θα κληθεί και ο ίδιος να παίξει τον ρόλο του διορθωτή-αξιολογητή (peer reviewer) για τις εργασίες των συμμαθητών του. Γενικά, η συνεργατική διόρθωση είναι μια σύνθετη διαδικασία, η οποία αν λειτουργήσει σωστά, αφήνει μεγάλα περιθώρια αυτενέργειας στον μαθητή, παρέχοντάς του ταυτόχρονα άφθονο υλικό για επεξεργασία (Callahan, 2007).

### **3. Οργάνωση και Υλοποίηση**

#### **3.1 Οργάνωση Τάξης και Στρατηγική Διδασκαλίας**

Η κύρια δυσκολία για την διδασκαλία του αλγορίθμου Huffman σε μαθητές Γενικού Λυκείου είναι το γεγονός πως οι μαθητές δεν έχουν πρότερη γνώση σχετική με (α) δυαδικές αναπαραστάσεις δεδομένων (πχ κώδικας ASCII), και (β) δομές δεδομένων όπως είναι τα δυαδικά δέντρα. Όμως, τόσο η δυαδική κωδικοποίηση όσο και τα δυαδικά δέντρα είναι γνώσεις πάνω στις οποίες οι μαθητές θα στηριχθούν για να κατανοήσουν την λειτουργία του αλγορίθμου Huffman και να αιτιολογήσουν το βέλτιστο αποτέλεσμα που παράγει. Θεωρήσαμε πως η ομαδοσυνεργατική οργάνωση της τάξης είναι η πιο ενδεδειγμένη για να μπορέσουν οι μαθητές να εμπλακούν στον μέγιστο βαθμό σε όλες τις δραστηριότητες της διδασκαλίας, ώστε να επιτύχουν την ενεργό συμμετοχή που θα διευκολύνει την κατανόηση (Slavin, 1989). Η εργασία σε ομάδες παρέχει στους μαθητές μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση, δυνατότητα για ανταλλαγή απόψεων, δυνατότητα για επεξήγηση των όσων κάποιος κατάλαβε (Arends, Kilcher 2010). Σχηματίστηκαν ομάδες των 2-3 ατόμων, με ελεύθερη επιλογή μεταξύ των παιδιών.

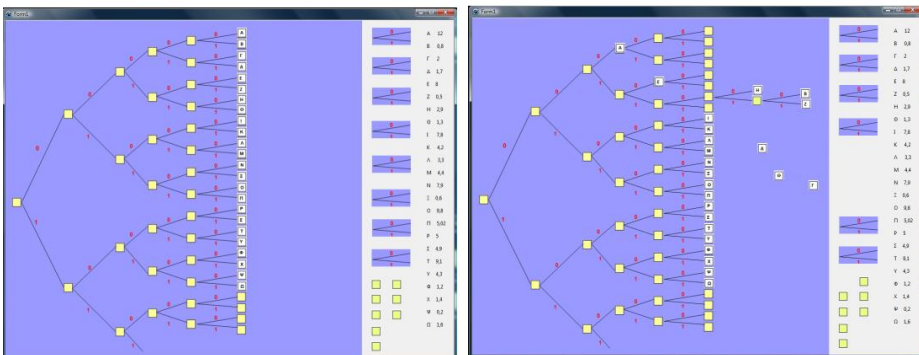
Ακολουθήσαμε την στρατηγική της Αποτελεσματικής Διδασκαλίας, την οποία διαμορφώσαμε έτσι ώστε: (α) οι πρώτες δραστηριότητες κατευθυνόμενης εξάσκησης να είναι δραστηριότητες κατευθυνόμενης διερεύνησης που θα εγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών και θα τους ωθήσουν να εμβαθύνουν στο πρόβλημα της βέλτιστης κωδικοποίησης, (β) η παρουσίαση του αλγορίθμου Huffman να γίνει από τον εκπαιδευτικό με χρήση κατάλληλου παραδείγματος το οποίο να προσομοιώνει επακριβώς την λειτουργία του αλγορίθμου και να πείθει άμεσα τους μαθητές για το βέλτιστο αποτέλεσμα του αλγορίθμου, και (γ) οι τελικές δραστηριότητες μη κατευθυνόμενης εξάσκησης να συνδυαστούν με συνεργατική διόρθωση (peer

review), ώστε να δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές να φτάσουν σε υψηλότερο επίπεδο κατανόησης του αλγορίθμου. Η διάρκεια της διδασκαλίας ήταν 2 διδακτικές ώρες.

### 3.2 Μέσα Διδασκαλίας

Τα μέσα διδασκαλίας που χρησιμοποιήσαμε εξυπηρέτησαν διαφορετικές ανάγκες του μαθήματος. Ο χρονικός συντονισμός των μαθητών σε όλη την πορεία της διδασκαλίας καθώς και η παρουσίαση των δεδομένων, των αδιεξόδων και των συμπερασμάτων επιτεύχθηκε μέσω κατάλληλα σχεδιασμένης ψηφιακής παρουσίασης του μαθήματος, με χρήση του εργαλείου LibreOffice Impress.

Η πρώτη διερευνητική απόπειρα των μαθητών για την δημιουργία ενός βέλτιστου δυαδικού δέντρου υποστηρίχθηκε από λογισμικό δικής μας κατασκευής. Το λογισμικό αυτό εμφάνιζε: (α) ένα πλήρες δυαδικό δέντρο, όπου όλα τα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου είχαν τοποθετηθεί ως φύλλα σε ίσες αποστάσεις από την ρίζα, και (β) την πιθανότητα εμφάνισης κάθε γράμματος του ελληνικού αλφαβήτου, σύμφωνα με υπάρχουσες μελέτες. Οι μαθητές μπορούσαν με την τεχνική drag-and-drop να μετακινούν κατά την κρίση τους γράμματα σε κόμβους πιο κοντά στη ρίζα ή να επεκτείνουν το δέντρο προσθέτοντας ζεύγη κλαδιών και κόμβων-παιδιών σε όποιο φύλλο ήθελαν.



**Εικόνα 1.** Στιγμιότυπα χρήσης του λογισμικού για την βελτιστοποίηση του δέντρου

Η παρουσίαση του αλγορίθμου Huffman, μέσω της προσομοίωσής του με το παιδικό διακοσμητικό Mobile, υποστηρίχθηκε από λογισμικό επίσης δικής μας κατασκευής, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη (εκπαιδευτικό ή μαθητή) να δημιουργήσει σταδιακά με την τεχνική drag-and-drop ένα Mobile, ξεκινώντας από ένα μικρό σύνολο κομματιών διαφορετικού βάρους. Στόχος είναι να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ισορροπία στην τελική κατασκευή. Όπως θα εξηγηθεί στην επόμενη ενότητα, η λειτουργία του παιχνιδιού Mobile προσομοιώνει επακριβώς την λειτουργία του αλγορίθμου Huffman (Gallenbacher, 2008).

Τέλος, το Φύλλο Εργασίας που υλοποιήθηκε στο χαρτί και διανεμήθηκε στους μαθητές περιλάμβανε: (α) δραστηριότητες δημιουργίας μικρών δυαδικών δέντρων για την κωδικοποίηση αλυσίδων πρωτεϊνών (γνωστών στους μαθητές από το μάθημα της Βιολογίας), και (β) πολλά σχήματα κόμβων με χώρο για την αναγραφή συμβόλου και της συχνότητας εμφάνισής του, τα οποία οι μαθητές μπορούσαν να κόψουν και να κολλήσουν σε κενό φύλλο δημιουργώντας ένα βέλτιστο δέντρο Huffman για την κωδικοποίηση μιας ασπρόμαυρης εικόνας.

### **3.3 Φάσεις Διδασκαλίας**

#### **Φάση 1η – Προετοιμασία**

Η διδασκαλία ξεκίνησε με συζήτηση γύρω από το ερώτημα πως είναι η δυνατή η επικοινωνία με τον εξωτερικό κόσμο όταν κάποιος βρίσκεται σε ένα σκοτεινό δωμάτιο με μόνη δυνατότητα το αναβόσβημα μιας λάμπας (δύο δυνατές καταστάσεις 0 και 1). Οι μαθητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως πρέπει να αντιστοιχηθεί μια διαφορετική σειρά καταστάσεων σε κάθε γράμμα, ουσιαστικά δηλ. να δημιουργηθεί μια κωδικοποίηση. Στο σημείο αυτό έγινε αναφορά στον κώδικα ASCII και στην χρησιμότητά του. Ακολούθησαν, ως εξάσκηση, δοκιμαστικές κωδικοποιήσεις και αποκωδικοποιήσεις με βάση τον πίνακα ASCII.

#### **Φάση 2η – Αρχική Σχηματοποίηση**

Ένας εναλλακτικός τρόπος παρουσίασης της ίδιας πληροφορίας που περιέχει ο πίνακας ASCII είναι τα δυαδικά δέντρα. Οι μαθητές εντόπισαν τα βασικά χαρακτηριστικά τους (κάθε κόμβος έχει 0 ή 2 παιδιά, στο δεξιί κλαδί αναγράφεται πάντα το 0, στο αριστερό πάντα το 1) και εξήγησαν πως παράγεται ο κώδικας κάθε συμβόλου (φύλλου). Χρησιμοποίησαν το δέντρο αυτό για την κωδικοποίηση (α) μιας φράσης, και (β) μιας αλυσίδας πρωτεϊνών. Στη συνέχεια οι μαθητές παρατήρησαν πως οι πρωτεϊνικές αλυσίδες δεν χρησιμοποιούν ολόκληρο το δυαδικό δέντρο, καθώς αποτελούνται από συνδυασμούς 4 μόνο γραμμάτων. Επομένως θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα πολύ μικρότερο δέντρο, το οποίο θα παράγει πολύ μικρότερους κωδικούς. Η επόμενη δραστηριότητα ήταν η δημιουργία του βέλτιστου δέντρου για την περίπτωση αυτή (1ο μέρος του Φύλλου Εργασίας). Οι μαθητές εργάστηκαν σε μικρές ομάδες και δημιούργησαν διάφορα δυαδικά δέντρα, τα οποία οδηγούσαν σε βέλτιστες κωδικοποιήσεις εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους. Με τον τρόπο αυτό εξοικειώθηκαν με τα δυαδικά δέντρα και τον ρόλο τους ως κωδικά δέντρα.

#### **Φάση 3η – Καθοδηγούμενη Ομαδική Επεξεργασία**

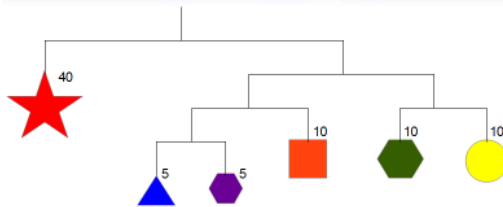
Η 3η φάση της διδασκαλίας ξεκίνησε με συζήτηση σχετικά με την ποσότητα πληροφορίας που περιέχει κάθε γράμμα του αλφαβήτου. Παραθέσαμε στους μαθητές πραγματικούς διαλόγους τους (συνομιλίες από το facebook) όπου αν και παραλείπουν συνήθως τα φωνήεντα και διατηρούν τα σύμφωνα, η σημασία των λέξεων είναι σαφής. Αντίθετα, αν παραλειφθούν τα σύμφωνα και διατηρηθούν τα φωνήεντα, τότε

το νόημα των λέξεων χάνεται. Μέσα από συζήτηση καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως δεν είναι όλα τα γράμματα ισοδύναμα, άρα και οι κωδικοί που αντιστοιχούνται σε αυτά θα μπορούσαν να έχουν διαφορετικό μήκος. Οι μαθητές στη συνέχεια αναζήτησαν τρόπους για τον καθορισμό του μήκους των κωδικών, ώστε να παράγονται βέλτιστες κωδικοποιήσεις. Κατέληξαν στην ιδέα να δίνονται μικρότερου μήκους κωδικοί σε γράμματα που εμφανίζονται συχνότερα στην γλώσσα μας και μεγαλύτεροι κωδικοί σε σπανιότερα γράμματα.

Προτρέψαμε τα παιδιά να πειραματιστούν πάνω σε αυτή την ιδέα, χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό δικής μας κατασκευής, το οποίο τους έδινε την δυνατότητα τροποποίησης ενός αρχικού δυαδικού δέντρου όπου όλα τα γράμματα (φύλλα) ισαπέχουν από την ρίζα. Σκοπός της δραστηριότητας ήταν, λαμβάνοντας υπόψιν τις συχνότητες εμφάνισης των γραμμάτων της ελληνικής γλώσσας, να βελτιστοποιήσουν το δέντρο. Η εργασία έγινε σε ομάδες των 2-3 ατόμων και η δική μας συμβολή ήταν η παρακολούθηση της εργασίας των παιδιών για την αποφυγή λαθών (πχ prefixes). Τελικά, κάθε ομάδα κωδικοποίησε σύμφωνα με το δικό της δέντρο την φράση “Μια φορά κι έναν καιρό” (άγνωστη εκ των προτέρων). Υπολογίστηκαν τα μήκη των κωδικοποιήσεων, σχεδόν όλες οι ομάδες είχαν διαφορετικό αποτέλεσμα και καμιά ομάδα δεν ήταν σε θέση να αποδείξει πως η δική της κωδικοποίηση ήταν η βέλτιστη. Με αυτόν τον προβληματισμό ολοκληρώθηκε η 1η διδακτική ώρα.

#### Φάση 4η – Παρουσίαση Αλγορίθμου

Η 2η διδακτική ώρα ξεκίνησε με συζήτηση γύρω από το παιδικό διακοσμητικό Mobile, όπου αντικείμενα διαφορετικού βάρους κρέμονται ανά δύο με τρόπο που να ισορροπούν. Προβάλλαμε το σχήμα ενός Mobile και με δεδομένο το συνολικό του βάρος ζητήσαμε από τα παιδιά να υπολογίσουν το βάρος καθενός αντικειμένου.



*Εικόνα 2. Mobile*

Επισημάνθηκε το γεγονός πως όσο πιο ελαφρύ είναι ένα αντικείμενο τόσο πιο χαμηλά (μακριά από το σημείο στήριξης) τοποθετείται. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό δικής μας κατασκευής, επιχειρήθηκε ομαδικά η δημιουργία ενός Mobile. Το βάρος των αντικειμένων ήταν διαφορετικό και μέσα από συζήτηση και δοκιμές, οι μαθητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η τελική κατασκευή ισορροπεί καλύτερα αν κάθε φορά ενώνονται τα δύο ελαφρύτερα κομμάτια (μεμονωμένα αντικείμενα ή τμήματα της κατασκευής).

Στη συνέχεια, περιστρέψαμε το Mobile κατά 90° και οι μαθητές αναγνώρισαν άμεσα την απόλυτη ομοιότητά του με τα δυαδικά δέντρα. Αντικαθιστώντας τα αντικείμενα με γράμματα του αλφαβήτου και το βάρος τους με την συχνότητα εμφάνισης των γραμμάτων, ουσιαστικά είχαμε δημιουργήσει ένα βέλτιστο κωδικό δέντρο σύμφωνα με τον αλγόριθμο Huffman. Οι μαθητές αποδέχθηκαν το βέλτιστο του αλγορίθμου διαισθητικά, επηρεασμένοι από την διαδικασία εξισορρόπησης του Mobile. Δεν δόθηκε θεωρητική απόδειξη, διότι προαπαιτούνται εξειδικευμένες μαθηματικές γνώσεις, τις οποίες οι μαθητές δεν κατέχουν.

Στο τέλος της φάσης αυτής, οι μαθητές ήταν σε θέση να διατυπώσουν περιγραφικά τον αλγόριθμο με ορθότητα και σαφήνεια.

### **Φάση 5η – Εξάσκηση και Συνεργατική Διόρθωση**

Για την εφαρμογή του αλγορίθμου επιλέξαμε το παράδειγμα της αποστολής μιας ασπρόμαυρης εικόνας με φαξ. Δείξαμε στους μαθητές πως η αρχική ζωγραφιά ψηφιοποιείται και μετατρέπεται σε μια μεγάλη σειρά άσπρων (A) και μαύρων (M) εικονοστοιχείων. Η σειρά αυτή μπορεί να αντικατασταθεί από μια σειρά αριθμών, οι οποίοι δείχνουν πόσα άσπρα εικονοστοιχεία ακολουθούνται από πόσα μαύρα εικονοστοιχεία κ.ο.κ. Πρόκειται για την τεχνική RLC (run-length coding), η οποία τελικά αναπαριστά την αρχική εικόνα με μια σειρά αριθμών. Μέσα από συζήτηση, οι μαθητές συμφώνησαν να θεωρήσουν τους διαφορετικούς αριθμούς της σειράς ως “γράμματα” και μέτρησαν τις συχνότητες εμφάνισής τους. Έπειτα επιχειρήσαν να δημιουργήσουν το αντίστοιχο βέλτιστο κωδικό δέντρο σύμφωνα με τον αλγόριθμο Huffman (2ο μέρος του Φύλλου Εργασίας).

Κάθε μαθητής που ολοκλήρωνε την προσπάθειά του γινόταν διορθωτής της εργασίας συμμαθητή που επίσης είχε ολοκληρώσει την λύση του και περίμενε, και αντίστροφα. Η διαδικασία της συνεργατικής διόρθωσης (peer review) άρεσε στους μαθητές, έφερε στο φως σημεία που είχαν παρερμηνευθεί και συνετέλεσε στην σωστή δημιουργία των κωδικών δέντρων από όλους. Το μόνο δύσκολο σημείο της συνεργατικής διόρθωσης ήταν η διαχείριση του χρόνου, ώστε όλοι οι μαθητές να ολοκληρώσουν την φάση αυτή περίπου ταυτόχρονα.

### **Φάση 6η – Ανακεφαλαίωση**

Η ανακεφαλαίωση του μαθήματος έγινε σχηματικά. Τονίσαμε ιδιαίτερα τους επιμέρους προβληματισμούς, τις ιδέες που παρήγαγαν, και οι οποίες οδήγησαν τελικά στον αλγόριθμο Huffman. Η διαφορετικότητα των παραδειγμάτων (φράσεις, αλυσίδες πρωτεϊνών, εικόνα) επιβεβαίωσε την πρακτική χρησιμότητα της κωδικοποίησης.

Πιστεύουμε πως οι μαθητές μας έζησαν από κοντά την επεξεργασία και επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος Πληροφορικής.



#### **4. Αποτελέσματα**

Η διδασκαλία του αλγορίθμου Huffman έγινε σε 3 τμήματα της Β τάξης του 4ου ΓΕΛ Βύρωνα, στο πλαίσιο του μαθήματος επιλογής (σύνολο μαθητών 55), καθώς και σε μια ομάδα μαθητών της Α τάξης, οι οποίοι είχαν επιλέξει κοινή Ερευνητική Εργασία (20 μαθητές).

Η ανταπόκριση των μαθητών ήταν εξαιρετικά θετική, όπως αποδείχθηκε από τον βαθμό συμμετοχής τους σε όλες τις φάσεις της διδασκαλίας. Σχολιάστηκαν θετικά από τα παιδιά: (α) το παράδειγμα (Mobile) που χρησιμοποιήθηκε ως ανάλογο της λειτουργίας του αλγορίθμου, (β) το ανταγωνιστικό κλίμα της 3ης φάσης και (γ) η εύκολη και ευχάριστη χρήση των λογισμικών.

Από την πλευρά μας, σημειώσαμε την εντύπωση που προκάλεσε στους μαθητές η χρησιμότητα των κωδικοποιήσεων και η αντίθεση μεταξύ της πολυπλοκότητας του προβλήματος και της απλότητας του αλγορίθμου. Η αντίθεση αυτή έγινε εμφανής εξαιτίας την αβεβαιότητας που δημιούργησαν οι προσπάθειες των μαθητών να βελτιστοποιήσουν το κωδικό δέντρο και της απλούστατης ιδέας του παιχνιδιού Mobile. Επίσης, καταγράψαμε περιπτώσεις όπου οι μαθητές, έχοντας εντοπίσει λάθη των συμμαθητών τους κατά τη συνεργατική διόρθωση, μπόρεσαν να δώσουν την κατάλληλη ανατροφοδότηση χρησιμοποιώντας τη δική τους γλώσσα (εκφράσεις, κλπ.). Η ανατροφοδότηση αυτή έγινε αμέσως κατανοητή, έλυσε απορίες και πραγματικά έπαιξε διαμορφωτικό ρόλο.

Οι βασικές ιδέες πάνω στις οποίες στηρίχθηκε η παρουσίαση του αλγορίθμου Huffman ήταν: (α) κάθε σύμβολο του αλφαβήτου απαιτεί περισσότερα από ένα δυαδικά ψηφία για να κωδικοποιηθεί – και γιατί, (β) δεν απαιτείται το ίδιο μήκος κωδικού για όλα τα σύμβολα – και γιατί, (γ) πως μπορεί να επηρεάσει η πιθανότητα εμφάνισης ενός συμβόλου τον καθορισμό του μήκους του αντίστοιχου κωδικού. Το σύνολο των μαθητών ήταν σε θέση να απαντήσει σωστά τα ερωτήματα αυτά και να εφαρμόσει τον αλγόριθμο.

Τα παραπάνω δεν αποτελούν φυσικά στατιστικές μετρήσεις. Λειτουργούν όμως ως ένδειξη ότι η διδασκαλία προχωρημένων θεμάτων Πληροφορικής σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι εφικτή, αρκεί να επιλεγούν κατάλληλες μέθοδοι και μέσα διδασκαλίας.

#### **5. Συμπεράσματα**

Η διδακτική πρόταση που παρουσιάστηκε, οδηγεί του μαθητές βήμα βήμα μέσα από τα μονοπάτια που θα μπορούσε να ακολουθήσει η σκέψη ενός πληροφορικού αν υποθέσουμε ότι έπρεπε να επιλύσει το πρόβλημα της βέλτιστης κωδικοποίησης χωρίς απώλεια πληροφορίας (lossless compression). Οι επιμέρους ιδέες αξιολογούνται και είτε γίνονται αποδεκτές είτε απορρίπτονται. Οι μαθητές βλέπουν σταδιακά να σχηματίζεται μια ολοκληρωμένη λύση, δηλ. ο αλγόριθμος Huffman, την οποία

2013

δαισθητικά θα αποδεχθούν ως βέλτιστη. Συνειδητοποιούν ότι στην Πληροφορική δεν έχει αξία η απόλυτη γνώση, όσο (α) η ικανότητα μοντελοποίησης και ένταξης στο ίδιο θεωρητικό πρόβλημα πραγματικών συνθηκών και δεδομένων που μπορεί να προέρχονται από διαφορετικούς χώρους, και (β) η ικανότητα αφαιρετικής αναπαράστασης του προβλήματος, απαλλάσσοντάς το από στοιχεία που δεν επηρεάζουν την λύση.

Συμπερασματικά, πιστεύουμε πως οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης είναι σαφώς ικανοί να παρακολουθήσουν ή/και να συμμετάσχουν στην ανάπτυξη αλγορίθμων. Τα παιδιά εντυπωσιάζονται από την φαντασία και την δημιουργικότητα που ενυπάρχουν στον τρόπο σκέψης της Πληροφορικής, ιδίως όταν πρόκειται για ένα πραγματικό πρόβλημα και αναγνωρίζουν πως η ανάλυση του προβλήματος και η σύνθεση της λύσης του είναι δεξιότητες εξαιρετικής σημασίας. Πιστεύουμε πως απαιτείται επανασχεδίαση και εμπλουτισμός των μαθημάτων Πληροφορικής στο Γενικό Λύκειο προς την κατεύθυνση αυτή.

### **Αναφορές**

Arends, R. I., Kilcher A. (2010). *Teaching for Student Learning*. Routledge. New York. p.120

Callahan, E. (2007). *Effects of Peer Assessment on Attitude Toward Science in High School Students*. Walden University. p. 41

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2001). *Introduction to Algorithms* (2nd ed.). The MIT Press. p.385

Gallenbacher, J. (2008). *Abenteuer Informatik*. Spektrum Akademischer Verlag. p.121

Sayood, K. (2003). *Lossless Compression Handbook*. Academic Press, Elsevier Science. p.80

Slavin, R. (1989). *School and Classroom Organization*. Hillsdale, N.J. Elsevier Lawrence Erlbaum. p.10

Spraul, V. A. (2012). *Think Like a Programmer*. No Starch Press. San Francisco. p.223

Ματσαγγούρας, Η. Γ. (1998). *Στρατηγικές Διδασκαλίας - Η κριτική σκέψη στη διδακτική πράξη*. Gutenberg. σ.466

### **Abstract**

Teaching Informatics in Senior High School should explicate the real aspects of this science while overcoming the limitations of simply presenting the use of its products. The main aim of this project is to show that by using appropriate methods and teaching aids, the student will be able to participate in the process of analyzing real life problems and in designing their solution. The experimental teaching method presented on this paper was based on the Huffman encoding algorithm.

**Keywords:** Huffman Algorithm, Coding, Direct Instruction, Peer Review.