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

Παίζω και Μαθαίνω για τη Δυαδική Κωδικοποίηση: μια Μελέτη Περίπτωσης στο Δημοτικό Σχολείο

Μ. Κορδάκη

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κορδάκη Μ. (2023). Παίζω και Μαθαίνω για τη Δυαδική Κωδικοποίηση: μια Μελέτη Περίπτωσης στο Δημοτικό Σχολείο. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 352–361. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/5162

Παίζω και Μαθαίνω για τη Δυαδική Κωδικοποίηση: μια Μελέτη Περίπτωσης στο Δημοτικό Σχολείο

Μ. Κορδάκη

Τμήμα Μηχανικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
Επ. καθ. τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
kordaki@cti.gr

Περίληψη

Η μελέτη αυτή εστιάζει στη μάθηση αρχικών εννοιών της δυαδικής κωδικοποίησης από μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μέσω ενός μαθησιακού πειράματος που κυρίως βασίστηκε στο παίξιμο ενός παιχνιδιού. Συγκεκριμένα, δεκαεννέα μαθητές της 6ης τάξης δημοτικού, συμμετείχαν σε ένα μαθησιακό πείραμα, αποτελούμενο από τρεις φάσεις: α) αναστοχασμός στην πρότερη γνώση τους για το δεκαδικό σύστημα, β) πειραματισμός με το δυαδικό σύστημα μέσω αξιοποίησης της πρότερης γνώσης και της εμπλοκής τους σε ένα ειδικά σχεδιασμένο παιχνίδι με κάρτες και γ) επέκταση της γνώσης που αποκτήθηκε στις προηγούμενες φάσεις και δημιουργία γενικεύσεων. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι στο συγκεκριμένο μαθησιακό πλαίσιο οι μαθητές βοηθήθηκαν να: (α) κάνουν συνδέσεις μεταξύ του δυαδικού και του δεκαδικού συστήματος, (β) κατανοήσουν την αξία ενός δυαδικού αριθμού, (γ) διευκρινίσουν ορισμένες από τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν, (δ) επεκτείνουν τις γνώσεις που απέκτησαν και (ε) κάνουν γενικεύσεις για τους δυαδικούς αριθμούς. Τέλος, η ανάλυση των στοιχείων έδειξε ότι οι μαθητές ενεπλάκησαν με ευχαρίστηση στο παιχνίδι με τις κάρτες.
Λέξεις κλειδιά: *δυαδικό σύστημα, Δημοτικό*

Abstract

This paper focuses on the learning of binary encoding by primary school pupils within a learning experiment mainly based on their being involved in playing a game. In fact, nineteen 6th Grade pupils participated in a constructivist learning experiment consisting of three phases: i) reviewing and reflecting on their knowledge about the decimal system, ii) experimenting with the binary system by being involved in playing a specially-designed card game and iii) extension and generalization of the knowledge acquired in the previous phases. Data analysis showed that in the aforementioned 3-phased experiment, pupils successfully managed to: reflect and make connections between the structure of the decimal and the binary system. (b) make conversions of binary to decimal numbers and vice versa (c) overcome their difficulties (d) make extensions and (e) generalizations of the knowledge they acquired during the said experiment Finally, the data analysis showed that pupils were involved with great pleasure in this card-game play.
Keywords: *binary encoding, primary education*

1. Εισαγωγή

Σημαντική είναι η απήχηση της Επιστήμης των Υπολογιστών (ΕΥ) στη σύγχρονη ζωή, μιας και οι υπολογιστές έχουν ήδη ένα τεράστιο αντίκτυπο στον τρόπο που ζούμε, σκεφτόμαστε και πράττουμε. Ακόμη, είναι δύσκολο να εκτιμήσουμε τη σημαντικότητά τους για το μέλλον. Με βάση τα παραπάνω, θεωρείται σημαντική η κατανόηση βασικών αρχών της ΕΥ σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης ξεκινώντας από το Δημοτικό σχολείο (ACM, 2003). Για το σκοπό αυτό, έχει προταθεί ένα μοντέλο αναλυτικού προγράμματος τεσσάρων επιπέδων που αφορά στην ΕΥ για μαθητές από το νηπιαγωγείο μέχρι και το λύκειο (ACM, 2003). Ο σκοπός αυτού του αναλυτικού προγράμματος είναι η καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση της ανάγκης για εκπαίδευση των νέων ανθρώπων στη σημαντική θεματική περιοχή της ΕΥ προκειμένου για την καλύτερη προετοιμασία τους για αποτελεσματική συμμετοχή στην κοινωνία του 21ου αιώνα. Ένας από τους τέσσερις στόχους αυτού του αναλυτικού προγράμματος είναι η εισαγωγή θεμελιωδών αρχών της ΕΥ σε όλους τους μαθητές ξεκινώντας από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται, πως ότι επιτυγχάνεται στο λύκειο εξαρτάται όχι μόνον από την αποτελεσματικότητα της πρόσβασης των μαθητών στην τεχνολογία και αλλά και από την επίτευξη συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων -που αφορούν στους υπολογιστές- στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Το πρώτο επίπεδο (προτεινόμενο για τις βαθμίδες Κ-8) του αναλυτικού προγράμματος που προαναφέρθηκε, σχεδιάσθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει στους μαθητές δημοτικού ευκαιρίες μάθησης θεμελιωδών αρχών της ΕΥ, εισαγωγής στην απλή αλγοριθμική σκέψη και απόκτησης βασικών τεχνολογικών δεξιοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό, η κατανόηση της ανάγκης για αναπαράσταση των πληροφοριών που αφορούν στον πραγματικό κόσμο, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατανοητές από έναν υπολογιστή, αποκτά σημαντική αξία για ένα πρωταρχικό επίπεδο κατανόησης της ΕΥ. Επομένως, η κατανόηση βασικών στοιχείων που αφορούν στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης αποτελεί ουσιαστικής σημασίας ζήτημα για την επίτευξη των σκοπών του αναλυτικού προγράμματος που προαναφέρθηκε, σε αυτό το επίπεδο της εκπαίδευσης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και οι ενήλικες παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση των συστημάτων αρίθμησης και ειδικότερα του δυαδικού συστήματος.

Ο ρόλος της εμπλοκής των μαθητών σε εποικοδομιστικές και ευχάριστες μαθησιακές δραστηριότητες θεωρείται κρίσιμος για τη μάθηση κάθε μαθησιακού αντικειμένου (Jonassen, 1999; Kafai, 1996), καθώς επίσης και για τη μάθηση των θεμελιωδών εννοιών και δεξιοτήτων που αφορούν στην ΕΥ στη πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Bell, Witten & Fellows, 2002). Ειδικότερα, τα παιχνίδια θεωρούνται το πιο αρχαίο και καταξιωμένο διαχρονικά μέσο εκπαίδευσης (Crawford, 1982). Πράγματι, τα παιχνίδια βρίσκονται ανάμεσα στις πιο ευχάριστες δραστηριότητες των ατόμων που βρίσκονται στις νεαρές ηλικίες (Facer, 2003; McFarlane & Sakellariou, 2002) καθώς, μπορούν να δημιουργήσουν κίνητρο στους μαθητές να εμπλακούν ενεργά στη μάθησή τους (Malone, 1981). Η έρευνα σχετικά με τα παιχνίδια έχει δείξει ότι οι παίκτες συχνά εισέρχονται σε μία κατάσταση απόλυτης 'απορρόφησης' ή 'ροής' (flow), ώστε δεν τους ενδιαφέρει τίποτε άλλο από το να παίζουν (Csikszentmihalyi, 1990). Ωστόσο, ο οργανισμός TEEM ('Teachers Evaluating Educational Multimedia') προτείνει, ότι ο βαθμός δυσκολίας των παιχνιδιών παίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση των μαθητών. Για να διασκεδάσουν και να μάθουν τα παιδιά παίζοντας, το παιχνίδι δε πρέπει να είναι ούτε πολύ δύσκολο, ούτε πολύ κουραστικό (McFarlane & Sakellariou, 2002). Κατάλληλα σχεδιασμένα εκπαιδευτικά παιχνίδια μπορούν να στηρίξουν τη μάθηση των μαθητών όσο αφορά στην αλλαγή της συμπεριφοράς τους, στην αλλαγή του τρόπου σκέψης τους, στην επίτευξη της προσωπικής τους "στρατηγικής" και ακόμη στην ανάπτυξη της ικανότητάς τους να λειτουργούν μέσα σε συγκεκριμένες κοινότητες (Smith, 1999). Με τη συμμετοχή τους σε κατάλληλα σχεδιασμένα παιχνίδια, οι μαθητές μπορούν επίσης να αποκτήσουν ουσιαστικές μαθησιακές ικανότητες, όπως η λογική σκέψη και οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Kafai, 2001). Παίζοντας παιχνίδια, οι μαθητές, μπορούν επίσης να αναπτύξουν νέες προσεγγίσεις στη συνεργασία (Fromme, 2003). Τα κατάλληλα σχεδιασμένα εκπαιδευτικά παιχνίδια, επίσης, παίζουν σημαντικό ρόλο για την κινητοποίηση των νέων ανθρώπων να εμπλακούν με ευχαρίστηση στη μάθησή τους διότι αυτοί σήμερα περιμένουν διαφορετικές προσεγγίσεις μάθησης (Prensky, 2001; Kirriemuir & McFarlane, 2004). Στην αναφορά TEEM (McFarlane, Sparrowhawk & Heald, 2002), επίσης αναφέρεται, ότι οι καθηγητές και οι γονείς αναγνώρισαν ότι το παίξιμο παιχνιδιών μπορεί να υποστηρίξει πολύτιμη ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως: στρατηγική σκέψη, προγραμματισμός και επικοινωνία, πράξεις με αριθμούς, διαπραγματευτικές δεξιότητες, λήψη αποφάσεων σε μια ομάδα και κατάλληλος χειρισμός δεδομένων. Κατάλληλα σχεδιασμένα παιχνίδια μπορούν επίσης να υποστηρίξουν εποικοδομιστικές προοπτικές όσο αφορά στην κατασκευή γνώσης (Papert, 1988; Kafai, 2001), όπου η μάθηση θεωρείται ως μία ενεργή, αντικειμενική και κατασκευαστική δραστηριότητα ενταγμένη σε ένα πλούσιο και αυθεντικό πλαίσιο δραστηριοτήτων για τους μαθητές. Παρόλα αυτά, διαφορετικές έρευνες υποστηρίζουν αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των παιχνιδιών στη διδασκαλία και τη μάθηση. Ορισμένα από τα ερωτήματα που τίθενται, αφορούν στη διερεύνηση του ρόλου των παιχνιδιών στη μάθηση συγκεκριμένων ενοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά αναλυτικά προγράμματα αλλά και ειδικότερα στη μάθηση αρχών της ΕΥ (Facer, 2003; Papastergiou, 2009). Με βάση τα παραπάνω, σε μια προσπάθεια ενθάρρυνσης της μάθησης βασικών εννοιών του δυαδικού συστήματος από μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε ένα ευχάριστο περιβάλλον, κατασκευάστηκε ένα παιχνίδι με κάρτες το οποίο δοκιμάστηκε με αληθινούς μαθητές. Για το σχεδιασμό αυτού του παιχνιδιού, λήφθηκαν υπόψη εποικοδομιστικές και κοινωνικές θεωρήσεις για τη γνώση και τη μάθηση (Jonassen, 1999) σε συνδυασμό με βασικές αρχές σχεδίασης παιχνιδιών (Papert, 1988; Kafai, 2001). Παρακάτω περιγράφεται το πλαίσιο του πειράματος και η παρουσίαση του σχεδιασμού του παιχνιδιού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής

έρευνας και ακολουθεί συζήτηση γύρω από τα βασικά ευρήματα που προέκυψαν. Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα.

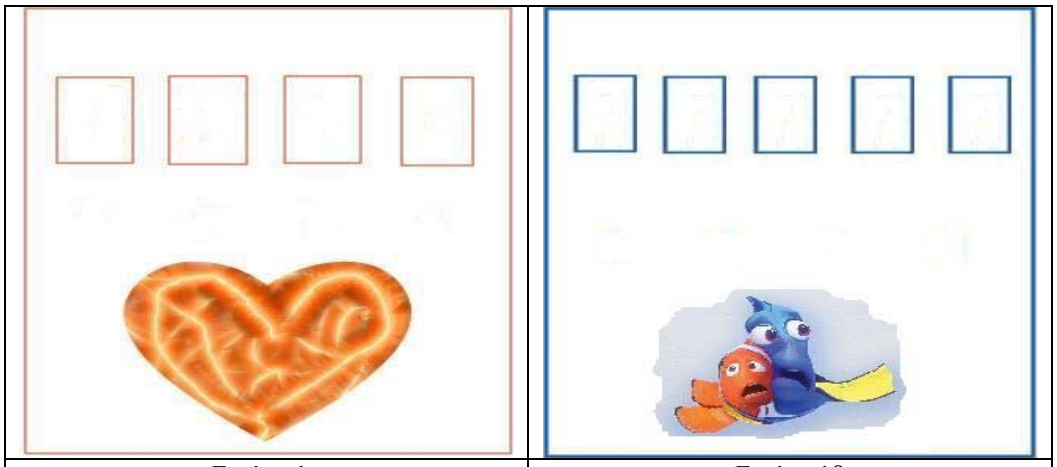
2. Το πλαίσιο της έρευνας

Η μελέτη αυτή εστιάζει στη μάθηση της δυαδικής κωδικοποίησης από μαθητές του δημοτικού σχολείου μέσω ενός μαθησιακού πειράματος το οποίο βασίζεται κυρίως στη συμμετοχή τους σε ένα παιχνίδι. Στην πράξη, δεκαεννέα μαθητές της έκτης δημοτικού συμμετείχαν σε ένα εποικοδομητικό μαθησιακό πείραμα, αποτελούμενο από τρεις φάσεις: α) αναστοχασμός της πρότερης γνώσης τους για το δεκαδικό σύστημα, β) πειραματισμός με το δυαδικό σύστημα μέσω της εμπλοκής τους σε ένα ειδικά σχεδιασμένο παιχνίδι με κάρτες και γ) επέκταση της γνώσης και δημιουργία γενικεύσεων σχετικά με τις μετατροπές δεκαδικών αριθμών σε δυαδικούς και αντίστροφα. Οι μαθητές συμμετείχαν σε ομάδες των τριών με σκοπό την παραγωγική συμμετοχή τους στο παιχνίδι. Το μαθησιακό πείραμα έλαβε μέρος σε ένα τυπικό δημοτικό σχολείο της Πάτρας. Η διάρκεια του πειράματος ακολούθησε τις ανάγκες των μαθητών, ωστόσο όμως, δεν διήρκεσε περισσότερο από δύο ώρες. Από μεθοδολογική σκοπιά, η μελέτη αυτή αποτελεί μια ποιοτική έρευνα και πιο συγκεκριμένα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια μελέτη περίπτωσης (Cohen & Manion, 1989). Ειδικότερα, έγιναν παρατηρήσεις και καταγραφή δεδομένων από τον ερευνητή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Πηγές συλλογής των δεδομένων αποτέλεσαν: α) οι σημειώσεις των παρατηρήσεων του ερευνητή σε όλες τις φάσεις του πειράματος και β) οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις που τέθηκαν. Τα διαφορετικά αυτά είδη δεδομένων οργανώθηκαν σύμφωνα με τις τρεις φάσεις του πειράματος. Σε κάθε φάση, οι απαντήσεις κάθε μαθητή στις ερωτήσεις που του τέθηκαν καταγράφηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν. Στη δεύτερη φάση, όπου οι μαθητές συμμετείχαν στο παιχνίδι με τις κάρτες οι αλληλεπιδράσεις τους επίσης καταγράφηκαν. Οι απαντήσεις και οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών αναλύθηκαν σύμφωνα με τις ειδικές έννοιες των δυαδικών αριθμών, όπως αυτές εκφράσθηκαν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις του μαθησιακού πειράματος που προαναφέρθηκε.

Το πείραμα

1η φάση: αναστοχασμός των μαθητών στην πρότερή τους γνώση για το δεκαδικό σύστημα

Η φάση αυτή σχεδιάστηκε με στόχο να δώσει στους μαθητές τη δυνατότητα να αναστοχαστούν στη γνώση τους για τους δεκαδικούς αριθμούς και ειδικότερα στη δομή τους ώστε να αποκτήσουν επίγνωση της αξίας των ψηφίων τους σε σχέση με τη θέση τους. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές θα είχαν τη δυνατότητα να περάσουν ομαλά από το δεκαδικό στο δυαδικό σύστημα και να κάνουν συνδέσεις μεταξύ βασικών αρχών των δύο αυτών συστημάτων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι μαθητές κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν τις παρακάτω δραστηριότητες:



Εικόνα 1α	Εικόνα 1β

Εικόνα 1: *Κάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για να βοηθήσουν τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στις γνώσεις τους για τους δεκαδικούς αριθμούς*

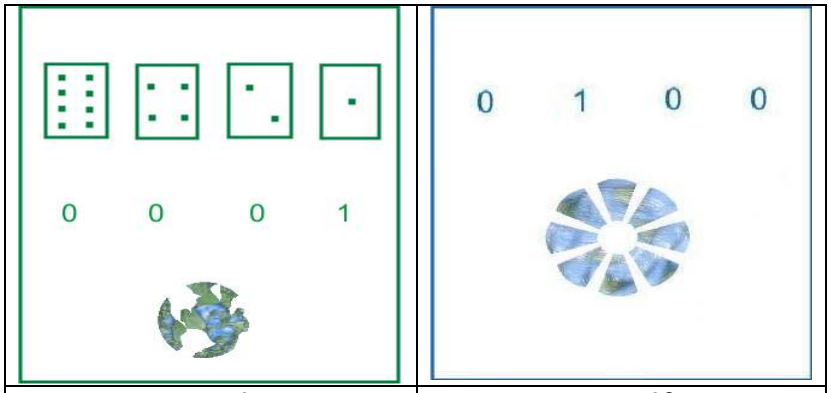
Δραστηριότητα 1. Σε αυτή τη δραστηριότητα, ζητήθηκε από τους μαθητές να γράψουν δέκα δεκαδικούς αριθμούς -της αρεσκείας τους- χρησιμοποιώντας όλα τα πιθανά ψηφία. Στη συνέχεια,

ζητήθηκε από τους ίδιους να απαντήσουν στις παρακάτω ερωτήσεις: 1) Πόσα διαφορετικά ψηφία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να γράψουμε ένα δεκαδικό αριθμό; 2) Ποια είναι η αξία κάθε ψηφίου; 3) Εξηγήστε ποια είναι η αξία κάθε ψηφίου -σε σχέση με τη θέση του- στις περιπτώσεις των αριθμών που προηγουμένως επιλέξατε. Η δραστηριότητα αυτή κατασκευάστηκε με σκοπό να δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές να μελετήσουν χαρακτηριστικά στοιχεία της δομής του δεκαδικού συστήματος όπως είναι οι αριθμοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός δεκαδικού αριθμού και η σχέση της αξίας ενός ψηφίου με τη θέση του στον αριθμό.

Δραστηριότητα 2. Σε κάθε μία από τις ακόλουθες κάρτες (Εικόνα 1) γράψτε ένα αριθμό και αντιστοιχίστε σε κάθε ορθογώνιο πλαίσιο των αριθμό των μονάδων που κάθε ψηφίο εκφράζει. Η δραστηριότητα αυτή κατασκευάστηκε με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές να εξάγουν πιο συγκεκριμένες –οπτικές- σημασίες σχετικά με την αξία κάθε ψηφίου ενός δεκαδικού αριθμού, σε σχέση με τη θέση του στον αριθμό, καθώς επίσης και να εντάξει τους μαθητές στη φιλοσοφία των καρτών οι οποίες θα χρησιμοποιούνταν στην επόμενη φάση του παιχνιδιού, με παρόμοιο τρόπο ως μέσο, για την υποστήριξη της εισαγωγής των μαθητών στο δυαδικό σύστημα.

2η φάση: Πειραματισμός με το δυαδικό σύστημα μέσω της εμπλοκής των μαθητών σε παιχνίδι

Αυτή η φάση του πειράματος αποφασίστηκε με σκοπό να παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες να εξοικειωθούν με την ύπαρξη του δυαδικού συστήματος και να κατανοήσουν τη δομή του και τη σχέση μεταξύ της θέσης κάθε ψηφίου και της αξίας του. Για να παρακινηθούν οι μαθητές να εμπλακούν σε αυτή τη φάση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εισαγωγή: '*Συνειδητοποιήσαμε κατά τη διάρκεια του προηγούμενου ερωτήματος ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 10 διαφορετικά ψηφία για να κατασκευάσουμε οποιοδήποτε αριθμό του δεκαδικού συστήματος. Ωστόσο, οι υπολογιστές καταλαβαίνουν μόνο δύο αριθμούς, το 0 και το 1, και όχι δέκα όπως έχουμε συνηθίσει να χρησιμοποιούμε (από το 0 μέχρι το 9) στο δεκαδικό σύστημα. Πως άραγε αναπαρίσταται ένας οποιοδήποτε αριθμός με συνδυασμούς των '0' και '1'; Για να το μάθουμε ας παίξουμε ένα παιχνίδι. Το παιχνίδι με τις κάρτες.*'



Εικόνα 2α	Εικόνα 2β

***Εικόνα 2**: Κάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατασκευάσουν οπτικές σημασίες για τους δυαδικούς αριθμούς*

Δραστηριότητα 3: Εξοικείωση με τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Εδώ, δόθηκε ένας αριθμός καρτών (όπως αυτές της εικόνας 2α) στους μαθητές προς παρατήρηση. Κάθε κάρτα αναπαριστά ένα αριθμό (από το 1 ως το 15) στην τετραψήφια δυαδική μορφή του. Αυτός ο δυαδικός αριθμός επίσης αναπαρίσταται σε σχέση με τη σημασία των ψηφίων του, αντιστοιχώντας στη θέση κάθε ψηφίου ένα ορθογώνιο πλαίσιο, το οποίο περικλείει ένα κατάλληλο αριθμό κουκκίδων (1 κουκκίδα, 2 κουκκίδες, 4 κουκκίδες και 8 κουκκίδες αντίστοιχα). Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να παρατηρήσουν τις κάρτες και να εκφράσουν τις απόψεις τους σχετικά με τις ακόλουθες ερωτήσεις: Ε1) Ποια είναι η σημασία των κουκκίδων που βρίσκονται μέσα στα ορθογώνια πλαίσια; Ε2) Ποιος είναι ο αριθμός που αναπαρίσταται σε κάθε ένα από τα ορθογώνια πλαίσια; Ε3) Ποια πιστεύετε ότι είναι η σχέση μεταξύ αυτών των αριθμών; Ε4) Ποιος είναι ο αριθμός κουκκίδων που θα περικλειόταν σε ένα άλλο ορθογώνιο πλαίσιο που θα βάζαμε στα αριστερά του πλαισίου που έχει 8 κουκκίδες; Ε5) Ποια είναι η αξία κάθε ψηφίου από τους δυαδικούς αριθμούς που αναπαρίστανται σε αυτές τις

κάρτες; Ε6) Ποια είναι η σημασία των “0” και “1” σε διαφορετικές θέσεις; Ε7) Ποια είναι η αξία του δυαδικού αριθμού που αναπαρίσταται σε αυτές τις κάρτες;

Δραστηριότητα 4: Παίζοντας το παιχνίδι με τις κάρτες. Σε αυτή τη φάση του πειράματος, οι μαθητές πήραν μέρος σε ένα παιχνίδι με κάρτες, χρησιμοποιώντας ένα ειδικά σχεδιασμένο σύνολο 60 καρτών (όπως αυτές της εικόνας 2α). Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάσθηκαν 4 ομάδες 15 καρτών, κάθε μία από τις οποίες αντιπροσώπευε ένα αριθμό από το 1 ως το 15 στην τετραψήφια δυαδική μορφή του. Κάθε ομάδα καρτών, εικονογραφήθηκε με μία ελκυστική φιγούρα από τον κόσμο των μαθητών. Για κάθε ομάδα καρτών, οι δυαδικοί αριθμοί, οι φιγούρες, τα ορθογώνια πλαίσια και οι κουκκίδες είχαν το ίδιο χρώμα. Οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις κάρτες για να παίξουν ένα παιχνίδι. Οι κανόνες αυτού του παιχνιδιού παρουσιάζονται παρακάτω:
(α) Όλες οι κάρτες (και οι 60) πρέπει να είναι στη μέση ενός τραπεζιού με τους αριθμούς προς τα κάτω, ούτως ώστε να μη φαίνονται. (β) Οι παίκτες πρέπει να παίρνουν κάρτες με κυκλική σειρά. Κάθε παίκτης παίρνει μία κάρτα και μετά υπολογίζει το δεκαδικό αριθμό που αντιστοιχεί στο δυαδικό της κάρτας. Σε αυτό το σημείο παρέχεται στους μαθητές ένας πίνακας για να γράψουν στην πρώτη του στήλη αυτούς τους δεκαδικούς αριθμούς. Όταν ξαναέρχεται η σειρά του/της, παίρνει άλλη μία κάρτα, έπειτα μετατρέπει τον δυαδικό αριθμό στον αντίστοιχο δεκαδικό, γράφει αυτό το δεκαδικό στην πρώτη στήλη του πίνακα, υπολογίζει το άθροισμα αυτών των δεκαδικών αριθμών και το γράφει στη δεύτερη στήλη του πίνακα. (γ) Η βαθμολογία κάθε παίκτη κάθε δεδομένη στιγμή είναι το άθροισμα των αριθμών των καρτών που έχει στα χέρια του. (δ) Ο σκοπός κάθε παίκτη είναι αποκτήσει μία βαθμολογία μικρότερη ή ίση με το 51.(ε) Αν η βαθμολογία ενός παίκτη ξεπεράσει το 51, τότε χάνει και βγαίνει από το παιχνίδι. (στ) Ένας παίκτης μπορεί να σταματήσει να παίρνει κάρτες οποιαδήποτε στιγμή επιλέξει. (ζ) Νικητής είναι ο παίκτης με τη μεγαλύτερη βαθμολογία και (η) Αν περισσότεροι του ενός παίκτες έχουν την ίδια βαθμολογία, τότε παίρνουν ακόμα μία κάρτα και νικητής ανακηρύσσεται ο παίκτης με το μικρότερο αριθμό.

Πίνακας 1: *Παράδειγμα πιθανού παιξίματος με 3 παίκτες*

Παίκτης Α		Παίκτης Β		Παίκτης Γ	
Δεκαδικός αριθμός	Άθροισμα	Δεκαδικός αριθμός	Άθροισμα	Δεκαδικός αριθμός	Άθροισμα
12		7		10	
15	27	10	17	15	25
6	33	15	32	15	40
8	41	14	46 (σταματά)	12	52 (χάνει)
3	44				
6	50 (σταματά)				

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει ένα παράδειγμα της βαθμολογίας τριών παικτών (Παίκτης Α, Παίκτης Β και Παίκτης Γ) που συμμετείχαν στο προαναφερόμενο παιχνίδι. Στις στήλες 1, 3 και 5 του Πίνακα παρουσιάζονται οι δεκαδικοί αριθμοί που αντιστοιχούν στους δυαδικούς αριθμούς των καρτών που πιθανόν ανέσυραν οι παίκτες. Ο παίκτης Γ έχασε, λόγω του ότι απέκτησε βαθμολογία μεγαλύτερης του 51, ενώ ο παίκτης Α είναι ο νικητής αφού είχε βαθμολογία μεγαλύτερη από αυτή του παίκτη Β.

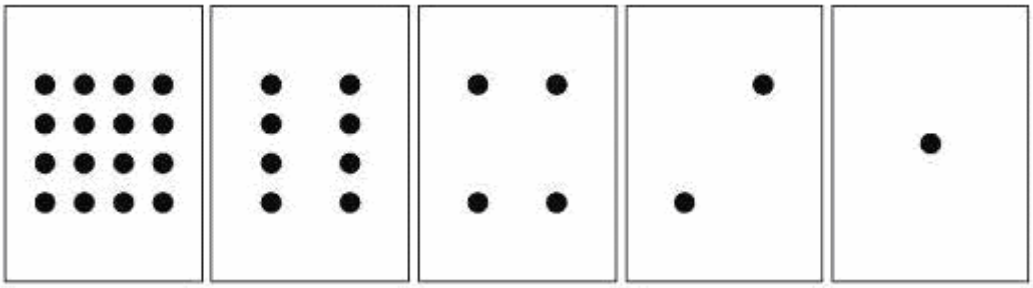
Δραστηριότητα 5: Για να βοηθήσουμε τη μάθηση της μετατροπής των δυαδικών αριθμών σε δεκαδικούς αριθμούς σε αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να παίξουν αυτό το παιχνίδι και με κάρτες που απεικόνιζαν μόνο δυαδικές αναπαραστάσεις αριθμών χωρίς τη βοήθεια με τα πλαίσια με τις κουκκίδες (Εικόνα 2β).

3η Φάση. Ενθαρρύνοντας τους μαθητές να επεκτείνουν τις γνώσεις τους σχετικά με τους δυαδικούς αριθμούς

Αυτή η φάση θεωρήθηκε ουσιαστική, προκειμένου να βοηθήσει τους μαθητές να αναστοχαστούν, να επεκτείνουν τις γνώσεις τους και να κάνουν γενικεύσεις και συνδέσεις μεταξύ των γνώσεων τους για τους δεκαδικούς και τους δυαδικούς αριθμούς. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να κάνουν μετατροπές δεκαδικών αριθμών σε δυαδικούς και αντίστροφα.

Δραστηριότητα 6. Εδώ, δόθηκε στους μαθητές ένα πλήθος καρτών που αναπαριστούσαν 1, 2, 4, 8 και 16 κουκκίδες (Εικόνα 3) και τους ζητήθηκε να τις συνδυάσουν κατάλληλα ώστε να κατασκευάσουν τη δυαδική μορφή των παρακάτω αριθμών: 1, 13, 6, 15, 7, 4. Αυτή η δραστηριότητα θεωρήθηκε

ουσιαστική προκειμένου να δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές να μετατρέψουν δεκαδικούς αριθμούς στους αντίστοιχους δυαδικούς.



Εικόνα 3*: Κάρτες που αναπαριστούν την αξία θέσεων ψηφίων ενός 5-ψήφιου δυαδικού αριθμού*

Δραστηριότητα 7. Εδώ, δόθηκαν στους μαθητές πάλι οι κάρτες που χρησιμοποιήθηκαν στην προηγούμενη δραστηριότητα. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να συνδυάσουν κατάλληλα τις κάρτες και να προσπαθήσουν να κατασκευάσουν τη δυαδική μορφή των ακόλουθων αριθμών: 32, 69, 165 και να δώσουν εξηγήσουν τις επιλογές τους. Καθώς οι μαθητές προηγουμένως δεν χρησιμοποίησαν δυαδική αναπαράσταση αριθμών μεγαλύτερων από το 15, αυτή η δραστηριότητα κρίθηκε ως ουσιαστική προκειμένου να τους δώσει ευκαιρίες να επεκτείνουν τις γνώσεις τους και να ανακαλύψουν την κατάλληλη διαδικασία που πρέπει να εφαρμοστεί για την κατασκευή οποιουδήποτε δυαδικού αριθμού. Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές να γενικεύσουν και να κατασκευάσουν ένα σύνολο από κανόνες για τη μετατροπή δεκαδικών αριθμών στους αντίστοιχους δυαδικούς.

Δραστηριότητα 8: Κατά τη διάρκεια αυτής της τελευταίας δραστηριότητας ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν τον Πίνακα 2 ούτως ώστε να ενθαρρυνθούν να οργανώσουν καλύτερα τις γνώσεις τους, βρίσκοντας ομοιότητες μεταξύ του δεκαδικού και του δυαδικού συστήματος.

Πίνακας 2: *Πίνακας ομοιοτήτων μεταξύ του δεκαδικού και δυαδικού συστήματος προς συμπλήρωση από τους μαθητές*

Δεκαδικό σύστημα	**Δυαδικό σύστημα**
1	__
10	__
100=10*10	__ = __ * __
1000=10*10*10	__ = __ * __ * __
10000=10*10*10*10	___ = __ * __ * __ * __

Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν αυτή τη γνώση προκειμένου να αναλύσουν τους ακόλουθους δυαδικούς, ούτως ώστε να τους μετατρέψουν σε δεκαδικούς.

1001=1*__ + 0*__+ 0*__ + 1*__=___
0111=0*__ + 1*__+ 1*__ + 1*__=___
0101=__*__ + __*__+ __*__ + __*__=___
1111=__*__ + __*__+ __*__ + __*__=___

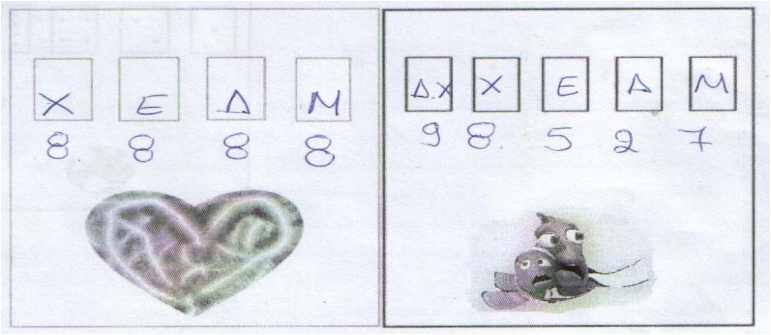
3. Αποτελέσματα

Τα πιο σημαντικά ευρήματα της έρευνας παρουσιάζονται παρακάτω:

1η φάση: αναστοχασμός των μαθητών στην πρότερή τους γνώση για το δεκαδικό σύστημα

Δραστηριότητα 1. Η πλειοψηφία των μαθητών (17 μαθητές) έγραψαν 10 δεκαδικούς αριθμούς χρησιμοποιώντας όλα τα πιθανά αριθμητικά ψηφία και επίσης αναγνώρισαν ότι για το σχηματισμό κάθε δεκαδικού αριθμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν 10 ψηφία. Οι υπόλοιποι μαθητές χρησιμοποίησαν μόνο 4 αριθμητικά ψηφία: 0, 1, 8 και 9. Αυτοί οι μαθητές προχώρησαν, μετά την παρέμβαση του ερευνητή, ο οποίος τους ρώτησε: "Υπάρχουν άλλα αριθμητικά ψηφία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν; Ποια είναι αυτά τα ψηφία;". Όλοι οι μαθητές επίσης, απάντησαν σωστά ότι η σημασία του πρώτου από τα αριστερά ψηφίου ενός δεκαδικού αριθμού αντιπροσωπεύει τις μονάδες, το δεύτερο τις δεκάδες, το τρίτο τις εκατοντάδες κ.ο.κ.

Δραστηριότητα 2. Όλοι οι μαθητές έγραψαν δεκαδικούς αριθμούς στις δοθείσες κάρτες και αντιστοίχησαν επιτυχώς σε κάθε ορθογώνιο πλαίσιο τον αριθμό των αριθμητικών μονάδων που κάθε ψηφίο αναπαριστά. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα από τις προσπάθειες των μαθητών. Σε αυτή την εικόνα, το ΔΧ αντιπροσωπεύει τις δεκάδες χιλιάδες, το Χ τις χιλιάδες, το Ε τις εκατοντάδες, το Δ τις δεκάδες και το Μ τις μονάδες.



Εικόνα 4: *Προσπάθεια μαθητή να φέρει σε πέρας τη δραστηριότητα 2*

2η φάση: Πειραματισμός με το δυαδικό σύστημα μέσω της εμπλοκής των μαθητών σε παιχνίδι

Δραστηριότητα 3. Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις (Ε) που τέθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας συνοψίζονται ως εξής:

Ε.1. Περίπου οι μισοί από τους μαθητές (9 μαθητές) που συμμετείχαν σε αυτό το πείραμα αιτιολόγησαν ότι οι κουκκίδες που είναι μέσα σε κάθε ορθογώνιο πλαίσιο αναπαριστούν ένα αριθμό αριθμητικών μονάδων. Οι υπόλοιποι μαθητές (Μ1, Μ2, Μ3, Μ4, Μ5, Μ9, Μ13, Μ14, Μ16, Μ19), κατέληξαν σε αυτή την αιτιολόγηση αφού επανήλθαν στη δραστηριότητα 2, όπου παρόμοιες κάρτες χρησιμοποιήθηκαν για την αναπαράσταση δεκαδικών αριθμών και τα ορθογώνια πλαίσια αυτών των καρτών χρησιμοποιήθηκαν για την αναπαράσταση των αριθμητικών μονάδων.

Ε.2. Περίπου οι μισοί από τους μαθητές (10 μαθητές) συνειδητοποίησαν ότι οι αριθμοί 1, 2, 4 και 8 αναπαριστάνονταν από τις κουκκίδες που ήταν μέσα σε κάθε ορθογώνιο πλαίσιο. Οι υπόλοιποι μαθητές (Μ1, Μ2, Μ3, Μ4, Μ5, Μ13, Μ15, Μ19, Μ20) κατέληξαν σε αυτό το συμπέρασμα, επίσης αφού επανήλθαν στη δραστηριότητα 2.

Ε.3. Η πλειοψηφία των μαθητών εξέφρασε ότι ο αριθμός των κουκκίδων κάθε ορθογώνιου πλαισίου σχετίζεται με τον αριθμό των κουκκίδων στο δεξιό του ορθογώνιο πλαίσιο πολλαπλασιασμένος με το δύο. Οι υπόλοιποι μαθητές (Μ1, Μ5, Μ6, Μ13, Μ19) δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν αυτή τη σχέση. Σε αυτό το σημείο, αυτοί οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν από τον ερευνητή να αναστοχαστούν ξανά πάνω σε αυτούς τους αριθμούς και να προσπαθήσουν να βρουν κάποια σχέση. Έτσι, μετά από λίγο χρόνο αναστοχασμού, αυτοί οι μαθητές κατέληξαν στις σωστές απαντήσεις.

Ε.4. Όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι ο αριθμός των κουκκίδων που θα περιλαμβανόταν σε ένα άλλο ορθογώνιο πλαίσιο το οποίο θα το τοποθετούσαμε στα αριστερά του πλαισίου με τις 8 κουκκίδες, θα περιείχε 16 κουκκίδες και ότι ο αριθμός των κουκκίδων στο επόμενο προς τα αριστερά πλαίσιο θα ήταν 32.

Ε.5. Η πλειοψηφία των μαθητών (11 μαθητές) κατάλαβαν ότι ο αριθμός που αναπαρίσταται από κάθε ψηφίο ενός δυαδικού αριθμού, ξεκινώντας από τα δεξιά, εκφράζει 1 αριθμητική μονάδα 2, 4 και 8 αριθμητικές μονάδες αντίστοιχα. Οι υπόλοιποι μαθητές (Μ1, Μ2, Μ3, Μ4, Μ5, Μ14, Μ15, Μ19) συνάντησαν δυσκολίες να απαντήσουν αυτή την ερώτηση. Σε αυτό το σημείο, ενθαρρύνθηκαν από τον ερευνητή να επανέλθουν στη δραστηριότητα 2. Έτσι, μετά από λίγο χρόνο σκέψης, αυτοί οι μαθητές κατάφεραν να δώσουν τις σωστές απαντήσεις.

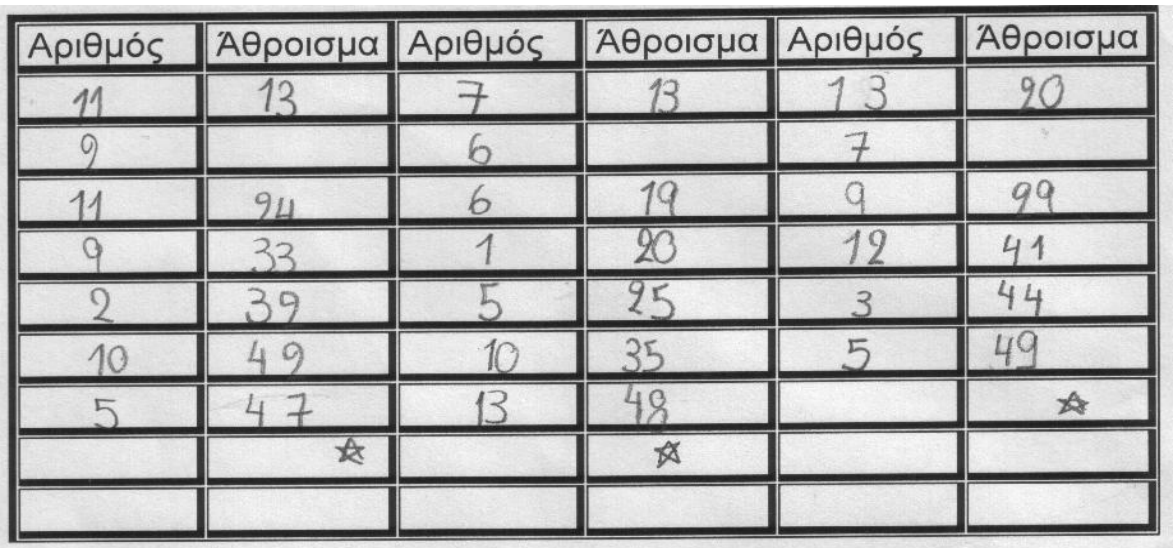
Ε.6. Όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι η σημασία των "0" και "1" εξαρτάται από τη θέση τους στο δυαδικό αριθμό. Αναπαριστούν τον αριθμό των μονάδων, δυάδων, τετράδων και οχτάδων αντίστοιχα όσον αφορά σε ένα τετραψήφιο δυαδικό αριθμό, ξεκινώντας από τα δεξιά.

Ε.7. Η πλειοψηφία των μαθητών (10 μαθητές) κατάλαβαν ότι για να μετατραπεί κάθε δυαδικός αριθμός των καρτών στον αντίστοιχο δεκαδικό, πρέπει να πολλαπλασιάσουν κάθε δυαδικό ψηφίο με τον αριθμό των αριθμητικών μονάδων που αναπαρίστανται στο αντίστοιχο ορθογώνιο πλαίσιο πχ. Ο δυαδικός αριθμός 1101=1*1+0*2+1*4+1*8= 13. Οι υπόλοιποι μαθητές (Μ1, Μ2, Μ3, Μ4, Μ5, Μ9, Μ12, Μ13, Μ19) συνάντησαν δυσκολίες στη διεξαγωγή αυτού του μετασχηματισμού. Για

παράδειγμα ένας μαθητής είπε ότι αριθμός 0011 είναι το 21 στο δεκαδικό, αντιστοιχώντας τη μία μονάδα με το 1 και την άλλη με το 2, χωρίς όμως να προσθέσει τους αριθμούς 1 και 2. Για να ξεπεράσουν αυτό το λάθος, δόθηκε στους μαθητές το εξής παράδειγμα: '*Ας εξετάσουμε τον αριθμό 635 στο δεκαδικό σύστημα. Το 6 αντιστοιχεί σε εκατοντάδες, το 3 σε δεκάδες και το 5 σε μονάδες. Σύμφωνα με τα λεγόμενα των μαθητών το 635 γίνεται 600305*'. Σε αυτό το σημείο οι μαθητές βρέθηκαν σε γνωστική σύγκρουση και κατάλαβαν ότι έπρεπε να προσθέσουν το 1 με το 2, και όχι απλά να τα τοποθετήσουν τον ένα αριθμό δίπλα στον άλλο. Στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν τη γνώση που απέκτησαν για να συμπληρώσουν το πρόβλημα μετατροπής δυαδικών αριθμών στους αντίστοιχους δεκαδικούς τους.

Δραστηριότητα 4. Παίζοντας το παιχνίδι με τις κάρτες

Εδώ, είναι εντυπωσιακό το ότι, όλοι οι μαθητές συμμετείχαν με χαρά στο προτεινόμενο παιχνίδι. Αυτοί που νίκησαν εξέφρασαν την ευχαρίστησή τους, ενώ αυτοί που έχασαν ανυπομονούσαν να ξαναπαίξουν. Άλλοι μαθητές επίσης εξέφρασαν την επιθυμία τους να παίζουν επανειλημμένα. Όλοι οι μαθητές συμμετείχαν στο παιχνίδι με ευγενική άμιλλα. Κατά τη διάρκεια κάθε παιχνιδιού, όλοι οι μαθητές εξέφρασαν το ενδιαφέρον τους για το παιχνίδι, την αγωνία τους να κερδίσουν και την ευχαρίστησή τους λόγω του ότι έμαθαν πολλά για τους δυαδικούς και δεκαδικούς αριθμούς. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν όλους τους τύπους των καρτών που δόθηκαν με ευκολία, ακόμα και αυτές που αναπαριστούσαν μόνο δυαδικούς αριθμούς (Δραστηριότητα 5). Τελικά, κανένας μαθητής δεν παρουσίασε δυσκολίες ούτε στον υπολογισμό των δυαδικών αριθμών που βρίσκονταν στις κάρτες, ούτε στον υπολογισμό του αθροίσματος των βαθμών κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Ένα παράδειγμα των υπολογισμών που έκανε ένας μαθητής κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού χρησιμοποιώντας κάρτες που αναπαριστούσαν μόνο δυαδικούς αριθμούς, φαίνεται στην Εικόνα 5.



Αριθμός	Άθροισμα	Αριθμός	Άθροισμα	Αριθμός	Άθροισμα
11	13	7	13	13	20
9		6		7	
11	24	6	19	9	29
9	33	1	20	12	41
2	39	5	25	3	44
10	49	10	35	5	49
5	47	13	48		☆
	☆		☆		

Εικόνα 5: *Η προσπάθεια ενός μαθητή να υπολογίσει δυαδικούς αριθμούς και το άθροισμά τους*

Δραστηριότητα 6. Όλοι οι μαθητές κατάφεραν να συνδυάσουν τις κάρτες που φαίνονται στην Εικόνα 4, ούτως ώστε να κατασκευάσουν τη δυαδική μορφή των αριθμών: 1, 13, 6, 15, 7, 4.

Δραστηριότητα 7. Περίπου οι μισοί από τους μαθητές (M6, M7, M8, M10, M11, M12, M14, M15, M17 και M20) απάντησαν ότι ο μεγαλύτερος αριθμός που θα μπορούσε να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας τις δοσμένες κάρτες, είναι ο αριθμός 31. Για να κατασκευαστεί ο αριθμός 32 αποφάσισαν να επεκτείνουν αυτές τις κάρτες προσθέτοντας στα αριστερά του πλαισίου με τις 16 κουκκίδες, ένα ακόμα πλαίσιο με 32 κουκκίδες. Έτσι, κατασκεύασαν το δυαδικό αριθμό 100000. Οι υπόλοιποι μαθητές κατάφεραν να φέρουν σε πέρας αυτή τη δραστηριότητα αφού τους προτάθηκε να ανατρέξουν στις απαντήσεις που έδωσαν στο Ε.3 της Δραστηριότητας 3. Για την κατασκευή της δυαδικής μορφής του αριθμού 69, όλοι οι μαθητές πρόσθεσαν στα αριστερά του πλαισίου με τις 32 κουκκίδες, ένα πλαίσιο που περιείχε 64 κουκκίδες, ούτως ώστε να κατασκευάσουν το δυαδικό αριθμό 1000101. Τελικά, όλοι οι μαθητές πρόσθεσαν στα αριστερά αυτού του πλαισίου και ένα άλλο πλαίσιο με 128 κουκκίδες για να κατασκευάσουν τη δυαδική μορφή (10100101) του αριθμού 165.

Δραστηριότητα 8. Όλοι οι μαθητές, κατάφεραν να συμπληρώσουν τον Πίνακα 2 αναζητώντας ομοιότητες μεταξύ του δεκαδικού και δυαδικού συστήματος. Όλοι οι μαθητές επίσης μετέτρεψαν ορθά του δυαδικούς αριθμούς στη δεκαδική τους μορφή. Επιπλέον, οι μισοί από αυτούς (M2, M4, M6, M7, M8, M11, M13, M18 και M20) κατάφεραν να εκφράσουν ότι ο μετασχηματισμός ενός δεκαδικού αριθμού στη δυαδική του μορφή μπορεί να πραγματοποιηθεί επιτυχώς ακολουθώντας τους παρακάτω κανόνες: (α) Αρχικά, πρέπει να βρούμε πόσα ορθογώνια πλαίσια (το καθένα από αυτά να περιλαμβάνει τις κατάλληλες κουκκίδες) χρειαζόμαστε. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζουμε πλαίσια με 1, 2, 4, 8, 16 κ.ο.κ. κουκκίδες. Σταματάμε όταν ο αριθμός των κουκκίδων είναι μικρότερος ή ίσος του αριθμού προς μετασχηματισμό. Πρέπει να τοποθετήσουμε αυτά τα πλαίσια με αυξανόμενη σειρά, ξεκινώντας από τα δεξιά προς τα αριστερά. (β) Έπειτα, πρέπει να τοποθετήσουμε το σύμβολο '1' κάτω από το ορθογώνιο πλαίσιο με το μεγαλύτερο αριθμό κουκκίδων. (γ) Τέλος, βάζουμε το σύμβολο '1' κάτω από τα κατάλληλα πλαίσια και το σύμβολο '0' κάτω από τα υπόλοιπα. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί, ότι ορισμένοι μαθητές εξέφρασαν με σαφήνεια ότι ο αριθμός 10 είναι η βάση για το δεκαδικό σύστημα, ενώ ο αριθμός 2 είναι η βάση για το δυαδικό σύστημα.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στη μελέτη αυτή παρουσιάστηκε ένα μαθησιακό πείραμα τριών φάσεων, για τη μάθηση της δυαδικής κωδικοποίησης από μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτό το μαθησιακό πείραμα βασίστηκε κυρίως στην εμπλοκή των μαθητών στο παίξιμο ενός ειδικά σχεδιασμένου παιχνιδιού. Ο σχεδιασμός αυτού του πειράματος έδωσε έμφαση: στην έκφραση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με τους δεκαδικούς αριθμούς, στον αναστοχασμό πάνω σε αυτές τις γνώσεις και στη σύνδεση με το δυαδικό σύστημα και τέλος, στην επέκταση των γνώσεων που αποκτήθηκαν και στην κατασκευή κατάλληλων γενικεύσεων. Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας πραγματικούς μαθητές (της έκτης δημοτικού) με θετικά αποτελέσματα όσο αφορά στις γνώσεις τους για τους δυαδικούς αριθμούς. Πράγματι, όλοι οι μαθητές μετά το πείραμα κατάφεραν να υπολογίσουν ένα τετραψήφιο δυαδικό αριθμό και να βρουν σωστά τις σχέσεις μεταξύ της αξιών των ψηφίων του. Όλοι οι μαθητές επίσης, ήταν ικανοί να μετατρέψουν ένα δεκαδικό αριθμό στον αντίστοιχο δυαδικό. Τελικά, ένας σημαντικός αριθμός μαθητών κατάφερε να ορίσει ένα σύνολο κανόνων για τη μετατροπή ενός δεκαδικού αριθμού στη δυαδική του μορφή.

Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη φάση αυτού του πειράματος, ζητήθηκε από τους μαθητές να εκφράσουν τις γνώσεις τους με τη μορφή γραπτών απαντήσεων σχετικά με τον αριθμό και την ποικιλία των ψηφίων που χρησιμοποιούνται για τη αναπαράσταση κάθε δεκαδικού αριθμού καθώς επίσης και τη σχέση μεταξύ της θέσης ενός αριθμητικού ψηφίου και της αξίας του. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης επίσης, δόθηκαν στους μαθητές ειδικά σχεδιασμένες κάρτες επιτρέποντας ένα είδος οπτικής αναπαράστασης ενός δεκαδικού αριθμού και της αξίας των μονάδων κάθε ψηφίου του. Αυτή η φάση επιλέχθηκε ως κατάλληλη για να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν ομαλά από τη δομή του δεκαδικού στη δομή του δυαδικού συστήματος. Όλοι οι μαθητές, με επιτυχία αντιμετώπισαν τις δραστηριότητες που κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν σε αυτή τη φάση του πειράματος σχετικά με τους δεκαδικούς αριθμούς. Στη δεύτερη φάση, δόθηκαν στους μαθητές παρόμοιες με τις προαναφερθείσες κάρτες με τη διαφορά ότι οι κάρτες αυτές αναπαριστούσαν τετραψήφιους δυαδικούς αριθμούς. Για την κατανόηση της αξίας αυτών των δυαδικών αριθμών αυτές οι κάρτες περιλάμβαναν και εικονικές αναπαραστάσεις της αξίας σε σχέση με τη θέση κάθε ψηφίου ενός 4-ψήφιου δυαδικού αριθμού, ως μια μορφή βοήθειας στο μαθητή. Η βοήθεια αυτή είχε τη μορφή πλαισίων με κατάλληλο αριθμό κουκκίδων που απεικόνιζαν την αξία της θέσης κάθε ψηφίου ενός τετραψήφιου δυαδικού αριθμού. Για την αποσαφήνιση της δομής του δυαδικού συστήματος, τέθηκαν επίσης, κατάλληλες ερωτήσεις στους μαθητές. Σε αυτό το σημείο, οι μαθητές βοηθήθηκαν να κατανοήσουν την αξία ενός τετραψήφιου δυαδικού αριθμού, με τον αναστοχασμό αφ ενός μεν στις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στις κάρτες και αφ ετέρου στις αναπαραστάσεις των δεκαδικών αριθμών που πραγματοποίησαν κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης. Στη συνέχεια, δόθηκαν στους μαθητές κάρτες με δυαδικούς αριθμούς χωρίς βοηθητικά στοιχεία για παραπέρα εμπέδωση των μετατροπών δυαδικών σε δεκαδικούς αριθμούς. Μετά από αυτή την αναστοχαστική φάση, οι μαθητές συμμετείχαν με ευχαρίστηση και επιτυχία στο ειδικά σχεδιασμένο παιχνίδι χρησιμοποιώντας αρχικά τις κάρτες με τη βοήθεια και στη συνέχεια τις κάρτες που αναπαριστούσαν δυαδικούς αριθμούς χωρίς βοήθεια. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι μαθητές πέτυχαν στον

υπολογισμό της αξίας των δυαδικών αριθμών που αναπαριστάνονταν στις κάρτες τους, παρά το γεγονός ότι ορισμένοι μαθητές δεν τα κατάφεραν πολύ καλά στη φάση του πειράματος πριν τη συμμετοχή τους στο παιχνίδι. Οι μαθητές εξέφρασαν επίσης, την ευχαρίστησή τους για την όλη διαδικασία κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Οι δύο φάσεις του μαθησιακού πειράματος που προαναφέρθηκαν, βοήθησαν επίσης τους μαθητές να εμπλακούν επιτυχώς την τρίτη φάση του πειράματος που τους καλούσε (α) να επεκτείνουν τις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με τους τετραψήφιους δυαδικούς αριθμούς σε αριθμούς με περισσότερα ψηφία. (β) να βρουν ομοιότητες μεταξύ των δομών του δεκαδικού και δυαδικού συστήματος, (γ) να μετατρέψουν τους δοθέντες δεκαδικούς αριθμούς στις αντίστοιχες δυαδικές τους μορφές και (δ) να κατασκευάσουν κανόνες σχετικά με τη μετατροπή ενός δεκαδικού αριθμού στη δυαδική του μορφή. Τα παραπάνω θετικά αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν ένα έναυσμα για τη χρήση παιχνιδιών προκειμένου για την ένταξη βασικών εννοιών Πληροφορικής στα αναλυτικά προγράμματα της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Όμως, έρευνα με περισσότερους μαθητές είναι απαραίτητη για την εξαγωγή πιο ισχυρών συμπερασμάτων και γενικεύσεων.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ το μηχανικό Η/Υ και Πληροφορικής κ. Χ. Μπίμπα για τη συλλογή και πρώτη επεξεργασία των δεδομένων που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής του εργασίας.

Βιβλιογραφία

ACM (2003). A Model Curriculum for K-12 Computer Science: *Final Report of the ACM K-12 Task Force* Curriculum Committee.

Bell, T., Witten, I. & Fellows, M. (2002). *Computer Science Unplugged*. http://www.unplugged.canterbury.az.nz

Cohen, L. & Manion, L. (1989). *Research Methods in Education*. London: Routledge.

Crawford, C. (1982). *The Art of Computer Game Design*. Available online at www.vancouver.wsu.edu/fac/peabody/game-book/Coverpage.html

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper & Row.

Facer, K. (2003). Computer Games and Learning. www.futurelab.org.uk/research/discuss/ 02discuss01.htm

Fromme, J. (2003). Computer games as a part of children's culture. *Game Studies*, 3, 1. Available online at http://gamestudies.org/0301/fromme/

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. *Instructional design theories and models*, 2, 215-239.

Kafai, B. (2001). *The educational potential of electronic games: From games-to-teach to games-to-learn. Playing by the rules*. Cultural policy centre, university of Chicago. Retrieved October 1, 2009 from http://culturalpolicy.uchicago.edu/conf2001/papers/ kafai.html

Kirriemuir, J. & McFarlane, C.A. (2004). *REPORT 8: Literature Review in Games and Learning*. Available online at http://www.futurelab.org.uk/research/reviews/08_16.htm

Malone, T. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, 4, 333-369.

McFarlane, A. & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 219-232.

McFarlane, A., Sparrowhawk, A. & Heald, Y. (2002). *Report on the Educational Use of Games. TEEM* (Teachers Evaluating Educational Multimedia). Available online at http://www.teem.org.uk/

Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high-school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers and Education*, 52(1), 1-12.

Papert, S. (1998). Does easy do it?: Children, games, and learning. *Game Developer*, 88. Available online at http://www.papert.org/articles/Doeseasydoit.html, accessed on January, 20, 2010.

Prensly, M. (2001). Digital game-based learning. New York:Mc Graw-Hill.

Smith, M.K. (1999). *Learning Theory, the Encyclopedia of Informal Education*. Available online at www.infed.org/biblio/b-learn.htm

Γλέζου, Κ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2004). Παίζω, διερευνώ και μαθαίνω προγραμματίζοντας τη χελώνα. *2η Διημερίδα "Διδακτική της Πληροφορικής"* Ιανουάριος, 2004, Βόλος, σελ. 182-192.