

# Πρακτικές Πιλοτικής Αξιοποίησης του Raspberry Pi στην Εκπαίδευση

Δημήτριος Λουκάτος<sup>1</sup>, Αναστάσιος Χατζηπαπαδόπουλος<sup>2</sup>, Βασίλειος Μπελεσιώτης<sup>3</sup>

<sup>1</sup> dlouka@sch.gr, <sup>2</sup> chatzipap@gmail.com, <sup>3</sup> vbelesiotis@sch.gr

<sup>1</sup> Καθηγητής Πληροφορικής, Πειραματικό Σχολείο Πανεπιστημίου Αθηνών

<sup>2</sup> Καθηγητής Πληροφορικής 6<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ./1<sup>ο</sup> ΕΚ Αθήνας

<sup>3</sup> Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ19-Πληροφορικής, Α' ΔΔΕ Αθήνας

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και περισσότερο εμφανής η αξία της χρήσης πρωτότυπων απλών υπολογιστικών συστημάτων χαμηλού κόστους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ηλεκτρονική πλατφόρμα Arduino Uno, καθώς και η πιο πρόσφατη και πολλά υποσχόμενη υπολογιστική πλατφόρμα Raspberry Pi. Η τελευταία, διαθέτοντας διαφορετικές δυνατότητες από αυτές του Arduino Uno, αποτελεί ένα ακόμη μέσον υποστήριξης της διδασκαλίας στην πορεία της επίτευξης υψηλού επιπέδου μάθησης. Στο άρθρο αυτό, γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης εύκολα υλοποιήσιμων πρακτικών αποτελεσματικής αξιοποίησης του Raspberry Pi στη διδασκαλία. Η πρόταση εστιάζεται στην απλούστερη περίπτωση όπου υπάρχει διαθέσιμο ένα σύστημα Raspberry Pi και δημιουργούνται ξεχωριστοί λογαριασμοί για τις ομάδες εργασίας των μαθητών. Σχήμα που μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ευεργετικό για την εξοικείωση των μαθητών τόσο πάνω σε θέματα λειτουργικών συστημάτων, δικτύων και υπηρεσιών όσο και προγραμματισμού σε γλώσσα Python, C ή και HTML. Μια άλλη περίπτωση πολύ πρακτική, είναι αυτή όπου το Raspberry Pi χρησιμοποιείται για διαμοιρασμό αρχείων εντός μιας εκπαιδευτικής μονάδας. Υλοποίηση, χρήσιμη σε πληθώρα μαθημάτων όπου υπάρχει μεγάλη κινητικότητα τόσο στα πραγματευόμενα θεματικά αντικείμενα όσο και στις εμπλεκόμενες ομάδες μαθητών.

**Λέξεις κλειδιά:** Υπολογιστική πλατφόρμα Raspberry Pi, Καινοτόμα υπολογιστικά συστήματα χαμηλού κόστους, Καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές, Προγραμματισμός C, Python, HTML, SSH Client/Server, Ψηφιακό σχολείο.

## Εισαγωγή

Το "Ψηφιακό Σχολείο" είναι υποχρέωση κάθε πολιτείας που επιθυμεί την παροχή υψηλού επιπέδου εκπαίδευσης και αποτελεί πρόκληση για κάθε σύγχρονη χώρα σε ότι επίπεδο βρίσκεται. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε κυρίως στην ουσιαστική ενσωμάτωση των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία, πράγμα που παρασύρει και μια σειρά άλλων δράσεων, όπως η ενημέρωση, η επιμόρφωση, η συνεργασία και η επικοινωνία με τα κατάλληλα περιβάλλοντα, το διδακτικό υλικό και ιδιαίτερα τον υπολογιστικό εξοπλισμό που αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο του σύγχρονου σχολείου.

Η επιλογή εξοπλισμού για τα εργαστήρια πληροφορικής, τα οποία υποστηρίζουν τόσο τη διδασκαλία μαθημάτων πληροφορικής σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης όσο και τα υπόλοιπα μαθήματα και δράσεις του σχολείου, ήταν ανέκαθεν ένα πρόβλημα το οποίο δεν αντιμετωπίστηκε καθολικά και μεθοδευμένα.

Σήμερα διαπιστώνουμε ότι δε διαθέτουμε καθολικά ικανοποιητικό επίπεδο εξοπλισμού που να μπορεί να υποστηρίζει τις ραγδαία εξελισσόμενες τεχνολογίες. Οι μεμονωμένες προμήθειες πολλών σχολικών μονάδων από έργα, οι αποσπασματικές αναβαθμίσεις παλαιού εξοπλισμού και οι δωρεές από διάφορους φορείς που γίνονται χωρίς μελέτη απαιτήσεων και προδιαγραφών, δεν επαρκούν. Οι καθηγητές πληροφορικής και οι υπεύθυνοι τεχνικής υποστήριξης των ΚΕ.ΠΛΗ.ΝΕ.Τ. καταβάλλουν φιλότιμες και συνεχείς προσπάθειες αναβαθμίσεων και επισκευής του εξοπλισμού, ώστε να συνεχίζουν τα εργαστήρια πληροφορικής να λειτουργούν και να υποστηρίζουν την εκπαιδευτική διαδικασία, προσπάθειες οι οποίες βοηθούν αλλά δε λύνουν το πρόβλημα. Όλα τα παραπάνω είχαν

*Πρακτικά Εργασιών 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής, Ναύπλιο 15-17 Απριλίου 2016*

ως αποτέλεσμα όλα αυτά τα χρόνια να υπάρχει μεγάλη ποικιλία και διαφοροποίηση τόσο στον τεχνικό εξοπλισμό και στο μοντέλο οργάνωσης που χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο ποσοστό των εργαστηρίων πληροφορικής όσο και στο διδακτικό υλικό.

Μια καθολική αλλαγή ή έστω αναβάθμιση των εργαστηρίων για την παρακολούθηση των τεχνολογικών εξελίξεων στο χώρο της πληροφορικής ή την υποστήριξη νέων προγραμμάτων σπουδών είναι επιθυμητή, αλλά ασύμφορη λόγω του υψηλού κόστους του απαιτούμενου εξοπλισμού.

Έτσι, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει εμφανής η αξία της χρήσης πρωτότυπων απλών υπολογιστικών συστημάτων χαμηλού κόστους στην εκπαιδευτική πρακτική, πράγμα που και εμείς διαπιστώνουμε κατά την πολυετή εμπειρία μας στην ένταξη τέτοιων συστημάτων σε διάφορα διδακτικά αντικείμενα παρατηρώντας τα πολλαπλά παιδαγωγικά οφέλη. Μεταξύ των συστημάτων αυτών, συγκαταλέγεται η ηλεκτρονική πλατφόρμα Arduino Uno που μπορεί να συνδράμει καθοριστικά στην υλοποίηση μιας πληθώρας δημιουργικών έργων και κατασκευών. Βέβαια πρέπει να επισημάνουμε ότι ο Arduino Uno, όντας ένας επαυξημένος ελεγκτής με εντυπωσιακές δυνατότητες μεν στο χώρο των κατασκευών, υπολείπεται των δυνατοτήτων ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού συστήματος το οποίο μπορεί να καλύψει ποικίλες ανάγκες των διδακτικών απαιτήσεων. Μια πολλά υποσχόμενη υπολογιστική συσκευή είναι η πιο πρόσφατη Raspberry Pi.

Υπολογιστές χαμηλού κόστους σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας που υπάρχουν στην αγορά υπολογιστών, με κυριότερο εκπρόσωπο το Raspberry Pi, χρησιμοποιούνται ήδη στα προγράμματα σπουδών αρκετών χωρών, σε μια συντονισμένη προσπάθεια μετάβασης από την εκμάθηση των ΤΠΕ στην εκμάθηση των βασικών αρχών της επιστήμης των υπολογιστών και την καλλιέργεια αναλυτικών, συνθετικών και δημιουργικών δεξιοτήτων. Στην ιδέα ακριβώς αυτή βασίστηκε η ανάπτυξη του Raspberry Pi (RPF about, 2016).

Στη μελέτη μας, θα αναδειχθούν πρακτικές που μπορούν να αξιοποιήσουν το Raspberry Pi στην εκπαιδευτική διαδικασία. Θα εστιάσουμε στην πιο οικονομική και ευέλικτη πιλοτική λύση, κατά την οποία υπάρχει ένα Raspberry Pi εντός του σχολικού εργαστηρίου και δημιουργούνται ξεχωριστοί λογαριασμοί πάνω σε αυτό για τις ομάδες των μαθητών. Φυσικά, η συσκευή αυτή θα μπορούσε, με πλήρη ανάπτυξη εντός ενός σχολικού εργαστηρίου, να αντικαταστήσει ολοκληρωτικά τα υπόλοιπα συστήματα υλικού, θέμα με το οποίο όμως δε θα ασχοληθούμε εδώ, καθώς έχει πολλαπλάσιο κόστος και απαιτεί μεγαλύτερο βαθμό προσαρμογής από τον μέχρι τώρα τρόπο εργασίας εντός του σχολικού εργαστηρίου.

Το υπόλοιπο του παρόντος άρθρου οργανώνεται ως ακολούθως: Στην αμέσως επόμενη ενότητα περιγράφονται οι ενέργειες που είναι απαραίτητες για να εγκατασταθεί και να ρυθμιστεί σωστά το Raspberry στο σχολικό εργαστήριο, τόσο από πλευράς υλικού όσο και από πλευράς λογισμικού. Ακολουθεί η ενότητα που περιγράφει απλές και αποτελεσματικές προτάσεις διδακτικής αξιοποίησης του Raspberry στην σχολική τάξη. Ακριβώς μετά κατατίθενται συμπεράσματα και αξιολογικές παρατηρήσεις που βασίζονται στην εμπειρία που αποκόμισαν οι διδάσκοντες σε συνεργασία με το Σχολικό Σύμβουλο, αλλά και οι μαθητές τους μέσα από τη χρήση του Raspberry ως διδακτικό βοήθημα στην πορεία κατάκτησης της γνώσης. Στην τελευταία ενότητα επισημαίνονται τα βασικά συμπεράσματα της παρούσας εργασίας, ενώ γίνεται αναφορά και σε ενδιαφέροντα ζητήματα που είναι συνυφασμένα με το αντικείμενο του παρόντος άρθρου και προσφέρονται για μελλοντική μελέτη.

### **Ένταξη του Raspberry Pi στο σχολικό εργαστήριο**

Όλα τα στοιχεία συνηγορούν ότι στη διδασκαλία τόσο των μαθημάτων Πληροφορικής όσο και των υπολοίπων μαθημάτων στη μέση εκπαίδευση, μπορεί ο υπολογιστής Raspberry Pi, χαμηλού κόστους και υψηλών δυνατοτήτων, να ενταχθεί στη διδασκαλία. Αναλυτικότερα, η διάταξη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για να συμπληρώσει ή να βελτιώσει τις υπάρχουσες διδακτικές πρακτικές όσο και το υφιστάμενο υλικό και λογισμικό, ώστε να υποστηρίζονται τα παλαιότερα αλλά και τα νεότερα Προγράμματα Σπουδών (βλ ΕΠΑ.Λ.). Η σωστή χρήση του Raspberry Pi και η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του, το καθιστούν ένα δυνατό διδακτικό εργαλείο μέσα στο σχολικό εργαστήριο, στην

εκπαιδευτική φαρέτρα, το οποίο μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους μαθητές στην πορεία κατάκτησης της γνώσης.

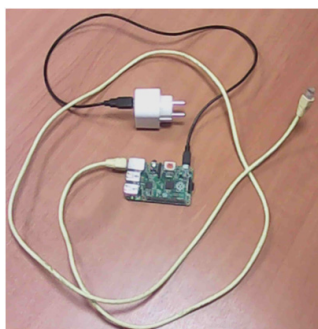
### **Θέματα ρυθμίσεων Υλικού και Λογισμικού**

Στην ενότητα αυτή, γίνεται αναφορά στις ενέργειες που είναι απαραίτητες για να εγκατασταθεί και να ρυθμιστεί σωστά το Raspberry στο σχολικό εργαστήριο, τόσο από πλευράς υλικού όσο και από πλευράς λογισμικού. Αναλυτικές πληροφορίες μπορεί να βρει κανείς στον επίσημο δικτυακό τόπο του Raspberry (Rpi, 2016).

Από πλευράς υλικού, πέρα από το ίδιο το Raspberry, απαιτείται κατ' ελάχιστο η αγορά μιας microSD κάρτας μνήμης υψηλής διαμεταγωγής, κατά προτίμηση 8GB ή μεγαλύτερης και μιας διάταξης εγγραφής/ανάγνωσης καρτών μνήμης συμβατή με την microSD. Φυσικά απαιτείται καλώδιο τροφοδοσίας microUSB για το Raspberry Pi και ένα τροφοδοτικό με έξοδο USB ικανό να δώσει ρεύμα τουλάχιστον 1A ή και 2A, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αργότερα και σε κατασκευές. Επίσης χρειάζεται, ένα καλώδιο μετατροπής από την HDMI έξοδο του Raspberry σε DVI είσοδο οθόνης. Εδώ θεωρούμε δεδομένο ότι στο σχολικό περιβάλλον υπάρχει οθόνη που να διαθέτει εκτός από είσοδο VGA και είσοδο σήματος DVI, αλλιώς αντί του καλωδίου HDMI σε DVI θα χρειασθεί μια ηλεκτρονική διάταξη μετατροπής από HDMI σε VGA. Τέλος, απαιτείται ένα καλώδιο ethernet και ένα USB πληκτρολόγιο, καθώς και ποντίκι.

Διαδικαστικά, εγκαθιστούμε αρχικά στην κάρτα μνήμης το λειτουργικό Raspbian (Raspbian, 2016), μέσω της διάταξης εγγραφής καρτών και κατάλληλου λογισμικού, βάσει της διαδικασίας που περιγράφεται στη σχετική ενότητα του δικτυακού τόπου του Raspberry. Στη συνέχεια τοποθετούμε την κάρτα μνήμης στο Raspberry, συνδέουμε οθόνη, πληκτρολόγιο, ποντίκι και τροφοδοσία και συνδεόμαστε σε αυτό ως ο default χρήστης (pi με κωδικό raspberry). Έπειτα ενεργοποιούμε τον κωδικό root και φροντίζουμε να αποδώσουμε στο Raspberry μια έγκυρη για το τοπικό μας δίκτυο στατική διεύθυνση IP. Τέλος φροντίζουμε να ενεργοποιήσουμε τον SSH server.

Από το σημείο αυτό και μετά, η σύνδεση στην υπολογιστική αυτή πλατφόρμα μπορεί να γίνεται μέσω SSH. Φυσικά πρέπει να έχουμε εγκαταστήσει στους υπολογιστές έναν SSH client, όπως το PuTTY (PuTTY, 2016). Αρκεί πλέον να διαθέτουμε το Raspberry με την κάρτα μνήμης του, την USB τροφοδοσία και το καλώδιο συνδεδεμένο στο μεταγωγέα Ethernet (switch) του σχολικού εργαστηρίου. Αυτό το μινιμαλιστικό μεν επαρκέστατο δε σύνολο, στο Σχήμα 1, έχει ιδιαίτερα μικρό κόστος.



**Σχήμα 1. Το απλούστερο σχήμα ένταξης του Raspberry Pi στο σχολικό εργαστήριο**

Στη συνέχεια, αφού συνδεθούμε στο Raspberry, δημιουργούμε τους επιθυμητούς κωδικούς χρηστών και εγκαθιστούμε τον apache web server (Apache, 2016) με την εντολή: `apt-get install apache2 -y`. Χρήσιμη είναι η ανανέωση των ρυθμίσεων λογισμικού του Raspberry, διαδικασία που γίνεται παρουσία σύνδεσης στο Διαδίκτυο και μέσω της εντολής: `apt-get update` (ως root). Φυσικά φροντίζουμε ώστε ο προκαθορισμένος φάκελος για την ανάρτηση ιστοσελίδων να δίνει στους

χρήστες μας δικαίωμα εγγραφής και ανάγνωσης, ώστε να μπορούν να δημιουργήσουν το δικό τους υποφάκελο ή να τροποποιήσουν το index.html αρχείο. Τονίζεται ότι ο μεταγλωττιστής C (gcc) και ο διερμηνευτής Python είναι ήδη εγκατεστημένοι στο Raspberry Pi.

### **Διαδασκτική αξιοποίηση του Raspberry Pi**

Η υπολογιστική πλατφόρμα του Raspberry Pi μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ευεργετική για την εξοικείωση σε θέματα λειτουργικών, δικτύων και δικτυακών υπηρεσιών, προγραμματισμού σε Python ή και C, αλλά και σε HTML. Επιπρόσθετα το Raspberry Pi αποτελεί μια πολύ καλή πρακτική και παιδαγωγικά ωφέλιμη λύση για διαμοιρασμό αρχείων εντός του τοπικού δικτύου της εκπαιδευτικής μονάδας από τους μαθητές, η οποία μπορεί να αποβεί χρήσιμη σε μαθήματα όπως οι Ερευνητικές Εργασίες ή οι Βιοματικές Δράσεις, όπου τόσο τα πραγματευόμενα θεματικά αντικείμενα όσο και οι εμπλεκόμενες ομάδες των μαθητών εμφανίζουν μεγάλη κινητικότητα. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό βοήθο για ρομποτικές κατασκευές και αυτοματισμούς υψηλού επιπέδου.

### **Γνωριμία με το περιβάλλον του Linux**

Η υπολογιστική πλατφόρμα του Raspberry μπορεί χρησιμεύσει για να εξοικειωθεί κανείς με το περιβάλλον Linux και τις εντολές του. Το γεγονός ότι μπορούν να συνδεθούν οι μαθητές, με διαφορετικούς κωδικούς ο καθένας, στο ίδιο υπολογιστικό σύστημα και να εκτελέσουν ταυτόχρονα τις εργασίες τους στο δικό τους ξεχωριστό τμήμα "δίσκου", είναι ίσως ο καλύτερος και πιο απείριστος τρόπος για να κατανοήσουν έννοιες που συναντώνται στα λειτουργικά συστήματα όπως "σύστημα πολλών χρηστών", "πολυδιεργασία", "καταμερισμός πόρων".

Στον επίσημο δικτυακό τόπο του Raspberry Pi (Rpi Linux Commands, 2016) επεξηγούνται αναλυτικότερα οι σημαντικότερες/συνηθέστερες εντολές που θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει στο περιβάλλον γραμμής εντολών (Command Line Interface - CLI) του Raspbian Linux. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εντολές: mkdir, cp, rm, mv, pwd, ls, chmod. Αξίζει να αναφερθεί η αξία της εφαρμογής top, η οποία παρέχει πληροφορίες για τις τρέχουσες διεργασίες (processes) που απασχολούν το σύστημα σε δεδομένη χρονική στιγμή.

Έτσι, οι μαθητές μπορούν να αντιπαραβάλλουν το περιβάλλον του τερματικού CLI στο Raspberry, όπως το αντιλαμβάνονται μέσα από το PuTTY, με το cmd των Windows ή κάποιο συμβατικό περιβάλλον γραφικής διεπαφής χρήστη. Ακόμη, εύκολα μπορούν να κατανοήσουν το ρόλο των δικαιωμάτων πρόσβασης στα αρχεία καθώς, ενώ μπορούν να διαβάσουν αρχεία τρίτων δεν μπορούν να τα τροποποιήσουν. Τέλος μπορούν, με τη βοήθεια του συντάκτη κειμένων nano, να δημιουργήσουν μικρά αρχεία που περιέχουν περισσότερες από μία απλές εντολές, να τα κάνουν εκτελέσιμα και να τα τρέξουν ως scripts.

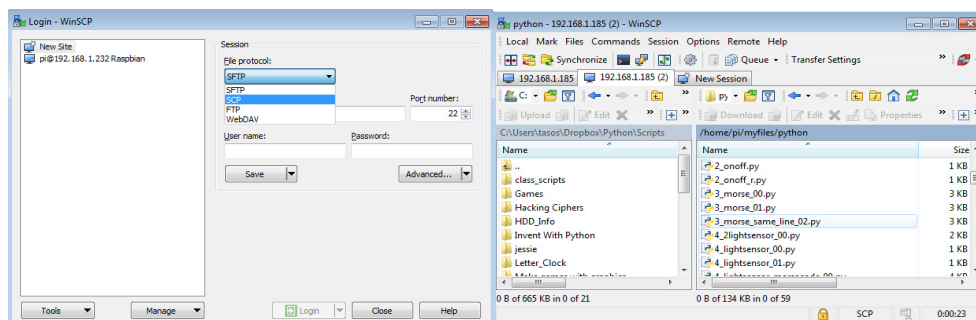
### **Η περίπτωση του διαμοιρασμού αρχείων**

Η ύπαρξη ενός Raspberry στο σχολικό εργαστήριο μπορεί να παρέχει δυνατότητες άμεσου διαμοιρασμού αρχείων, εντός του τοπικού δικτύου του σχολικού εργαστηρίου, χωρίς τα ενδεχόμενα προβλήματα της εξάρτησης από τρίτους οργανισμούς, όπως είναι η παρακολούθηση της συμπεριφοράς του χρήστη ή και η απώλεια της ιδιωτικότητάς του. Αξίζει να τονιστεί ξανά ότι στην περίπτωση που εξετάζουμε υπάρχει ένα Raspberry διαθέσιμο για όλες τις ομάδες εργασίας και η επικοινωνία με αυτό γίνεται μέσω αξιοποίησης των μηχανισμών και επεκτάσεων του ασφαλούς πρωτοκόλλου SSH.

Οι ομάδες εργασίας των μαθητών είναι σε θέση να μεταφέρουν αρχεία από τους υπολογιστές τους προς τους επιθυμητούς φακέλους, εντός του αποθηκευτικού χώρου που είναι διαθέσιμος στην κάρτα μνήμης του Raspberry αλλά και αντίστροφα. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα επιθυμητή κατά τη διεξαγωγή μαθημάτων, όπως είναι οι "Ερευνητικές Εργασίες" του Λυκείου ή οι "Βιοματικές Δράσεις" του Γυμνασίου. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά προγράμματα - πελάτες

που εγκαθίστανται στους σταθμούς εργασίας των μαθητών παρέχοντάς τους ένα οικείο περιβάλλον επικοινωνίας.

Ένα τέτοιο δωρεάν πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα είναι το WinSCP (Windows Secure Copy) (WinSCP, 2016), το οποίο είναι ένα πρόγραμμα πελάτη FTP, SFTP, WebDAV και φυσικά SCP client (Secure Copy Protocol). Η βασική του χρήση σε περιβάλλον Windows είναι η μεταφορά αρχείων, η οποία μπορεί να γίνει πολύ εύκολα με το γραφικό του περιβάλλον, από το φάκελο των Windows που περιέχει το αρχείο που θέλουμε να μεταφέρουμε στον αντίστοιχο φάκελο στο Raspberry Pi. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης του προγράμματος WinSCP, προκειμένου να μεταφερθεί ένα Python αρχείο από το περιβάλλον του σταθμού εργασίας του μαθητή προς το Raspberry. Στο αριστερό μέρος φαίνεται το παράθυρο σύνδεσης με το Raspberry μέσω του πρωτοκόλλου SCP, ενώ στο δεξί μέρος φαίνεται το παράθυρο μεταφοράς αρχείων από το ένα σύστημα στο άλλο.



Σχήμα 2. Απλό παράδειγμα χρήσης του προγράμματος WinSCP

### Η περίπτωση της γλώσσας Python

Μετά την ανανέωση των Προγραμμάτων Σπουδών των ΕΠΑ.Λ. το Σεπτέμβριο του 2015, η γλώσσα προγραμματισμού Python χρησιμοποιείται στη Β΄ τάξη των ΕΠΑ.Λ. στον τομέα Πληροφορικής ως το προγραμματιστικό περιβάλλον εφαρμογής στο μάθημα "Αρχές Προγραμματισμού", όπως και στη Γ΄ τάξη, στο μάθημα γενικής παιδείας "Εισαγωγή στις Αρχές Επιστήμης των ΗΥ" όλων των τομέων και ειδικοτήτων. Από τη σχολική δεχρονιά 2016-17 θα χρησιμοποιείται και στο πανελλαδικά εξεταζόμενο μάθημα του τομέα Πληροφορικής "Προγραμματισμός Υπολογιστών".

Στις διανομές Raspbian (Raspbian = Raspberry + Debian), Wheezy & Jessie (η έκδοση Jessie έχει διαδεχθεί τη Wheezy), (Raspbian, 2016), είναι ενσωματωμένη η υποστήριξη της γλώσσας Python για τις εκδόσεις 2 και 3 και έτσι το προγραμματιστικό περιβάλλον IDLE της Python. Περιέχονται δε οι ενσωματωμένες βιβλιοθήκες του περιβάλλοντος και για τις δύο εκδόσεις της τυπικής διανομής του Python Software Foundation (PSF, 2016). Το Raspberry Pi διαθέτει στα τεχνικά χαρακτηριστικά του και το GPIO (General Purpose Input/Output), μια διεπαφή με το φυσικό κόσμο, προκειμένου να εξυπηρετήσει ανάγκες Physical Computing. Για το χειρισμό της διεπαφής αυτής έχει αναπτυχθεί η βιβλιοθήκη της γλώσσας Python, RPi.GPIO (RPi.GPIO, 2016), η οποία είναι και αυτή ενσωματωμένη στην αρχική διανομή. Έτσι το Raspberry Pi, με την εγκατεστημένη διανομή Raspbian, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο εργαλείο το οποίο μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών της γλώσσας Python.

Μέσω απομακρυσμένης πρόσβασης με SSH είναι εφικτή η χρήση της γλώσσας από πολλούς χρήστες από παράθυρο τερματικού, χρησιμοποιώντας όμως τους ενσωματωμένους text editors όπως ο Nano (πχ \$ nano my\_python\_script.py) ή ο παλαιότερος VI (\$ vi my\_python\_script.py). Οι λύσεις αυτές βέβαια ίσως δυσκολεύουν τους μαθητές διότι, αφενός έχουν συνηθίσει τη χρήση ποντικιού καθώς και γραφικά περιβάλλοντα διεπαφής, αφετέρου δε ο nano και ο vi είναι απλοί συντάκτες και όχι περιβάλλοντα IDE. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε απευθείας το διερμηνέα της γλώσσας για δοκιμές εντολών ή σύνταξη περιορισμένου πλήθους γραμμών κώδικα, ενώ αν θέλουμε να

συντάξουμε σενάρια Python (Python scripts) είναι προτιμότερο να το κάνουμε στο περιβάλλον του σταθμού εργασίας του μαθητή. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα μεταφοράς αρχείων όπως είναι το WinSCP που αναφέραμε στην προηγούμενη υποενότητα, να τα μεταφέρουμε στο Raspberry Pi και να τα εκτελέσουμε από το ανοιχτό παράθυρο τερματικού. Ακολούθως μπορούμε να καλέσουμε από τερματικό το διερμηνευτή της Python για το κάθε σενάριό μας.

Αυτή η διαδικασία χρήσης της γλώσσας, εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό τον εκπαιδευτικό και καθιστά πολύ εύκολη τη συντήρηση της διανομής του λειτουργικού συστήματος, αλλά και του λογισμικού εφαρμογών που περιλαμβάνει εγκαταστάσεις, απεγκαταστάσεις αρθρωμάτων λογισμικού συστήματος ή εφαρμογών, ενημερώσεις κ.ά. Αυτό συμβαίνει διότι, εκτός του ότι οι διαδικασίες συντήρησης είναι πιο εύκολες σε περιβάλλον Linux, αυτές εκτελούνται σε μία και μόνο συσκευή, αυτή στην οποία συνδέονται οι χρήστες. Έτσι σε περιπτώσεις σεναρίων όπου απαιτείται να εγκατασταθούν εξωτερικές βιβλιοθήκες για τη γλώσσα Python από τα αποθετήρια λογισμικού, ο εκπαιδευτικός μπορεί εύκολα να τις εγκαταστήσει με απομακρυσμένη διαχείριση με τον SSH Client.

### ***Η περίπτωση της γλώσσας C***

Κατά παρόμοιο τρόπο, η υπολογιστική πλατφόρμα του Raspberry μπορεί να χρησιμεύσει για να εξοικειωθούν οι μαθητές και με τον προγραμματισμό σε περιβάλλον C. Αντικείμενο που ενδιαφέρει ίσως τα ΕΠΑ.Λ., αλλά και άλλους χώρους της μετα-δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Για το ΕΠΑ.Λ. οφείλουμε να τονίσουμε ότι δεν αποτελεί ρεαλιστικό διδακτικό στόχο η μύηση στα ενδότερα της γλώσσας C, αλλά μια πρώτη γνωριμία με το περιβάλλον και τις εντολές της και σε επίπεδο βασικών αλγοριθμικών δομών, όπως της ακολουθίας, της επιλογής και της επανάληψης.

Ο τρόπος με τον οποίο μπορούν οι μαθητές να εργασθούν, ώστε να αποκτήσουν ευχέρεια στη γλώσσα C, είναι παρόμοιος με αυτόν που ακολουθείται στην περίπτωση της Python. Αναλυτικότερα, για μικρά ενδεικτικά προγράμματα, μπορούν εργασθούν με χρήση του συντάκτη κειμένου nano και μετά να καλέσουν το gcc για τη μεταγλώττιση. Για πιο σύνθετες εφαρμογές, μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πρακτική όπου γίνονται μεταφορές αρχείων πηγαίου κώδικα που συντάσσονται στο οικείο περιβάλλον των Windows, προς το Raspberry και μετά να προβούν σε μεταγλώττιση του μεταφερθέντος αρχείου, ακριβώς όπως συμβαίνει και με την περίπτωση της Python. Συνήθως γίνεται χρήση των εργαλείων nano και gcc σε συνδυασμό με τις χρήσιμες εντολές more και ls του Linux (Raspbian).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές, συμπληρώνοντας τις γνώσεις τους με τη μελέτη της γλώσσας C, έχουν μια θαυμάσια ευκαιρία να κατανοήσουν στην πράξη τη διαφορά ανάμεσα σε ένα μεταγλωττιστή (compiler), όπως είναι το gcc που χρησιμοποιούν στη γλώσσα C, και ένα διερμηνευτή (interpreter), όπως είναι το περιβάλλον της Python. Η σχέση αυτή περιγράφεται με έμφαση στα διδακτικά βιβλία του Λυκείου που αναφέρονται στον προγραμματισμό, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο να γίνει πάντοτε κατανοητή από τους μαθητές.

### ***Η περίπτωση της γλώσσας HTML***

Η υπολογιστική πλατφόρμα του Raspberry μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ευεργετική στο να εξοικειωθεί ο μαθητής με τον προγραμματισμό σε περιβάλλον HTML. Ακριβέστερα η συγκεκριμένη υπολογιστική πλατφόρμα αποτελεί ένα πολύ καλό βοήθημα για την κατανόηση του μηχανισμού ανάπτυξης ιστοσελίδων, διαδικασία η οποία, πέρα τη συγγραφή τους, περιλαμβάνει και την απόθεσή τους σε ένα τυπικό εξυπηρετητή ιστοσελίδων, όπως είναι ο apache web server.

Αρχικά, ο κάθε μαθητής μπορεί να βρει άφθονο υλικό και παραδείγματα για την ανάπτυξη ιστοσελίδων στα σχολικά βιβλία αλλά και σε δικτυακούς τόπους, όπως ο w3schools.com (W3schools, 2016). Στη συνέχεια, μπορεί να μεταφέρει από το σταθμό εργασίας του στο περιβάλλον του Raspberry Pi το αρχείο που δημιούργησε, με τεχνικές αντίστοιχες με αυτές που χρησιμοποίησε στην περίπτωση της Python ή της C. Φυσικά, όπως και στις προαναφερθείσες περιπτώσεις, ειδικά για μικρού μεγέθους παραδείγματα, μπορεί απλά να αντιγράψει και επικολλήσει τον κώδικα ή και να συντάξει εξ' αρχής παρόμοιο κώδικα στο περιβάλλον του Raspberry Pi, με τη βοήθεια του nano.

Τονίζεται ότι ο χώρος προορισμού πάνω στο Raspberry Pi πρέπει να είναι η θέση που ο εξυπηρετητής apache θεωρεί έγκυρη, όπως η /var/www (στην Wheezy έκδοση του Raspbian).

Προσοχή πρέπει να δοθεί και στο όνομα του αρχείου που HTML που δημιουργείται. Μία καλή πρακτική για αρχάριους είναι να βρεθεί και να μετονομασθεί, ή καλύτερα να διαγραφεί, το default index.html αρχείο που αναζητά να δημοσιεύσει ο web εξυπηρετητής. Μετά δημιουργούνται στη θέση αυτή υποφάκελοι για κάθε ομάδα εργασίας, ώστε μέσα σε καθένα από αυτούς να μπορούν οι μαθητές να τοποθετήσουν τα δικά τους index.html αρχεία. Πρέπει να προβλεφθεί ο προκαθορισμένος φάκελος για την ανάρτηση ιστοσελίδων (συνήθως ο /var/www ή ο /var/www/html) να δίνει στους χρήστες δικαίωμα εγγραφής και ανάγνωσης, ώστε να μπορούν να δημιουργήσουν τον δικό τους υποφάκελο και να τροποποιήσουν το index.html αρχείο. Σχετική με τα βήματα αυτά είναι η χρήση της εντολής `chmod go+rw -R /var/www`. Υπάρχουν φυσικά και άλλοι “κομψότεροι” τρόποι για χρήση του apache server αλλά ο συγκεκριμένος μοιάζει να είναι ο απλούστερος.

### **Η περίπτωση της κατανόησης δικτυακών λειτουργιών**

Η υπολογιστική πλατφόρμα του Raspberry μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τις λειτουργίες επικοινωνίας σε ένα δίκτυο. Αρχικά, και μόνο το γεγονός ότι εργάζεται κανείς από απόσταση σε ένα σύστημα, επωφελούμενος από την ύπαρξη του LAN του σχολικού εργαστηρίου, αποτελεί παράδειγμα που αποσαφηνίζει στο μαθητή την έννοια του πελάτη/client, του εξυπηρετητή/server και φυσικά την έννοια του διαμοιρασμού των πόρων του δικτύου, που στην περίπτωση αυτή είναι η επεξεργαστική ισχύ και η χωρητικότητα μνήμης του Raspberry.

Είναι προφανές ότι ο μαθητής μπορεί να πειραματισθεί με τις συνήθεις διαγνωστικές εντολές, όπως το `ifconfig`, το `traceroute`, το `ping` και το `arp`. Για μεγαλύτερες τάξεις, όπως για παράδειγμα στη Β΄ ή στη Γ΄ ΕΠΑ.Α. όπου τα δίκτυα αποτελούν πανελλαδικά εξεταζόμενο μάθημα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν πιο σύνθετα σχήματα εντολών. Τέτοια εντολή είναι η `netstat` με τις επιλογές `-t`, `-l`, `-p` ή `-s`, όπου παρουσιάζονται οι πίνακες δρομολόγησης, οι ανοιχτές πόρτες και οι εφαρμογές που τις χρησιμοποιούν ή και τα στατιστικά δικτυακής κίνησης ανάλογα το πρωτόκολλο επικοινωνίας. Επίσης η εντολή `nslookup` για υποβολή ερωτημάτων στους DNS εξυπηρετητές (`$ sudo apt-get install dnsutils`) και οι εντολές παρατήρησης κίνησης δικτύου, σε περιβάλλον γραμμής εντολών, όπως οι: `tcpdump` (`Tcpdump`, 2016) ή `iptraf` (`Iptraf`, 2016). Στο Σχήμα 3 φαίνεται η χρήση της: `netstat -s`.

Επιπρόσθετα, για το μέρος της ύλης των δικτύων της Γ΄ Τάξης που αφορά στην ασφάλεια των δικτυακών επικοινωνιών και συγκεκριμένα στις διάφορες διαδικασίες κρυπτογράφησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντολές που υλοποιούν συναρτήσεις κατατεμαχισμού (hash functions) όπως οι `sha1sum`, `sha256sum`, `sha512sum` ή η `md5sum` (`Md5sum`, 2016). Η τελευταία για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τον γνωστό αλγόριθμο κρυπτογράφησης MD5 μπορεί, υλοποιώντας μια συνάρτηση κατατεμαχισμού, να παράγει συνόψεις μηνυμάτων (message digest) ή να ελέγξει αθροίσματα ελέγχου (checksum/hash value), ώστε να ελεγχθεί η ακεραιότητα (integrity) ενός αρχείου (π.χ. που μεταφορτώσαμε από το Διαδίκτυο). Ενδιαφέρουσα είναι και η εντολή `mcrypt` που χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη `libmcrypt`, (`Mcrypt`, 2016), συμμετρικής κρυπτογράφησης (Enigma, DES, 3DES κ.ά.). Δυνατότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν διδακτικά ώστε να υλοποιηθούν εργαστηριακές ασκήσεις από την αντίστοιχη ενότητα των δικτύων. Σχετικό με τα παραπάνω είναι το Σχήμα 3.

Σε περιπτώσεις δε μετα-λυκειακής εκπαίδευσης το εύρος της θεματολογίας στην ενότητα των δικτύων είναι πολύ μεγάλο, καθώς εκτός από το ότι η διανομή Raspbian προσφέρει ένα μεγάλο εύρος από τις δυνατότητες του Linux, μπορούν να εγκατασταθούν και πλήθος άλλων διαθέσιμων διανομών για εκπαιδευτικούς σκοπούς, απλώς αλλάζοντας την microSD κάρτα και τοποθετώντας την επιθυμητή διανομή.

```

pi@raspberrypi: ~ $ netstat -s
Ip:
 20913 total packets received
 2 with invalid addresses
 0 forwarded
 0 incoming packets discarded
 20911 incoming packets delivered
 4379 requests sent out
Icmp:
 0 ICMP messages received
 0 input ICMP message failed.
 ICMP input histogram:
 0 ICMP messages sent
 0 ICMP messages failed
 ICMP output histogram:
Tcp:
 32 active connections openings
 25 passive connection openings
 10 failed connection attempts

pi@raspberrypi ~ $
pi@raspberrypi ~ $
pi@raspberrypi ~ $ cat test_hash_functions.txt
PEKAP 2016 10th Panhellenic Conference of IT Teacherspi@raspberrypi ~ $
pi@raspberrypi ~ $ sha1sum test_hash_functions.txt
4eaa7ee59fb40034ab922bf32c8a9c4649282538 test_hash_functions.txt
pi@raspberrypi ~ $ sha256sum test_hash_functions.txt
ae40e5370f703b402c4cfebf16f15b6f91f6c32362d4d76ab559a2ddcab4bb35 test_hash_funcs
tions.txt
pi@raspberrypi ~ $ sha512sum test_hash_functions.txt
e3db4c6f5b955a10e72cd489225b7b4f9911f308561099dbc287df332c53338450fa1d1c78fad0ca
953b40879bba3d71d291a462a5716ceae35ba64edba949d7 test_hash_functions.txt
pi@raspberrypi ~ $ md5sum test_hash_functions.txt
41cdddfe0594094fbd5f82b85cc9bb0 test_hash_functions.txt
pi@raspberrypi ~ $

```

Σχήμα 3. Χρήση της διαγνωστικής εντολής netstat και των μηχανισμών κρυπτογράφησης

### Αξιολόγηση της συνεισφοράς του Raspberry στην εκπαιδευτική πρακτική

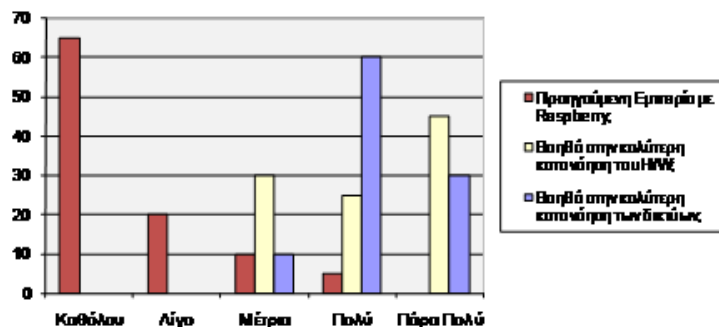
Στην ενότητα αυτή κατατίθενται συμπεράσματα και αξιολογικές κρίσεις που βασίζονται στην εμπειρία που αποκομίσθηκε μέσα από τη χρήση του Raspberry ως διδακτικό βοήθημα στην πορεία κατάκτησης της γνώσης. Τα αξιολογικά αυτά στοιχεία προκύπτουν τόσο μέσα από τη συνεχή παρατήρηση της επίδοσης των μαθητών όσο και μέσα από ερωτηματολόγια και συζητήσεις που έγιναν στα πλαίσια της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Αναλυτικότερα, δόθηκε η ευκαιρία να δοκιμασθεί η χρήση της πλατφόρμας του Raspberry Pi στο σχολικό εργαστήριο πληροφορικής στα πλαίσια του μαθήματος "Ερευνητική Εργασία" της Β' Γενικού Λυκείου, του μαθήματος "Εφαρμογές Πληροφορικής" της Α' Λυκείου, του μαθήματος "Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Η/Υ" της Β' Γενικού Λυκείου. Επίσης, στα πλαίσια Ομίλου Αριστείας και Δημιουργικότητας, θεσμός που εφαρμόζεται στα Πρότυπα και Πειραματικά σχολεία, με αντικείμενο τα "Καινοτόμα Υπολογιστικά Συστήματα". Σε μικρότερο βαθμό, κυρίως σε επίπεδο διαμοιρασμού αρχείων, χρησιμοποιήθηκε το Raspberry Pi στο μάθημα "Ερευνητική Εργασία" της Α' ΓΕ.Λ. και στο μάθημα Βιωματικές Δράσεις, στην Α' και στη Γ' Γυμνασίου. Ενώ οι πρώτες ενδείξεις για τη χρήση του Raspberry στη διδασκαλία του μαθήματος "Αρχές Προγραμματισμού" της Β' ΕΠΑ.Λ., καθότι είναι η πρώτη φορά που διδάσκεται, είναι επίσης ενθαρρυντικές.

Σε συμφωνία με τα παραπάνω, αξίζει να σημειωθεί ότι ένας ικανός πυρήνας από μαθητές, περίπου 25 με 30 άτομα, λόγω των επιλογών μαθημάτων που έκαναν, ήρθαν σε επαφή με όλο το φάσμα βασικών εφαρμογών του Raspberry Pi που έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες του παρόντος άρθρου. Αυτοί ακριβώς οι μαθητές αποτέλεσαν μια ομάδα έρευνας που συνέβαλλε στο να εξασχούσαν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία και αναλύονται στα επόμενα.

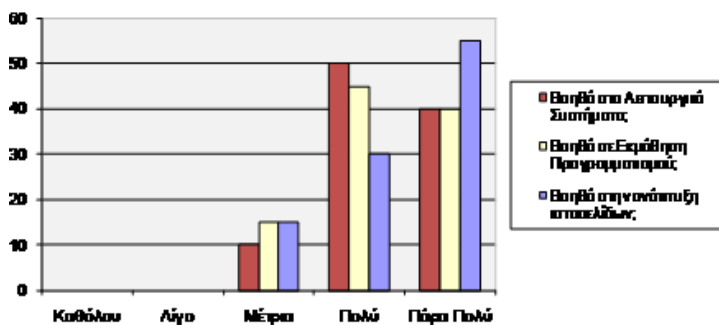
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται μια πρώτη σειρά συμπερασμάτων σχετικά με το Raspberry Pi, σύμφωνα με την οποία η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών δεν είχε προηγούμενη επαφή με το υπολογιστικό αυτό σύστημα εκτός σχολείου. Οι μαθητές θεωρούν ότι η συγκεκριμένη υπολογιστική πλατφόρμα αποτελεί ένα ικανοποιητικό, "ζωντανό" παράδειγμα βασικών λειτουργιών υπολογιστικού συστήματος ενώ το βρίσκουν πολύ επαρκές στο να κατανοήσουν τη συμπεριφορά και τη χρήση των δικτύων υπολογιστών στην πράξη.





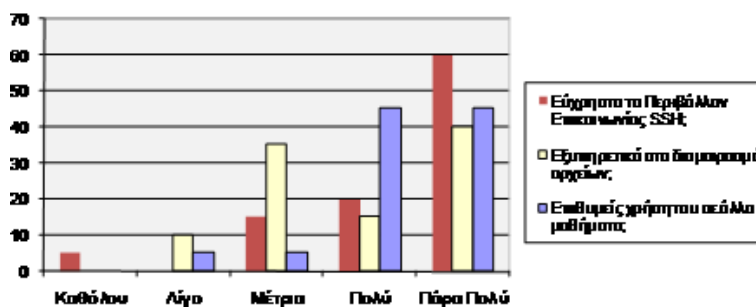
Σχήμα 4. Αξιολόγηση του ρόλου του Raspberry Pi σε θέματα Η/Υ και Δικτύων

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται σειρά συμπερασμάτων σχετικά με το Raspberry Pi, που αξιολογεί τη συμπεριφορά του ως διδακτικό εργαλείο στην ανάπτυξη ειδικών δεξιοτήτων σχετιζόμενων με το λογισμικό. Αναλυτικότερα, οι μαθητές θεωρούν ότι η συγκεκριμένη υπολογιστική πλατφόρμα έχει μια πολύ ικανοποιητική συνεισφορά στο να εξοικειωθούν με το περιβάλλον εντολών (φλοιού - shell) και τη "φυσιολογία" ενός λειτουργικού συστήματος. Παρόμοια αντίληψη σχημάτισαν και ως προς τις δυνατότητες εκμάθησης και κατανόησης της διαδικασίας προγραμματισμού που παρέχει. Αξιοσημείωτο γεγονός αποτελεί το ότι η πλειοψηφία των μαθητών χαρακτηρίζει το Raspberry Pi ως ένα πολύ καλό βοήθημα για την κατανόηση του μηχανισμού ανάπτυξης ιστοσελίδων, διαδικασία η οποία πέρα από τη συγγραφή τους, περιλαμβάνει και την σωστή απόθεσή τους σε ένα τυπικό εξυπηρετητή ιστοσελίδων, όπως είναι ο apache web server.



Σχήμα 5. Αξιολόγηση του Raspberry στην ανάπτυξη ειδικών δεξιοτήτων λογισμικού

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται συμπεράσματα για το Raspberry Pi ως εργαλείο διαμοιρασμού αρχείων χρηστών εντός του σχολικού περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα οι περισσότεροι μαθητές βρίσκουν ιδιαίτερα οικείο το περιβάλλον σύνδεσης μέσω SSH, με όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης και εμφανίζονται αρκετά ικανοποιημένοι από τις δυνατότητες μεταφοράς και διαμοιρασμού αρχείων που παρέχει το Raspberry Pi. Αξίζει να τονισθεί ότι η εικόνα αυτή παρατηρήθηκε τόσο στους μαθητές του Λυκείου όσο και στους (μικρότερους) μαθητές του Γυμνασίου, που βρήκαν μέσω του Raspberry Pi έναν εύχρηστο τρόπο να έχουν πρόσβαση τόσο στο ενδιάμεσο όσο και στο τελικό υλικό των παρουσιάσεων που απαιτούσαν τα μαθήματα "Ερευνητικές Εργασίες" και "Βιοματικές Δράσεις". Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι, βάσει των αναλύσεων που παρουσιάζονται, η πλειοψηφία των μαθητών θα επιθυμούσε να διερευνηθούν τρόποι που θα καθιστούσαν το Raspberry Pi αξιοποιήσιμο και στα πλαίσια άλλων μαθημάτων όπως είναι η Φυσική, η Τεχνολογία, η Χημεία, κ.α.



Σχήμα 6. Αξιολόγηση του Raspberry Pi ως εργαλείο διαμοιρασμού αρχείων

### Συμπεράσματα - Μελλοντικοί Στόχοι

Στα πλαίσια του παρόντος άρθρου επιχειρήθηκε η ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που ενέχει η χρήση της υπολογιστικής πλατφόρμας του Raspberry Pi στο περιβάλλον του σχολικού εργαστηρίου. Πιο συγκεκριμένα εστίασαμε τη μελέτη μας στην πιλοτική, αλλά και ρεαλιστική από πλευράς κόστους, περίπτωση όπου υπάρχει μόνο ένα Raspberry Pi διαθέσιμο στο LAN του εργαστηρίου. Και σε αυτό εργάζονται περισσότερες από μία ομάδες μαθητών, μέσω των δυνατοτήτων που παρέχει ο μηχανισμός απομακρυσμένης πρόσβασης SSH σε περιβάλλον γραμμής εντολών. Η ανάλυση έρχεται να ενισχύσει τη θέση ότι η πλατφόρμα του Raspberry μπορεί να χρησιμεύσει ιδιαίτερα στην εξοικείωση των μαθητών με τη φυσιολογία του υλικού και του λογισμικού ενός υπολογιστικού συστήματος, καθώς και με βασικές αλλά και πιο προχωρημένες έννοιες του προγραμματισμού και των δικτύων. Παράλληλα φαίνεται ότι το Raspberry αποτελεί ένα πολύ χρηστικό εργαλείο σε περιπτώσεις συνεργασίας και διαμοιρασμού αρχείων μεταξύ των ομάδων εργασίας των μαθητών. Τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν από τον εκπαιδευτικό, χωρίς να απαιτούν ιδιαίτερες δεξιότητες και χρόνο για τη συντήρηση ή την υποστήριξη λειτουργίας της συσκευής, μετά την αρχική εγκατάσταση.

Στα ενδιαφέροντα ζητήματα, που είναι συνυφασμένα με το αντικείμενο του παρόντος άρθρου και προσφέρονται για μελλοντική μελέτη, μπορεί να περιλάβει κανείς την περίπτωση όπου υπάρχει διαθέσιμη μία μονάδα raspberry ανά θέση εργασίας, με ταυτόχρονη δυνατότητα χρήσης γραφικής διεπαφής επικοινωνίας, ή την περίπτωση ανάπτυξης και χρήσης λογισμικού και αρθρωμάτων υλικού για την αμφίδρομη επικοινωνία με το φυσικό κόσμο του ανθρώπου.

### Αναφορές

- Apache (2016). Ο HTTP εξυπηρετητής apache. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από τη δικτυακή τοποθεσία <https://httpd.apache.org>.
- Iptraf (2016). Το εργαλείο παρατήρησης κίνησης δικτύου iptraf. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από τη δικτυακή τοποθεσία <http://iptraf.seul.org/>.
- Mcrypt (2016). Υλοποίηση διαφόρων αλγορίθμων συμμετρικής κρυπτογράφησης της βιβλιοθήκης libmcrypt. Ανακτήθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2016 από τον αρχικό δικτυακό τόπο δημιουργίας (Author, Nikos Manroyanopoulos) <http://mcrypt.hellug.gr/>, και από τον τρέχοντα δικτυακό τόπο υποστήριξης <http://mcrypt.sourceforge.net/>.
- Md5sum (2016). Οδηγίες για χρήση της εντολής md5sum. Ανακτήθηκαν στις 27 Φεβρουαρίου 2016 από τις δικτυακές τοποθεσίες <https://help.ubuntu.com/community/HowToMD5SUM>.
- PSF (2016). Python Software Foundation. Μη κερδοσκοπικός οργανισμός για την προώθηση, προστασία και εξέλιξη της γλώσσας Python. Πληροφορίες ανακτήθηκαν στις 27 Φεβρουαρίου 2016 από τον επίσημο δικτυακό τόπο, <https://www.python.org/psf/>.
- PuTTY (2016). An SSH and Telnet client. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από τη δικτυακή τοποθεσία <http://www.putty.org>.

- Raspbian (2016). Διανομές της έκδοσης Raspbian του Debian Linux. Ανακτήθηκε στις 27 Φεβρουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>.
- RPF about (2016). Πώς ξεκίνησε το RPi Project. Ανακτήθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο <https://www.raspberrypi.org/about/>.
- RPi (2016). Ο επίσημος δικτυακός τόπος του Raspberry Pi. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από την τοποθεσία <https://www.raspberrypi.org>.
- RPi.GPIO (2016). Άρθρωμα λογισμικού για έλεγχο των εξόδων GPIO του Raspberry Pi. Ανακτήθηκε στις 27 Φεβρουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο υποστήριξης της ανάπτυξής του <https://rpi.python.org/rpi/RPi.GPIO>.
- RPi Linux Commands (2016). Συνηθέστερες εντολές Linux στο περιβάλλον Raspberry. Ανακτήθηκε 22 Φεβρουαρίου 2016 από το <https://www.raspberrypi.org/documentation/linux/usage/commands.md>.
- Tcpdump (2016). Το εργαλείο παρατήρησης κίνησης δικτύου tcpdump. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από τη δικτυακή τοποθεσία <http://www.tcpdump.org/>.
- W3schools (2016). Δικτυακός τόπος εκμάθησης τεχνολογιών Web. Ανακτήθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2016 από το <http://www.w3schools.com/>.
- WinSCP (2016). A Free SFTP Client for Windows. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο [https://winscp.net/eng/docs/free\\_sftp\\_client\\_for\\_windows](https://winscp.net/eng/docs/free_sftp_client_for_windows).