

## Η Τεχνολογία Blockchain στην εκπαίδευση: οι προοπτικές μέσα από την οπτική των εκπαιδευτικών πληροφορικής

### Blockchain technology in education: the future through the views of computer educators

Δημοσθένης Σαλαγιάννης, Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Υπ. Δρ. Πανεπιστημίου Πατρών,  
salagianni@ceid.upatras.gr

Γρηγόρης Σαλαγιάννης, Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Υπ. Δρ. Πανεπιστημίου Πατρών,  
gsalagiannis@ceid.upatras.gr

Στέφανος Αρμακόλας, ΕΔΙΠ, Πανεπιστήμιο Πατρών stefarmak@upatras.gr

Αλέξανδρος Μικρογιαννίδης, Ερευνητής, Open University UK, alexander.mikroyannidis@open.ac.uk

Dimosthenis Salagiannis, ICT teacher, c.PhD, University of Patras, salagianni@ceid.upatras.gr

Grigoris Salagiannis, ICT teacher, c.PhD, University of Patras, gsalagiannis@ceid.upatras.gr

Stefanos Armakolas, Laboratory Teaching Staff, University of Patras, stefarmak@upatras.gr

Alexander Mikroyannidis, Research Fellow in Technology-Enhanced Learning, Open University UK,  
alexander.mikroyannidis@open.ac.uk

**Abstract:** A Blockchain is a specific type of distributed ledger where an ever-growing list of records, called blocks, are linked together to form a chain – hence the term ‘Blockchain’ This technology can be applied to a huge amount of human activities. The main purpose of this paper is to observe how the Blockchain technology can be adhered to education and if the basic elements of our argumentation on the educational field, face the problems and the difficulties of the learners of all levels. The outcome of our research revealed an "educational gap" and the need for something new, with Blockchain technology playing a strategic role, which will improve the access to formal, typical and non- typical educational opportunities. The need for something that will improve the procedure of clarity on qualifications and will contribute to the area of education and employment in general.

**Key words:** Blockchain, Education, Lifelong Learning, Accreditation, Verification

**Περίληψη:** Το Blockchain είναι ένας συγκεκριμένος τύπος κατανεμημένου καθολικού, όπου ένας συνεχώς αυξανόμενος κατάλογος εγγραφών, που ονομάζεται μπλοκ, συνδέεται μεταξύ τους για να σχηματίσει μια αλυσίδα - εξ ου και ο όρος «Blockchain». Η τεχνολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να δούμε κατά πόσο βρίσκει απήχηση η τεχνολογία Blockchain στην εκπαίδευση καθώς και αν τα βασικά στοιχεία της επιχειρηματολογίας μας για την εδραίωσή της στο εκπαιδευτικό τοπίο συναντώνται και δίνουν λύση στις υπάρχουσες δυσκολίες ή προβλήματα που έχουν οι

εκπαιδευόμενοι όλων των βαθμίδων έως. Τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήγαμε έδειξαν ακριβώς αυτό το κενό που έχει δημιουργηθεί στο εκπαιδευτικό τοπίο και την ανάγκη για κάτι νέο με στρατηγικό ρόλο την τεχνολογία Blockchain, ώστε να βελτιώσει την πρόσβαση σε επίσημες, τυπικές και μη τυπικές εκπαιδευτικές ευκαιρίες, να βελτιώσει τη διαφάνεια των προσόντων και να συμβάλλει στη βελτίωση του τομέα της εκπαίδευσης και της απασχόλησης.

**Λέξεις Κλειδιά:** Blockchain, Εκπαίδευση, Δια βίου Εκπαίδευση/Μάθηση, Πιστοποίηση, Διαπίστευση

## Εισαγωγή

Η εμφάνιση της τεχνολογίας αυτής, υπόσχεται να φέρει επανάσταση, όχι μόνο στον οικονομικό κόσμο από όπου και ξεκίνησε, αλλά και στη βιομηχανία, στη διά βίου εκπαίδευση και στα πανεπιστήμια με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ως μια σχετικά πρόσφατη καινοτομία στην επιστήμη των υπολογιστών, το blockchain είναι μια παγκόσμια, διεπαγγελματική και επαναστατική τεχνολογία που προβλέπεται να τροφοδοτήσει την ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας για τις επόμενες δεκαετίες. Αυτή η μελέτη ασχολείται με την αξία των αποκεντρωμένων καθολικών που βασίζονται σε blockchain, και τι μπορεί να φέρει στους ενδιαφερόμενους του εκπαιδευτικού τομέα, με ιδιαίτερη έμφαση στις δυνατότητές του για ψηφιακή διαπίστευση προσωπικής και ακαδημαϊκής μάθησης (Grech, Camilleri, 2017). Επικεντρώνεται στη σκοπιμότητα, τις προκλήσεις, τα οφέλη και τους κινδύνους του Blockchain, όπως εφαρμόζεται στα διαπιστευτήρια της επίσημης και της μη τυπικής εκπαίδευσης και στο τι προκλήσεις πρέπει να ξεπεράσει που σχετίζονται με: α) την ανάγκη για συνεχή επαγγελματική ανάπτυξη/εξέλιξη και επανειδίκευση του εργατικού δυναμικού, β) τη διευκόλυνση της αναγνώρισης της μη τυπικής μάθησης βάσει των χαρτοφυλακίων του ατόμου, γ) την τυποποίηση και κλιμάκωση της διαδικασίας έκδοσης διαπιστευτηρίων και αναγνώρισης, καθώς και την πρόσβασή τους από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι πρωταρχικοί στόχοι της μελέτης ήταν:

- να αναδείξει την τεχνολογία blockchain και την βασική της κοινωνική αξία
- να εξηγήσει πώς τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία ως ένα διαφανές, αξιόπιστο σύστημα για την εξασφάλιση, την κοινή χρήση και την επαλήθευση των ακαδημαϊκών επιτευγμάτων
- να καθορίσει εάν η τεχνολογία είναι κατάλληλη για την καταγραφή των ακαδημαϊκών επιτευγμάτων βραχυπρόθεσμα, και την πιθανή απορρόφηση/υιοθέτησή της από τα πανεπιστήμια και τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης ώστε να αναπτυχθεί ως ανοιχτό πρότυπο
- να διερευνηθεί πώς η τεχνολογία blockchain μπορεί να συμβάλει στη γεφύρωση της νόμιμης ανάγκης των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων να προστατεύουν το όνομά τους και τη φήμη τους κατά την έκδοση ακαδημαϊκών διαπιστευτηρίων και τις φιλοδοξίες των ατόμων να μεγιστοποιήσουν το χαρτοφυλάκιο μάθησής τους

→ να προσδιορίσει μια σειρά από σαφείς ευκαιρίες και προκλήσεις για την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain σε ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και το πώς θα μπορούσε να συμβιβαστεί η κεντρική φύση της διαπίστευσης με την αποκεντρωμένη φύση του Blockchain.

## 1. Θεωρητικό πλαίσιο

Ένας ορισμός του Blockchain είναι αυτός που προέρχεται από τον (Buterin, 2013) και ο οποίος αναφέρει ότι ένα Blockchain είναι μία κατανεμημένη αρχιτεκτονική υπολογιστών, όπου ένας υπολογιστής ονομάζεται κόμβος αν συμμετέχει στο δίκτυο Blockchain. Κάθε κόμβος έχει πλήρη γνώση όλων των συναλλαγών που έχουν συμβεί, κάτι που σημαίνει ότι η πληροφορία διαμοιράζεται.

Η τεχνολογία Blockchain είναι γνωστή ως μια τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού. Επιτρέπει στους συμμετέχοντες να εξασφαλίζουν τον διακανονισμό των συναλλαγών, να επιτυγχάνουν τη συναλλαγή και τη μεταφορά περιουσιακών στοιχείων με χαμηλό κόστος (Tschorsch, Scheuermann, 2016). Ένα παράδειγμα ροής συναλλαγής Blockchain κρυπτογράφησης φαίνεται ως εξής (Chen, Xu, Lu and Chen, 2018).

Ο Χρήστης Α ξεκινά μια συναλλαγή στον Χρήστη Β μέσω ενός δικτύου blockchain peer-to-peer (ομότιμων κόμβων). Μια κρυπτογραφημένη απόδειξη ταυτότητας (ένας συνδιασμός δημόσιου κλειδιού και ιδιωτικού) χρησιμοποιείται στο δίκτυο για την ταυτοποίηση του χρήστη Α και του χρήστη Β. Εν συνεχεία, η συναλλαγή θα μεταδοθεί στη δεξαμενή μνήμης του δικτύου blockchain αναμένοντας την επαλήθευση και επικύρωση της συναλλαγής. Το νέο μπλοκ δημιουργείται λαμβάνοντας υπόψη έναν ορισμένο αριθμό εγκεκριμένων κόμβων, αυτό ονομάζεται επίτευξη συναίνεσης. Αφού επιτευχθεί συναίνεση, σχηματίζεται νέο «μπλοκ» στο δίκτυο blockchain και κάθε κόμβος ενημερώνει το αντίστοιχο αντίγραφο του καθολικού blockchain. Αυτό το μπλοκ περιέχει όλες τις συναλλαγές που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και είναι «συνδεδεμένο» με το αρχικό μπλοκ στο δίκτυο μέσω της ψηφιακής υπογραφής (Yli-Huumo et al. 2016).

Το στάδιο συναίνεσης επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ενός αλγόριθμου συναίνεσης. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εξόρυξη. Δηλαδή, το δίκτυο Peer-to-Peer επιτυγχάνει συναίνεση σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του κατανεμημένου καθολικού (Kraft 2016). Κάθε κόμβος μπορεί να ψηφίσει μέσω της δύναμης της CPU και να δέχεται έγκυρα μπλοκ με επεκτάσεις ή να απορρίπτει μη έγκυρα μπλοκ αρνούμενος τις επεκτάσεις. Τυχόν απαιτούμενοι κανόνες και κίνητρα μπορούν να εφαρμοστούν μέσω αυτού του μηχανισμού συναίνεσης (Nakamoto, 2008).

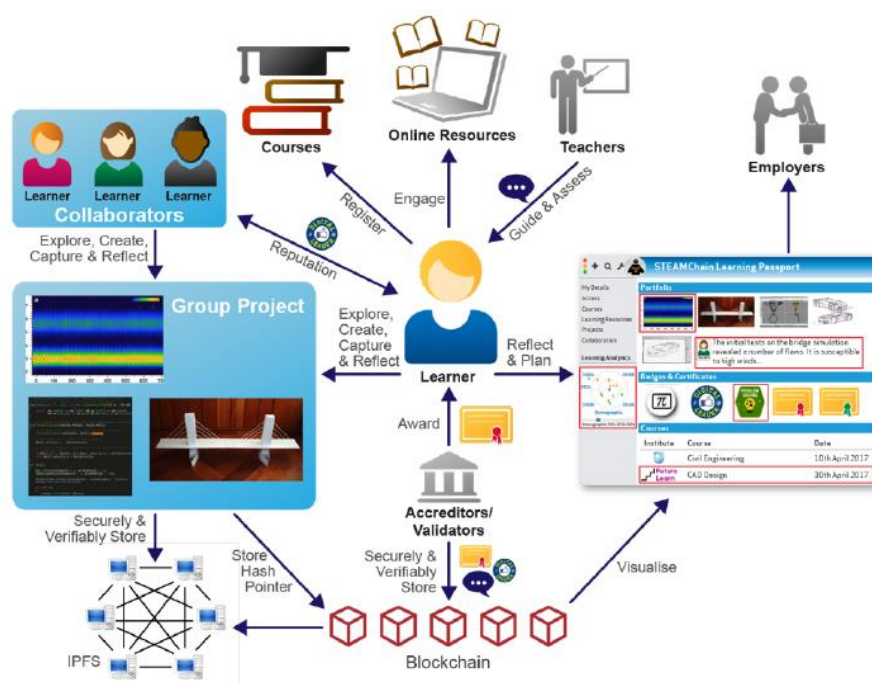
Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ των όρων «κατανεμημένα καθολικά» (distributed ledgers) και «μπλοκ αλυσίδων» (blockchains), οι οποίοι συχνά χρησιμοποιούνται εσφαλμένα ως συνώνυμα. Τα κατανεμημένα βιβλία αναπαράγονται, μοιράζονται και συγχρονίζονται με ψηφιακά δεδομένα γεωγραφικά διασκορπισμένα σε πολλούς ιστότοπους, πιθανών και

διαφορετικών οργανισμών. Απαιτείται ένα δίκτυο peer-to-peer για επικοινωνία και ένας αλγόριθμος συναίνεσης για τη διασφάλιση της αναπαραγωγής και του συγχρονισμού σε πολλούς κόμβους. (Mikroyannidis, A., Third, A., Chowdhury, N., Bachler, M., Domingue, J. (2020))

Υπάρχουν βασικές διαφορές μεταξύ εφαρμογών που εκτελούνται σε τυπικές πλατφόρμες και εκείνων που λειτουργούν πάνω σε κατανεμημένα καθολικά. Αντί να συνδέεται κάποιος από μια συσκευή (π.χ. ένα κινητό τηλέφωνο) σε έναν κεντρικό διακομιστή, ο οποίος διατηρεί όλα τα απαιτούμενα δεδομένα (πιθανώς και των προσωπικών δεδομένων πελατών), κάθε παίκτης ή εθελοντής στο δίκτυο λαμβάνει ένα πλήρες αντίγραφο όλων των δεδομένων. Αυτό αλλάζει μια θεμελιώδη δυναμική. Η έννοια του κεντρικού ελέγχου εξαφανίζεται εντελώς και αντ' αυτού τα δεδομένα και οι υπολογισμοί ανήκουν, ελέγχονται και μοιράζονται ομοιόμορφα σε ολόκληρο το δίκτυο.

### 1.1. Προς ένα μαθητοκεντρικό σύστημα

Προσβλέπουμε λοιπόν σε ένα σύστημα εκπαίδευσης με επίκεντρο τον μαθητή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Μέσω του αποκεντρωμένου μοντέλου εκπαιδευτικών συναλλαγών που φαίνεται, οι μαθητές δημιουργούν εγγραφές ή μοιράζονται έργα με τους όμοιούς τους. Ταυτόχρονα, οι μαθητές εγγράφονται σε διάφορα μαθήματα και κάνουν χρήση πρόσθετων πόρων μάθησης. Οι εκπαιδευτές και το λοιπό διδακτικό προσωπικό παρέχουν ανεπίσημη αλλά και επίσημη ανατροφοδότηση καθώς οι εκπαιδευόμενοι ολοκληρώνουν την αθροιστική και διαμορφωτική αξιολόγησή τους και οι κεντρικοί φορείς διοίκησης εκδίδουν επίσημα πιστοποιητικά σύμφωνα με τις θεσμικές διαδικασίες (Mikroyannidis, Third, Domingue, 2019).



Εικόνα 1: Μαθητοκεντρικό σύστημα εκπαίδευσης (Πηγή: Mikroyannidis., Domingue, Bachler. & Quick 2018)

Στην κορυφή αυτών των διαδικασιών, τοποθετούμε ένα «οικοσύστημα φήμης» με τον εκπαιδευόμενο στο κέντρο. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να αξιολογήσουν τα μαθήματα, τους διαδικτυακούς πόρους και τους εκπαιδευτικούς όσον αφορά την ευκολία κατανόησης και τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους. Οι μαθητές μπορούν επίσης να αξιολογήσουν ο ένας τον άλλον σε μια σειρά από αρετές, όπως για παράδειγμα οργανωτικές και επικοινωνιακές (Sharples, & Domingue, 2016). Όλα τα δεδομένα σχετικά με τις διαπιστεύσεις/πιστοποιήσεις των μαθητών, το έργο, τις βαθμολογίες, την επίσημη και ανεπίσημη ανατροφοδότηση αποθηκεύονται σε ένα πλαίσιο όπου τα πάντα μπορούν να επαληθευτούν μέσω του Blockchain (Salagiannis, D., Salagiannis, G., Armakolas, S., Mikroyannidis, A., 2021)

Οι παρακάτω ενότητες περιγράφουν λεπτομερέστερα τα βασικά στοιχεία αυτού του οικοσυστήματος. Ειδικότερα, περιγράφουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ενισχυθεί ο Ηλεκτρονικός Χαρτοφύλακας (ePortfolios), οι διαπιστεύσεις και η διδασκαλία μέσω της τεχνολογίας Blockchain στο πλαίσιο αυτού του οικοσυστήματος και των νέων ευκαιριών που προκύπτουν για τους μαθητές, τους εκπαιδευτικούς και τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.

### 1.1.1. Ηλεκτρονικός Χαρτοφύλακας (ePortfolios)

Το κύριο όφελος που προσφέρει το Blockchain στον Ηλεκτρονικό Χαρτοφύλακα είναι ο διαχωρισμός μεταξύ των δραστηριοτήτων με τις οποίες ασχολούνται οι μαθητές και των διαπιστεύσεων που αποκτήθηκαν (Mikroyannidis, Domingue, Bachler, & Quick, 2018). Η

διευκόλυνση της παρουσίας τόσο των έργων των μαθητών όσο και των διαπιστεύσεών τους στο Ηλεκτρονικό Χαρτοφυλάκιο θα επιτρέψει σε όλους τους εκπαιδευτικούς φορείς να συμμετάσχουν σε αυτό. Η χρήση του Blockchain αντιμετωπίζει επίσης τα ακόλουθα θέματα (Mikroyannidis, Domingue, Bachler, & Quick, 2018):

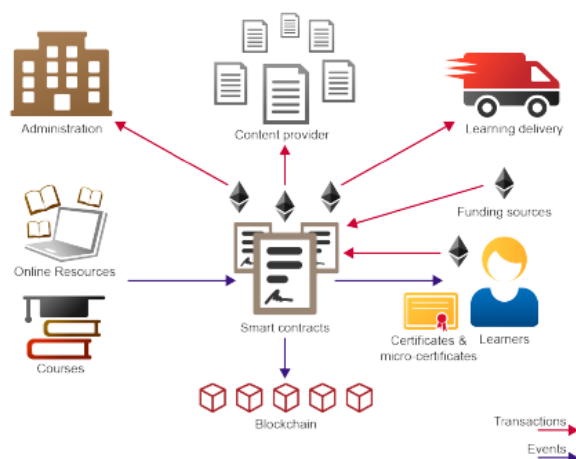
- Φιλοξενία και εξελισιμότητα
- Ιδιοκτησία - όλα τα δεδομένα στα ePortfolios ανήκουν στους εκπαιδευόμενους, οι οποίοι ελέγχουν επίσης την πρόσβαση στο ePortfolios τους.
- Ιδιωτικότητα και ασφάλεια - μπορούν να παρέχονται με δύο τρόπους. Αρχικά, όλα τα ευαίσθητα στοιχεία μπορούν να αποθηκευτούν εκτός αλυσίδας με τα συμβαλλόμενα μέρη να υπογράφουν ψηφιακά με κατακερματισμό (hashes) των στοιχείων όπως απαιτείται. Δεύτερον, τα δεδομένα μπορούν να κρυπτογραφηθούν με κλειδιά που κατέχει ο σχετικός ενδιαφερόμενος όπως ο εκπαιδευόμενος.
- Διαλειτουργικότητα και μεταφορά - όλα τα δεδομένα στο blockchain μοιράζονται στο δίκτυο των χρηστών και οι συναλλαγές είναι ορατές σε όλους. Στην ουσία, ένα εκπαιδευτικό Blockchain λειτουργεί ως παγκόσμια πηγή αλήθειας σε όλους τους συμμετέχοντες. Συνεπώς, τα ζητήματα διαλειτουργικότητας και μεταφοράς δεδομένων θεωρούνται λυμένα.
- Σταθερότητα και αξιοπιστία - διασφαλίζονται επειδή οι συναλλαγές Blockchain είναι αμετάβλητα αρχεία που έχουν υπογραφεί και μπορούν να υπογραφούν πολλαπλά, για παράδειγμα από ένα ίδρυμα ή και έναν ατομικό αξιολογητή μαθημάτων.

### 1.1.2. Διαπιστεύσεις/ Πιστοποιήσεις

Υπάρχει ευρεία ανησυχία σχετικά με την ανάγκη συνεχούς αναβάθμισης των εργαζομένων ώστε να συμβαδίζουν με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα (Mikroyannidis, Domingue, Bachler, & Quick, 2018). Ως αποτέλεσμα των αναδυόμενων τεχνολογιών, υπάρχει επίσης αυξανόμενη ζήτηση για ψηφιακές δεξιότητες υψηλού επιπέδου σε τομείς όπως η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, το cloud, την κινητή τηλεφωνία (συσκευές) και την ανάλυση δεδομένων. Η μεταφορά της οργανωτικής γνώσης στον εργασιακό χώρο δεν είναι μια απλή διαδικασία. Μεταξύ όλων των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τη μεταφορά της μάθησης, η ανατροφοδότηση από τους γύρω μας έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί σημαντικά θετική δύναμη. Με την αποθήκευση όλων των συναλλαγών στο blockchain πραγματοποιούνται εύκολα οι μεταφορές μεταξύ οργανωτικών μονάδων ή οργανισμών. Επιπλέον, οποιαδήποτε κατάχρηση του συστήματος μπορεί να εντοπιστεί αυτόματα, όπως ζεύγη ή μικρές ομάδες εργαζομένων που ευνοούν ο ένας τον άλλον. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του Smartchain Smart Contracts, το οποίο μπορεί να υπαγορεύει, για παράδειγμα, ότι ένα ορισμένο ποσοστό πόντων φήμης θα πρέπει να προέρχεται από εξωτερικές μονάδες ή από διαχειριστές προτού απονεμηθούν τα αντίστοιχα εμβλήματα-badges/ πιστοποίηση σε κάποιον χρήστη.

### 1.1.3. Διδασκαλία

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, ένα πανεπιστήμιο μπορεί να θεωρηθεί πολύ απλοϊκά ως ένα σύνολο συναλλαγών μεταξύ εκπαιδευμένων, συγγραφέων εκπαιδευτικού υλικού, κατόχων περιεχομένου, ομάδων εκπαιδευτικών παραδόσεων και διοικητικών υπηρεσιών (Mikroyannidis A., Domingue J., Bachler M., & Quick K. 2018). Κανονικά, οι υπηρεσίες αυτές συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο ίδρυμα.



Εικόνα 2: Το Πανεπιστήμιο θεωρείται ένα απλό σύστημα συναλλαγών (Πηγή: Mikroyannidis., Domingue., Bachler, & Quick 2018)

Ένα πανεπιστήμιο που χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό Blockchain για τις πιστοποιήσεις, τις online αξιολογήσεις, το σύστημα χρέωσης και της παρακολούθησης και μια εφαρμογή για τη σύνδεση των εκπαιδευτών με τους μαθητές. Σε ένα τέτοιο πανεπιστήμιο, οι μικρό-πληρωμές από τους εκπαιδευόμενους θα μπορούσαν να μεταφερθούν αυτόματα στους συγγραφείς οποιουδήποτε εκπαιδευτικού υλικού που προβλήθηκε ηλεκτρονικά. Επιπλέον, οι καθηγητές θα μπορούσαν να συσσωρεύουν βαθμολογίες από μαθητές για την ποιότητα της διδασκαλίας και φυσικά ανατροφοδότηση. Οι μαθητές θα μπορούσαν επίσης να αξιολογήσουν τα μαθήματα και τα ιδρύματα για την αποτελεσματικότητά τους και την σχέση ποιότητας και τιμής.

Πιο πρόσφατα, ακαδημαϊκοί της Οξφόρδης έχουν ξεκινήσει το πρώτο «Blockchain University» στον κόσμο (Broggi et al., 2018). Το Πανεπιστήμιο Woolf δεν θα έχει φυσική παρουσία, αλλά θα βασίζεται αποκλειστικά σε μια εφαρμογή, η οποία θα επιτρέψει στους ακαδημαϊκούς να διαφημίσουν την τεχνογνωσία τους σε υποψήφιους μαθητές. Οι μαθητές θα χρησιμοποιούν την εφαρμογή για να επιλέξουν μαθήματα που ταιριάζουν στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντά τους (Mikroyannidis A., Domingue J., Bachler M., & Quick K. 2018).

## 1.2. Το Σημασιολογικό Blockchain

Παρόλο που η τεχνολογία Blockchain φέρνει σταθερότητα και εμπιστοσύνη, θα πρέπει επίσης να επωφεληθούμε από τον τεράστιο πλούτο των υπαρχουσών δεδομένων και προτύπων για την αποκεντρωμένη δημοσίευση και «κατανάλωση» δεδομένων στον Παγκόσμιο Ιστό (Mikroyannidis, Third, and Domingue, 2019). Συγκεκριμένα, μία από τις βασικές αρχές σχεδιασμού του Σημασιολογικού Ιστού είναι η υπόθεση ότι τα δεδομένα μπορούν να δημοσιεύονται οπουδήποτε διαδικτυακά (online) και από οποιονδήποτε και ότι πρέπει να είναι δυνατή η αναζήτηση και η ενσωμάτωση αυτών των δεδομένων χωρίς να συγκεντρώνονται όλα σε μια κεντρική τοποθεσία. Υποστηρίζουμε εδώ ότι το Σημασιολογικό (Semantic) Blockchain, η ενθάρρυνση δηλαδή της διαλειτουργικότητας μεταξύ των πλατφορμών Blockchain και του Σημασιολογικού Ιστού, είναι απαραίτητη για να αξιοποιηθούν στο έπακρο και οι δύο τεχνολογίες. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα της εκπαίδευσης, όπου οι μαθησιακές εμπειρίες και οι πιστοποιήσεις/διαπιστεύσεις μπορούν να αποκτηθούν από ποικίλες ανεξάρτητες πηγές και με διαφορετικές μαθησιακές προσεγγίσεις, πλαίσια και πρότυπα, τα οποία όμως πρέπει να συνενωθούν για να διαμορφώσουν μία συνεκτική και κατανοητή εικόνα ενός δια βίου μάθησης ατόμου.

Σε μία έρευνα (Third & Domingue, 2017a) παρουσιάζονται διαφορετικές προσεγγίσεις για τη διανομή και την εμπιστοσύνη των δεδομένων, ποικίλλουν σε διάφορες διαστάσεις, από τον βαθμό αναπαραγωγής των δεδομένων, τα επίπεδα εγγύησης ακεραιότητας που παρέχονται και το κόστος. Το απλούστερο μοντέλο- στο οποίο όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στην αλυσίδα- έχει ορισμένα μειονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι οι δαπάνες - η προσθήκη δεδομένων σε ένα δημόσιο Blockchain κοστίζει χρήματα - αλλά και χωρίς τον παράγοντα κόστους, αυτό δημιουργεί προβλήματα προστασίας δεδομένων. Τα εκπαιδευτικά δεδομένα περιέχουν τουλάχιστον ορισμένα προσωπικά δεδομένα και παραβιάζουν την ορθή πρακτική προστασίας των δεδομένων και το νόμο για την αποθήκευση τέτοιων δεδομένων σε δημόσιο χώρο, ιδιαίτερα όπου δεν επιτρέπει την επεξεργασία, τη διόρθωση ή τη διαγραφή τους. Ως αποτέλεσμα, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι που διατηρούν τα πραγματικά δεδομένα αλλού και αποθηκεύουν μόνο τα δεδομένα επαλήθευσης στην αλυσίδα: κάτι όπως κρυπτογραφικός κατακερματισμός (hash), το οποίο καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο και το οποίο μπορεί να υπολογιστεί μόνο από τα πραγματικά δεδομένα που αντιπροσωπεύει και που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναδημιουργία αυτών των δεδομένων. Τα κατανεμημένα δίκτυα αποθήκευσης, όπως το Interplanetary File System (IPFS- Διαπλανητικό Σύστημα Αρχείων), είναι ένα πρακτικό ταίριασμα για τα Blockchains, βασισμένα σε παρόμοιους μηχανισμούς κατακερματισμού.

Η εστίαση στα προσωπικά διαλειτουργικά αξιόπιστα δεδομένα ανοίγει νέες δυνατότητες για παιδαγωγική τεχνολογία και προσεγγίσεις. Ένα από τα πιο συναρπαστικά είναι η δυνατότητα ανάλυσης της διά βίου μάθησης. Αντί να συλλέγονται και να αναλύονται δεδομένα εκπαιδευτικής δραστηριότητας αποκλειστικά εντός ενός συγκεκριμένου ιδρύματος, οδηγώντας σε ένα σιλό δεδομένων σχετικά με τον ίδιο εκπαιδευόμενο να κατανέμονται σε πολλαπλά



ιδρύματα καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαίδευσης, αποθηκεύοντας τα δεδομένα αυτά με τον χρήστη και αξιόπιστα υπό τον έλεγχο του χρήστη, γίνεται δυνατή η πραγματοποίηση εκπαιδευτικών αναλύσεων με την πάροδο του χρόνου και σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια. Μπορούν να αναπτυχθούν εργαλεία που θα βοηθήσουν τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν τις δικές τους εκπαιδευτικές προσεγγίσεις από τα δικά τους δεδομένα, καθώς και να υποστηρίξουν ευρύτερες εκπαιδευτικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται σε πληθυσμούς, με τη συγκατάθεση των χρηστών. Η χρήση των Semantic Blockchains το καθιστά αυτό δυνατό, χωρίς την ασφάλεια και την εμπιστοσύνη και τα κοινά μοντέλα δεδομένων που ενεργοποιούνται από τα Linked Data-Συνδεδεμένα Δεδομένα, θα ήταν πολύ πιο δύσκολο να γίνει αυτό (Mikroyannidis, Third, and Domingue, 2019).

### 1.3. Αποκεντρωμένα Μοντέλα Εκπαίδευσης

Η διάσπαση των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων από την απομόνωσή τους δεν χρειάζεται απαραίτητως να γίνει μέσω της ανταλλαγής διδασκαλίας ή των διαπιστευτηρίων. Η αποκέντρωση της διακυβέρνησής τους μπορεί ενδεχομένως να τους επιτρέψει να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες χωρίς επίσημη ένωση. Αυτή η προσέγγιση καθιερώνει μια ανταλλαγή όπου τα ιδρύματα διατηρούν την ατομικότητά τους, αλλά συμμετέχουν σε συνεργασίες για να βοηθήσουν να ξεπεραστούν τα υπάρχοντα προβλήματα (Chowdhury, Ramachandran, Third, Mikroyannidis, Bachler, & Domingue, 2020).

## 2. Μεθοδολογία

Μέσω ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2020 και λόγω του εξειδικευμένου τεχνολογικού θέματος επιχειρήθηκε η αποστολή του ερωτηματολογίου σε ανθρώπους που διαθέτουν το γνωστικό υπόβαθρο να απαντήσουν στις ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο βασίστηκε σε παλαιότερη έρευνα που έγινε για τα Κρυπτονομίσματα (Πιτσάρης, 2019) καθώς και σε έρευνες που γίνονται από ομάδες εργασίας επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων ξένων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και αφορούν την δια βίου μάθηση, το Blockchain, τα έξυπνα εμβλήματα/ Badges και την διαδικτυακή εκπαίδευση (Mikroyannidis, A., Third, A., Chowdhury, N., Bachler, M., Domingue, J. 2020).

Το ερωτηματολόγιο απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς πληροφορικής. Συμπληρώθηκε από τριάντα οχτώ (76) άτομα συνολικά και κάθε ένας απάντησε σχετικά με τη συμφωνία του ή τη διαφωνία του σε πεντάβαθμο ερωτηματολόγιο τύπου Likert.

Προς αυτήν την κατεύθυνση λοιπόν κινείται και η παρούσα εργασία, η οποία διερευνά τρία βασικά ερωτήματα:

**E1:** Αποτελεί πρόβλημα η συνηθισμένη πρακτική των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων να διατηρούν δικές τους βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση και τη διατήρηση των αρχείων των φοιτητών τους, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών τους πληροφοριών, στις οποίες οι μαθητές δεν

έχουν κανέναν, ή έχουν περιορισμένο, έλεγχο των δεδομένων τους και συχνά αγνοούν το τι ακριβώς διατηρούν τα ιδρύματά τους για λογαριασμό τους;

**E2:** Μερικές φορές τα εκπαιδευτικά ιδρύματα ή τα σχολεία χρειάζεται να στέλνουν έγγραφα σε άλλα ή σε κάποιον εργοδότη χρησιμοποιώντας το επίσημο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο τους ή σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να προέρχονται απευθείας από τους εκδότες ταχυδρομικώς. Πόσο προβληματικό φαίνεται κάτι τέτοιο, ιδιαίτερα για τον τομέα της εκπαίδευσης όπου ακόμη και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πλέον, λόγω της τεχνολογίας και της ευκολίας με την οποία μπορεί να φτιαχτεί ένα πλαστό έγγραφο, τείνουν να μην εμπιστεύονται τους τίτλους ή τις διαπιστεύσεις που κατατίθενται και ζητούν επαλήθευση κατά την είσοδο νέων σπουδαστών σε αυτά;

**E3:** Στο υφιστάμενο εκπαιδευτικό σύστημα τα εκπαιδευτικά ιδρύματα λειτουργούν αυτόνομα και είναι στην ευχέρειά τους να παρέχουν την οποιαδήποτε υποστήριξη σταδιοδρομίας για τους μαθητές τους. Υπάρχει πράγματι μια πρακτική που βοηθά τους σημερινούς φοιτητές και αποφοίτους να αποκτήσουν θέσεις εργασίας μέσω της διοργάνωσης σεμιναρίων δικτύωσης σε πανεπιστήμια και κολέγια, ωστόσο, ο αντίκτυπος τέτοιων γεγονότων είναι περιορισμένος και η διαδικασία διαρκεί λίγα χρόνια στην περίοδο μετά την αποφοίτηση. Επιπλέον, τα ιδρύματα έχουν γενικά πρόσβαση σε αρχεία και πληροφορίες του πτυχίου σχετικά με τους τίτλους που παρέχουν μόνο και δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση ή να επαληθεύσουν τις δεξιότητες και τα διπλώματα των σπουδαστών τους που αποκτήθηκαν από άλλα ιδρύματα. Πόσο τελικά περιορίζουν οι υπάρχουσες συνθήκες τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και τα εμποδίζει να αξιολογήσουν επαρκώς τις δυνατότητές τους, να βοηθήσουν τους σπουδαστές να υποβάλουν αίτηση για τη “σωστή” δουλειά και να τους καθοδηγήσουν στις επαγγελματικές τους πορείες;

Σε αυτή την εργασία, επιχειρούμε να δείξουμε ότι η χρήση της τεχνολογίας Blockchain μπορεί να βοηθήσει στην αποκέντρωση της επαλήθευσης των προσόντων, της διακυβέρνησης των δεδομένων και της υποστήριξης της σταδιοδρομίας των σπουδαστών. Παρουσιάζουμε τον τρόπο με τον οποίο οι υπάρχουσες τεχνολογίες και μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν για να δώσουν μια λογική λύση σε αυτά τα προβλήματα.

## 2.1. Αποτελέσματα

Μέσω των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων και της ανάλυσης αυτών, επιχειρήσαμε να εξάγουμε σε πρώτη φάση συμπεράσματα για έναν από τους κύριους πυλώνες της επιχειρηματολογίας για την εισαγωγή της τεχνολογίας Blockchain στην εκπαίδευση. Στην συγκεκριμένη ενότητα του ερωτηματολογίου μας, γίνονται ερωτήσεις που σχετίζονται με την τεχνολογία Blockchain και το εκπαιδευτικό τοπίο. Οι ερωτήσεις σε αυτή την ενότητα θα μπορούσαν να ενταχθούν σε τρεις υποκατηγορίες, κάθε μία από τις οποίες σχετίζονται με το αντίστοιχο ερευνητικό ερώτημα της εργασίας μας.

### Ομάδα Ερωτήσεων 1:

Στην πρώτη ομάδα ερωτήσεων εντάσσονται οι ερωτήσεις που σχετίζονται με το πρώτο ερώτημά μας και αφορά την έλλειψη πρόσβασης των ερωτηθέντων σε προσωπικά τους στοιχεία και πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τις σπουδές τους και καθώς όλα αυτά κρατούνται σε κλειστές βάσεις δεδομένων των ιδρυμάτων χωρίς μπορεί κάποιος να έχει πρόσβαση σε αυτά, είτε σπουδαστής, είτε άλλο ίδρυμα, είτε εργοδότης, χωρίς την συγκατάθεση του ιδρύματος.

**Πίνακας 1: Ασφάλεια που παρέχει η τεχνολογία Blockchain**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 6         | 7.8     |
| Λίγο      | 4         | 5.3     |
| Αρκετά    | 30        | 39.5    |
| Πολύ      | 32        | 42.1    |
| Πάρα πολύ | 4         | 5.3     |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 η πλειονότητα του δείγματος, 42,1% (n=32) δήλωσε «Πολύ». Το 39,5% (n=30) απάντησε «Αρκετά». Φαίνεται από τις απαντήσεις των σπουδαστών πως υπάρχει ένα αίσθημα ασφάλειας και σιγουριάς γύρω από την τεχνολογία Blockchain συγκρίνοντας με τα έως τώρα επιτεύγματα της τεχνολογίας όπως είναι το Bitcoin.

**Πίνακας 2: Αποκέντρωση μέσω του Blockchain και διατήρηση ατομικότητας**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 0         | 0.0     |
| Λίγο      | 6         | 7.9     |
| Αρκετά    | 34        | 44.7    |
| Πολύ      | 24        | 31.6    |
| Πάρα πολύ | 12        | 15.8    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Η πλειονότητα του δείγματος 44,7% (n=34) δήλωσε «Αρκετά» όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Το 31,6% (n=24) απάντησε «Πολύ» ενώ κανένας από τους ερωτηθέντες δεν απάντησε «Καθόλου». Φαίνεται λοιπόν ότι το δείγμα μας πιστεύει στην επιτυχή αποκέντρωση μέσω του Blockchain κάνοντας τα εκπαιδευτικά ιδρύματα ικανά να συμμετέχουν σε συνεργασίες αλλά και να διατηρήσουν το κάθε ένα από αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του και ό,τι το κάνει

να ξεχωρίζει.

**Πίνακας 3: Σύμφωνοι με την διατήρηση μεμονωμένων βάσεων δεδομένων από τα ιδρύματα**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 12        | 15.8    |
| Λίγο      | 24        | 31.5    |
| Αρκετά    | 14        | 18.4    |
| Πολύ      | 16        | 21.1    |
| Πάρα πολύ | 10        | 13.2    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Παρατηρώντας τον Πίνακα 3 κατανοούμε ότι, αν αθροίσουμε όσους από το δείγμα μας απάντησαν «Καθόλου» (15,8%, n=12) και όσους απάντησαν «Λίγο» (31,5%, n=24), περίπου οι μισοί βλέπουν αρνητικά τη μεμονωμένη αποθήκευση και διατήρηση από το εκάστοτε ίδρυμα, σε δικές του βάσεις δεδομένων αρχείων και προσωπικών πληροφοριών των εκπαιδευόμενων ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό 18,4% (n=14) που απαντά «Αρκετά».

**Πίνακας 4: Θεωρείτε πρόβλημα την μη πρόσβαση από διαφορετικά ιδρύματα στο δεδομένα σπουδαστών άλλων ιδρυμάτων**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 0         | 0.0     |
| Λίγο      | 10        | 13.2    |
| Αρκετά    | 20        | 26.3    |
| Πολύ      | 30        | 39.4    |
| Πάρα πολύ | 16        | 21.1    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Η πλειοψηφία όπως βλέπουμε στον Πίνακα 4 του δείγματος n=30 (39,4%) απάντησε «Πολύ» και το 21,1% (n=16) απάντησε «Πάρα Πολύ». Φαίνεται δηλαδή ότι ο μη διαμοιρασμός τέτοιων πληροφοριών, που μπορούν να διευκολύνουν και να απλοποιήσουν πολλές δραστηριότητες των σπουδαστών, αποτελεί πρόβλημα για τους περισσότερους και πρέπει να αντιμετωπιστεί.

### **Ομάδα Ερωτήσεων 2:**

Στην δεύτερη ομάδα ερωτήσεων βρίσκονται εκείνες οι ερωτήσεις που έχουν να κάνουν με το πρόβλημα των πλαστών τίτλων/πιστοποιήσεων κ.ά. που έχει αναγκάσει όχι μόνο εργοδότες

αλλά ακόμα και τα ίδια τα πανεπιστήμια να ζητούν την επαλήθευση τέτοιων εγγράφων από άλλα ιδρύματα όταν κάποιος νέο σπουδαστής πρόκειται να μπει σε αυτό.

**Πίνακας 5: Διασφάλιση της εγκυρότητας των τίτλων πιστοποίησης από ένα σύστημα πληροφόρησης τεχνολογίας Blockchain**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 0         | 0.0     |
| Λίγο      | 2         | 2.7     |
| Αρκετά    | 26        | 34.2    |
| Πολύ      | 22        | 28.9    |
| Πάρα πολύ | 26        | 34.2    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Το 34,2% (n=26) απάντησε «Πάρα Πολύ», 28,9% (n=22) απάντησε «Πολύ» και 34,2% (n=26) απάντησε «Αρκετά». Σχεδόν όλο το δείγμα μας φαίνεται από τις απαντήσεις του στον Πίνακα 5, ότι εμφανίζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για ένα σύστημα πληροφόρησης τεχνολογίας Blockchain, μέσω του οποίου είναι δυνατή η διασφάλιση της εγκυρότητας όλων των πράξεων πιστοποίησης τίτλων για τον εκδότη, τον κάτοχο και τον αποδέκτη, δείχνοντας έτσι και την σημαντικότητα μιας τέτοιας κίνησης.

**Πίνακας 6: Προβληματική κατάσταση η ζήτηση επαλήθευσης κάθε τίτλου κατά την είσοδο νέων σπουδαστών σε κάποιο εκπαιδευτικό ίδρυμα**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 4         | 5.3     |
| Λίγο      | 6         | 7.9     |
| Αρκετά    | 30        | 39.5    |
| Πολύ      | 24        | 31.5    |
| Πάρα πολύ | 12        | 15.8    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος (39,5%, n=30) απάντησε «Αρκετά» ενώ εξίσου μεγάλο ποσοστό (31,5%, n=24) απάντησε «Πολύ». Φαίνεται από τον Πίνακα 6 και τις απαντήσεις των σπουδαστών ότι υπάρχει ένας προβληματισμός γύρω από την υπάρχουσα κατάσταση και την ύπαρξη ή όχι εμπιστοσύνης, για τους τίτλους και τα πιστοποιητικά που διαθέτουν.

**Πίνακας 7: Συμβολή της τεχνολογίας Blockchain στην επαλήθευση των προσόντων**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 2         | 2.7     |
| Λίγο      | 4         | 5.3     |
| Αρκετά    | 26        | 34.2    |
| Πολύ      | 22        | 28.9    |
| Πάρα πολύ | 22        | 28.9    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Το ίδιο ποσοστό 28,9% (n=22) του δείγματος απάντησε «Πολύ» και «Πάρα Πολύ» ενώ αρκετά μεγάλο ποσοστό 34,2% (n=26) απάντησε «Αρκετά» όπως βλέπουμε και στον Πίνακα 7, δείχνοντας έτσι την πεποίθηση των σπουδαστών ότι η τεχνολογία Blockchain θα συμβάλει καθοριστικά στην επίλυση ζητημάτων όπως είναι η επαλήθευση των προσόντων κατά την εισαγωγή είτε σε ένα νέο εκπαιδευτικό ίδρυμα είτε σε μία νέα θέση εργασίας.

**Πίνακας 8: Δυσκολία ως προς το σημερινό μη ευέλικτο σύστημα εκπαίδευσης**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 0         | 0.0     |
| Λίγο      | 6         | 7.9     |
| Αρκετά    | 32        | 42.1    |
| Πολύ      | 22        | 28.9    |
| Πάρα πολύ | 16        | 21.1    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Η πλειονότητα του δείγματος όπως βλέπουμε στον Πίνακα 8, 42,1% (n=32), απάντησε «Αρκετά», ενώ το 28,9% (n=22) «Πολύ». Καταγράφεται η δυσαρέσκεια των σπουδαστών ως προς το σημερινό «Ιδρυματο-κεντρικό» σύστημα όπου πολλά πράγματα όπως η επανέκδοση ενός τίτλου ή η επαλήθευσή του γίνεται από το εκάστοτε ίδρυμα και μόνο.

**Πίνακας 9: Αντιμετώπιση των πλαστών πτυχίων μέσω της τεχνολογίας Blockchain**

|         | Συχνότητα | Ποσοστό |
|---------|-----------|---------|
| Καθόλου | 0         | 0.0     |
| Λίγο    | 4         | 5.3     |
| Αρκετά  | 24        | 31.5    |

|           |    |       |
|-----------|----|-------|
| Πολύ      | 30 | 39.5  |
| Πάρα πολύ | 18 | 23.7  |
| Σύνολο    | 76 | 100.0 |

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 9 η συντριπτική πλειοψηφία των σπουδαστών εκτιμά ότι η τεχνολογία Blockchain θα βοηθήσει στην καταπολέμηση του φαινομένου των πλαστών τίτλων σπουδών καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό (39,5%, n=30) απαντά «Πολύ» και το 31,5% (n=24) απαντά «Αρκετά».

**Πίνακας 10: Χρησιμότητα ενός αυτόματου συστήματος πιστοποίησης εγκυρότητας μέσω της τεχνολογίας Blockchain**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 2         | 2.7     |
| Λίγο      | 2         | 2.7     |
| Αρκετά    | 16        | 21.1    |
| Πολύ      | 38        | 50.0    |
| Πάρα πολύ | 18        | 23.5    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Βλέποντας τον Πίνακα 10 παρατηρούμε ότι οι μισοί από τους σπουδαστές του δείγματος (50%, n=38) απάντησαν «Πολύ» και «Πάρα πολύ» απάντησε το 23,5% (n=18). Κατανοούμε λοιπόν ότι η πλειοψηφία θεωρεί εξαιρετικά χρήσιμο ένα σύστημα σαν το QR Code ή κάτι αντίστοιχο μέσω της τεχνολογίας Blockchain, το οποίο θα εξασφάλιζε την εγκυρότητα ενός τίτλου.

### **Ομάδα Ερωτήσεων 3:**

Στην τρίτη ομάδα αναφέρονται οι ερωτήσεις που έχουν να κάνουν με την ελλιπή στήριξη της σταδιοδρομίας των αποφοίτων από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Με λίγα λόγια είναι μεμονωμένες οι περιπτώσεις ιδρυμάτων που παρακολουθούν και βοηθούν τους αποφοίτους στην μετέπειτα πορεία τους είτε αυτή έχει να κάνει με συνέχεια σπουδών είτε με εξειδίκευση είτε με εργασία και αυτό γιατί είναι δύσκολο να επιτευχθεί κάτι τέτοιο στο υπάρχον εκπαιδευτικό περιβάλλον.

**Πίνακας 11: Υποστήριξη της επαγγελματικής σταδιοδρομίας μέσω του Blockchain**

|         | Συχνότητα | Ποσοστό |
|---------|-----------|---------|
| Καθόλου | 0         | 0.0     |
| Λίγο    | 2         | 2.7     |

|           |    |       |
|-----------|----|-------|
| Αρκετά    | 24 | 31.6  |
| Πολύ      | 32 | 42.2  |
| Πάρα πολύ | 18 | 23.5  |
| Σύνολο    | 76 | 100.0 |

Το 42,2% (n=32) του δείγματος απάντησε «Πολύ» ενώ το 31,6% (n=24) «Αρκετά» όπως βλέπουμε στον Πίνακα 11. Φαίνεται ότι η πλειονότητα των σπουδαστών πιστεύουν στην θετική επίδραση της νέας τεχνολογίας στην μετέπειτα επαγγελματική τους σταδιοδρομία.

**Πίνακας 12: Υποστήριξη της δια βίου μάθησης μέσω του Blockchain**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 0         | 0.0     |
| Λίγο      | 0         | 0.0     |
| Αρκετά    | 28        | 36.8    |
| Πολύ      | 28        | 36.8    |
| Πάρα πολύ | 20        | 26.4    |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 12 το ίδιο ακριβώς ποσοστό του δείγματος (36,8%, n=28) απάντησε «Αρκετά» και «Πολύ» και το 26,4% (n=20) απάντησε «Πάρα πολύ» δείχνοντας έτσι τη θετική γνώμη του για την στήριξη της δια βίου μάθησης μέσω της νέας τεχνολογίας.

**Πίνακας 13: Υπάρχουσα υποστήριξη σταδιοδρομίας από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 16        | 21.1    |
| Λίγο      | 36        | 47.3    |
| Αρκετά    | 12        | 15.7    |
| Πολύ      | 10        | 13.2    |
| Πάρα πολύ | 2         | 2.7     |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Το 47,3% (n=36) των σπουδαστών απάντησαν «Λίγο» και το 21,1% (n=16) «Καθόλου». Επικρατεί όπως βλέπουμε και στον Πίνακα 13 μια αρνητική άποψη για το κατά πόσο υπάρχει



η κατάλληλη στήριξη από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα στην μετέπειτα σταδιοδρομία των σπουδαστών τους σήμερα.

**Πίνακας 14: Ενδιαφέρον για πλατφόρμα τηλεκπαίδευσης με τεχνολογία Blockchain**

|           | Συχνότητα | Ποσοστό |
|-----------|-----------|---------|
| Καθόλου   | 2         | 2.6     |
| Λίγο      | 4         | 5.3     |
| Αρκετά    | 42        | 55.2    |
| Πολύ      | 24        | 31.6    |
| Πάρα πολύ | 4         | 5.3     |
| Σύνολο    | 76        | 100.0   |

Το 55,2% (n=42) των σπουδαστών απάντησε «Αρκετά» και το 31,6% (n=24) απάντησε «Πολύ» όπως φαίνεται στον Πίνακα 14. Οι σπουδαστές του δείγματός μας φαίνεται ότι αντιμετωπίζουν με πολύ θετική στάση μια πλατφόρμα τεχνολογίας Blockchain με Badges/Εμβλήματα τα οποία είναι ψηφιακές αναπαραστάσεις επιτευγμάτων και δεξιοτήτων και περιγράφουν το πλαίσιο, τη σημασία, τη διαδικασία και το αποτέλεσμα μιας δραστηριότητας μάθησης.

### 3. Συμπεράσματα

Οι τρεις ομάδες ερωτημάτων E1, E2, E3 αντιπροσωπεύουν τρεις ευρείες περιοχές του εκπαιδευτικού τοπίου και σχηματίζουν τα τρία πρώτα στρώματα του σχεδιασμού μας. Η E1 αντιπροσωπεύει τη διαχείριση δεδομένων και τη διαχείριση (management) και δημιουργεί το επίπεδο των δεδομένων, Η E2 επικεντρώνεται στις επαληθεύσεις των διαπιστευτηρίων και σχηματίζει το επίπεδο επαλήθευσης και, τέλος, η E3 δηλώνει τη συνεχή επαγγελματική υποστήριξη για τους σπουδαστές και παράγει το επίπεδο υποστήριξης για την δια βίου μάθηση.

Το επίπεδο Blockchain αποτελεί τη βάση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής μας. Συνιστούμε τη χρήση ενός Blockchain κοινοπραξίας λόγω της ικανότητάς του να μιμείται το καλύτερο των ιδιωτικών και δημόσιων λογιστικών βιβλίων (ledger). Στην αρχιτεκτονική μας, τα συμμετέχοντα ιδρύματα θα ενταχθούν και θα κυβερνούν αυτό το Blockchain κοινοπραξίας. Τα υπόλοιπα τρία επίπεδα θα λειτουργήσουν πάνω στο Blockchain και θα έχουν τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση απευθείας ή μέσω άλλων επιπέδων.

### 3.1. το πρώτο ερευνητικό ερώτημα

Το δεύτερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής μας είναι το επίπεδο δεδομένων που είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των δεδομένων. Διαχειρίζεται τα δεδομένα των σπουδαστών με αποκεντρωμένο τρόπο. Τα ιδρύματα διατηρούν γενικά μια κεντρική βάση δεδομένων για την αποθήκευση όλων των ειδών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των αρχείων και των πληροφοριών των φοιτητών. Το επίπεδο δεδομένων διασπά αυτή τη βάση δεδομένων και διανέμει το περιεχόμενό της σε διάφορους ενδιαφερόμενους, όπως σπουδαστές, εκπαιδευτικούς και διαχειριστές.

Το επίπεδο δεδομένων αποτελείται από Solid pods (αποθήκες) που διαχειρίζονται φοιτητές, εκπαιδευτικοί και διοικητικοί υπάλληλοι. Οι φοιτητές θα έχουν τις προσωπικές τους πληροφορίες στα pods/ αποθήκες τους, ώστε να παρέχουν πρόσβαση μόνο στα ιδρύματά τους. Οι διοικητικοί υπάλληλοι των ιδρυμάτων μπορούν επίσης να έχουν κάποια στοιχεία φοιτητών στα pods τους, όπως τα αποτελέσματα και τα προσόντα τους. Σε αυτή την περίπτωση, παρέχουν τουλάχιστον πρόσβαση στην ανάγνωση για τους σπουδαστές, ώστε να γνωρίζουν ποια είναι τα δεδομένα που διατηρούν τα ιδρύματα τους για λογαριασμό τους. Η πρόσβαση αυτή μπορεί να εξαρτάται από το χρόνο, για παράδειγμα, τα αποτελέσματα θα γίνουν ορατά στους μαθητές μόνο όταν ανακοινωθούν τα αποτελέσματα. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να έχουν τα pods τους για να αποθηκεύουν και να μοιράζονται σημειώσεις καθώς και τα αρχικά αποτελέσματα. Μπορούν να παραχωρήσουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα μόνο σε διαχειριστές πριν ολοκληρωθούν τα οριστικά αποτελέσματα. Τα ιδρύματα πρέπει να έχουν συγκεκριμένες πολιτικές προσαρμοσμένες στην πρακτική τους σχετικά με το πότε θα ανταλλάσσουν δεδομένα και πώς.

Σε μια αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική, πολλές πηγές μπορούν να συγκρατήσουν τα δεδομένα, καθιστώντας δύσκολη την εκτέλεση ερωτημάτων χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους. Τα συνδεδεμένα δεδομένα και τα ενοποιημένα ερωτήματα μπορούν να βοηθήσουν στην επίλυση αυτού του προβλήματος. Λειτουργεί ως εξής: Κάθε μία από τις οντότητες σε ένα Solid pod αντιπροσωπεύεται με τη μορφή URIs. Εάν τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στους Solid pods εκφράζονται σε μορφή RDF, μπορούν να ερωτηθούν χρησιμοποιώντας το SPARQL, το οποίο είναι μια γλώσσα επερωτήσεων για την πρόσβαση σε συνδεδεμένα δεδομένα (Schmidt, Meier & Lausen 2010). Το SPARQL μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση δεδομένων από πολλαπλά υποσυστήματα Solid, αρκεί η μηχανή επερωτήσεων να έχει πρόσβαση στα Solid pods (Third & Domingue 2017a).

Το επίπεδο δεδομένων επιλύει το πρώτο ερευνητικό ερώτημα (E1). Παρέχει στους μαθητές τον έλεγχο των δεδομένων τους και τους επιτρέπει να δουν τι κρατά το εκπαιδευτικό τους ίδρυμα για λογαριασμό τους. Χρησιμοποιώντας Blockchain, το επίπεδο δεδομένων διασφαλίζει την ακεραιότητα των πληροφοριών που περιέχουν οι φοιτητές και οι διαχειριστές των ιδρυμάτων. Εξασφαλίζεται λοιπόν έτσι η προσβασιμότητα πρώτα και κύρια των κατόχων των τίτλων ή των διαπιστεύσεων σε όλες τις πληροφορίες που τους αφορούν, όπως αντίστοιχα και των ενδιαφερομένων πάνω σε αυτά όπως για παράδειγμα των ίδιων των ιδρυμάτων ή των

καθηγητών και ταυτόχρονα και οι δύο πλευρές μπορούν να είναι σίγουροι για την γνησιότητα και την ισχύ των όσων βλέπουν.

### 3.2. το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Το επίπεδο επαλήθευσης είναι υπεύθυνο για την επαλήθευση των διαπιστευτηρίων/τίτλων σπουδών. Αυτό το επίπεδο βοηθά τους σπουδαστές και τους δια βίου εκπαιδευόμενους να ελέγχουν τα προσόντα τους για πιθανούς εργοδότες ή και άλλα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Όλα τα ιδρύματα που απονέμουν πτυχία ή δίνουν μικροδιαπιστεύσεις πρέπει να δώσουν στους σπουδαστές ένα σήμα/ badge ή κάτι παρόμοιο σε ηλεκτρονική μορφή που οι σπουδαστές θα το διατηρούν στα Solid rods. Αργότερα κατά την υποβολή αίτησης για μαθήματα σε άλλα ιδρύματα ή θέσεις εργασίας σε εταιρείες, παρουσιάζουν το σήμα/ badge ως αντιπροσωπευτικό του πιστοποιητικού τους.

Τα εμβλήματα είναι ψηφιακά αντικείμενα που οι μαθητές μπορούν να επεξεργαστούν. Ως εκ τούτου, για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων, οι εκδίδουσες αρχές εισάγουν το hash του εκδοθέντος σήματος στο Blockchain κοινοπραξίας. Διατηρούν επίσης ένα αρχείο των διαπιστευτηρίων τους στα Solid rods με τους μαθητές να έχουν πρόσβαση σε αυτό. Μια οντότητα που επιθυμεί να επαληθεύσει μια συγκεκριμένη πιστοποίηση δεν χρειάζεται να μεταβεί στην αρχή έκδοσης. Και πάλι, τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και η ενοποιημένη ερώτηση μας βοηθούν να το επιτύχουμε. Ο επαληθευτής μπορεί να είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή η οποία επιδιώκει την πρόσβαση σε ένα Solid rod που έχει αποθηκευτεί αυτό το σήμα/badge. Το hash του σήματος/ badge συγκρίνεται με το hash που έχει αποθηκευτεί προηγουμένως από τον εκδότη του σήματος στο Blockchain. Εάν ταιριάζει, τότε ο εργοδότης γνωρίζει ότι το σήμα του σπουδαστή είναι έγκυρο (Mikroyannidis, Third and Domingue 2019).

Το επίπεδο επαλήθευσης επιλύει το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα (E2) της εργασίας. Με την αυτοματοποίηση της επαλήθευσης, με ένα κλικ του ποντικιού του ηλεκτρονικού τους υπολογιστή, επιτρέπεται πρώτα απ' όλα στους μαθητές, δηλαδή στους κατόχους των τίτλων, να επαληθεύουν τα διαπιστευτήριά τους και μετά και σε όποιον άλλο ενδιαφερόμενο γύρω από κάποιο προσόν κάποιου εκπαιδευόμενου, για παράδειγμα ενός εργοδότη, να σιγουρευτεί και να εξασφαλίσει την γνησιότητα αυτών χωρίς να ανατρέχει κάθε φορά στον εκδότη αυτών των προσόντων. Κάνουμε λόγο λοιπόν για ραγδαία μείωση χρόνου και κόστους τόσο για τους φοιτητές όσο και για όσους θα βρεθούν στη θέση οποιαδήποτε στιγμή να ελέγξουν τα διαπιστευτήριά τους.

### 3.3. το τρίτο ερευνητικό ερώτημα

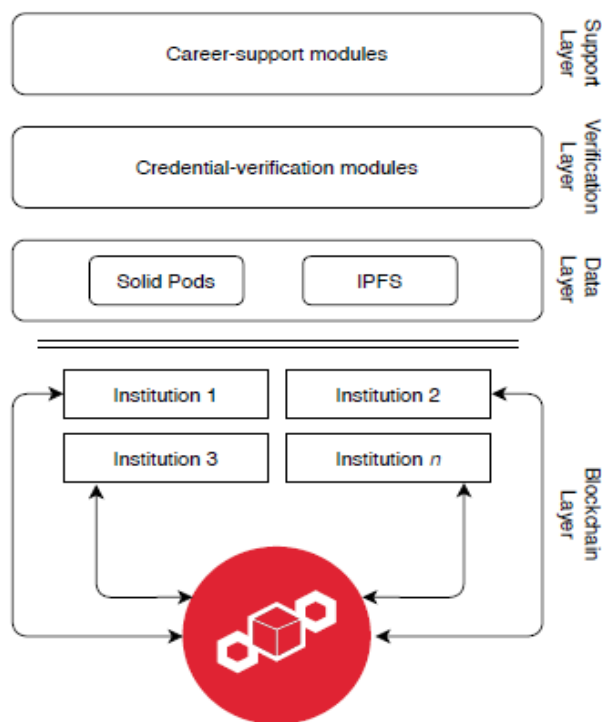
Το επίπεδο υποστήριξης ανοίγει το δρόμο τόσο για τα εκπαιδευτικά όσο και για τα μη εκπαιδευτικά ιδρύματα να συμμετέχουν στην παροχή υποστήριξης σταδιοδρομίας σε φοιτητές και δια βίου εκπαιδευόμενους. Αυτές οι υποστηρίξεις μπορούν να έρθουν με διάφορους

τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της πρότασης θέσεων εργασίας, μαθημάτων/σεμιναρίων ή ακόμα και παροχή αυτοματοποιημένων βιογραφικών σημειωμάτων (CVs).

Η αρχιτεκτονική μας, έδειξε ήδη τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα καθίστανται προσβάσιμα για τις εγκεκριμένες οντότητες του δικτύου μέσω των διασυνδεδεμένων δεδομένων και των ενοποιημένων μηχανών αναζήτησης. Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν να διεξάγουν έρευνες σχετικά με τη διαθέσιμη θέση εργασίας και τα προσόντα των αποφοίτων τους για να προσδιορίσουν την κατάλληλη απασχόληση γι' αυτούς. Οι πιθανοί εργοδότες μπορούν επίσης να επωφεληθούν από αυτήν την αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική, καθώς μπορούν να προκρίνουν τους πιθανούς υποψήφιους μόνοι τους μέσω επαληθευμένης αντιστοίχισης προσόντων. Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν επιπλέον να προτείνουν μαθήματα στους σπουδαστές με βάση τα προσόντα που δεν διαθέτουν αλλά αν τα αποκτούσαν θα τους βοηθούσαν να βρουν τις θέσεις εργασίας που προτιμούν. Τα ιδρύματα και οι εμπορικές εταιρείες που παρέχουν υποστήριξη ανθρώπινου δυναμικού μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα για να προσφέρουν στους σπουδαστές έξυπνα βιογραφικά όπου τα επαληθευμένα διαπιστευτήρια και οι πληροφορίες εργασίας θα προσαρτώνται αυτόματα.

Το επίπεδο υποστήριξης επιλύει το τρίτο ερευνητικό μας ερώτημα (E3). Σε ένα κεντρικό και απομονωμένο σύστημα, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα δεν μπορούν να δουν ποια προσόντα έχουν επιπλέον οι σπουδαστές τους. Σε αυτή την προτεινόμενη αρχιτεκτονική, τα ιδρύματα το κάνουν, ανοίγοντας δεδομένα σε εγκεκριμένα μέρη. Το ανθρώπινο κεφάλαιο αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή δύναμης για το εκπαιδευτικό οικοδόμημα και το να καταφέρει να αποτελέσει συστηματικό αρωγό και πυλώνα στην προσπάθεια των σπουδαστών για εξέλιξη μέχρι το τέλος θα έπρεπε να αποτελεί το μεγαλύτερο στοίχημα. Ως εκ τούτου, ανοίγοντας τους ορίζοντές τους με αυτό τον τρόπο, τα ιδρύματα που αποτελούν γρανάζια του συστήματος της εκπαίδευσης, μπορούν το λιγότερο να καταλήξουν σε προτάσεις για θέσεις εργασίας και μαθήματα με μεγαλύτερη ακρίβεια για τους συμμετέχοντες προσφέροντας έτσι πιθανές λύσεις σε μεγάλους προβληματισμούς των σπουδαστών καθώς και κάποια σιγουριά, ασφάλεια και αυτοπεποίθηση σε όλους τους εμπλεκόμενους.

Στην αποκέντρωση του εκπαιδευτικού τοπίου, προτείνουμε μια αρχιτεκτονική τεσσάρων στρωμάτων, όπου το Blockchain αποτελεί το πρώτο στρώμα από κάτω. Η σχεδίαση περιλαμβάνει τρία άλλα επίπεδα πάνω από το στρώμα του Blockchain, δηλαδή το επίπεδο δεδομένων, το επίπεδο επαλήθευσης και το επίπεδο υποστήριξης (Mikroyannidis 2020). Η Εικόνα 3 δείχνει την αρχιτεκτονική και τη διάταξη των επιπέδων στο σχεδιαστικά.



Εικόνα 3: Πηγή: Chowdhury, Ramachandran, Third Allan, Mikroyannidis, Bachler and Domingue (2020)

## Επίλογος

Για τους ερευνητές, το blockchain έχει εξαιρετικές δυνατότητες να εφαρμοστεί ευρέως στην εκπαίδευση. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί πολύ λίγες έρευνες. Θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να μελετηθούν πιο προσεκτικά θέματα όπως, ποιες ευκαιρίες μπορούν να προσφερθούν για την εκπαιδευτική εξέλιξη.

Για τους προγραμματιστές, αυτές οι δημιουργικές ιδέες είναι μόνο τα πρώτα βήματα της εφαρμογής του blockchain στην εκπαίδευση. Είναι εξίσου σημαντικό κομμάτι η ανάπτυξη εκπαιδευτικών πλατφορμών και λογισμικού, το οποίο δημιουργεί προκλήσεις για τους προγραμματιστές. Πώς να δημιουργήσουμε μια πλατφόρμα blockchain που να ανταποκρίνεται στις εξατομικευμένες ανάγκες των χρηστών; Πώς να συνδυάσουμε το hardware/υλικό του υπολογιστή με το blockchain για να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον απόκτησης και εγγραφής δεδομένων; Πώς να διατηρήσουμε τον τεράστιο όγκο δεδομένων εκπαιδευτικών συναλλαγών και να ενσωματώσουμε την τεχνολογία blockchain στα υπάρχοντα εκπαιδευτικά εργαλεία και συστήματα;

Για τους εκπαιδευτικούς, μερικά οφέλη από την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain για το σχεδιασμό έξυπνων μαθησιακών δραστηριοτήτων είναι ότι οι έξυπνες αυτές μαθησιακές δραστηριότητες λόγω της τεχνολογίας μπορούν να είναι και να παραμείνουν ασφαλείς, αυθεντικές και ανιχνεύσιμες. Αυτό το χαρακτηριστικό διαφάνειας είναι ένα ισχυρό τοίχος

προστασίας για τους εκπαιδευτικούς που κάνουν καλή δουλειά. Επιπλέον, η διοίκηση των ιδρυμάτων σχετικά με την αξιολόγηση της απόδοσης των διδασκόντων θα πρέπει επίσης να αλλάξει ώστε να αγκαλιάσει αυτήν τη νέα τεχνολογία (Guang Chen, Bing Xu, Manli Lu and Nian-Shing Chen 2018).

Η υλοποίηση της ασφάλειας, του απορρήτου, της εμπιστοσύνης και της ισότητας του 21ου αιώνα μπορεί να υλοποιηθεί με την τεχνολογία blockchain. Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα οφείλουν στους σπουδαστές τους να φτάσουν σε μία συνεργασία, όπου σε ένα αποκεντρωμένο εκπαιδευτικό τοπίο, τα ίδια δεν θα χάσουν την ατομικότητά τους αλλά θα συνεργαστούν ώστε να μοιράζονται τη διδασκαλία τους και τα διαπιστευτήριά τους λύνοντας έτσι πολλά προβλήματα τόσο της εκπαιδευτικής κοινότητας όσο και του εργασιακού περιβάλλοντος. Καταληκτικά τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς, το blockchain έχει μεγάλες πιθανές εφαρμογές στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό, την καταγραφή συμπεριφορών και την ανάλυση καθώς και τη διαμορφωτική αξιολόγηση. Ταυτόχρονα, φέρνει νέες προκλήσεις και ευκαιρίες σε ερευνητές, προγραμματιστές και εκπαιδευτικούς.

### Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Broggi, J. D., Gallagher, M. A., Lilly, J., Duquette, J., Nimura, C., Pattenden, M., Richter, F., Arbide, L. S. M. N., Avin, S., Kelley, K., Lidova, M., Rodríguez-Pérez, D., Slater, G. & Winkler, A. (2018) Woolf - Building the first Blockchain University. <https://woolf.university/assets/doc/whitepaper.pdf>
- Buterin, V. (2013). Ethereum white paper. *GitHub repository*, 1, 22-23. Retrieved from: [http://kryptosvet.eu/wp-content/uploads/2021/05/ethereum-whitepaper-kryptosvet.eu\\_.pdf](http://kryptosvet.eu/wp-content/uploads/2021/05/ethereum-whitepaper-kryptosvet.eu_.pdf)
- Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N. S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 5(1), 1-10.
- Domingue, J., Third, A., & Ramachandran, M. (2019, May). The FAIR TRADE framework for assessing decentralised data solutions. In *Companion Proceedings of The 2019 World Wide Web Conference* (pp. 866-882).
- Grech, A. and Camilleri, A. F. (2017) *Blockchain in Education*. Inamorato dos Santos, A. (ed.) EUR 28778 EN; doi:10.2760/60649
- Kraft, D. (2016). Difficulty control for blockchain-based consensus systems. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 9(2), 397-413.
- Mikroyannidis, A. (2020). Blockchain Applications in Education: A Case Study in Lifelong Learning. Retrieved from: <https://oro.open.ac.uk/69593/1/QualiChain%20paper%20camera%20ready.pdf>
- Mikroyannidis, A., Domingue, J., Bachler, M., & Quick, K. (2018). A learner-centred approach for lifelong learning powered by the blockchain. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 1388-1393). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

- Mikroyannidis, A., Third, A., Domingue, J. (2019). Decentralising online education using blockchain technology. In: *The Online, Open and Flexible Higher Education Conference: Blended and online education within European university networks*, 16-18 Oct 2019, UNED, Madrid.
- Mikroyannidis, A., Third, A., Chowdhury, N., Bachler, M., Domingue, J. (2020). Supporting Lifelong Learning with Smart Blockchain Badges. *International Journal On Advances in Intelligent Systems*, 13(3 & 4) pp. 163–176.
- Nakamoto, S. (2008). A peer-to-peer electronic cash system. *Bitcoin*.—URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Nakamoto, S. Bitcoin: Ένα Peer-to-Peer Ηλεκτρονικό Σύστημα Μετρητών. [https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin\\_gr.pdf](https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_gr.pdf)
- Salagiannis, D., Salagiannis, G., Armakolas, S., Mikroyannidis, A., (2021) Blockchain Technology in education and the new perspectives, International Conference in Open and Distance Learning. (Forthcoming)
- Sharples, M., & Domingue, J. (2016, September). The blockchain and kudos: A distributed system for educational record, reputation and reward. In *European conference on technology enhanced learning* (pp. 490-496). Springer, Cham. . Retrieved from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45153-4\\_48](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45153-4_48)
- Schmidt, M., Meier, M., & Lausen, G. (2010, March). Foundations of SPARQL query optimization. In *Proceedings of the 13th International Conference on Database Theory* (pp. 4-33).
- Third, A., & Domingue, J. (2017a). LinkChains: Exploring the space of decentralised trustworthy Linked Data. Retrieved from: <http://oro.open.ac.uk/52928/1/Untitled.pdf>
- Tschorsch, F., & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 2084-2123.
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. *PloS one*, 11(10), e0163477.
- Πιτσαρής Χρήστος (2019): *Ο ρόλος των κρυπτονομισμάτων στο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Μεταπτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Ανακτήθηκε από <https://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/22693>*

## Ιστοσελίδες

- "Double-spending." <https://en.wikipedia.org/wiki/Doublespending> (Accessed November 2020)
- "Cryptographic hash function." [https://simple.wikipedia.org/wiki/Cryptographic\\_hash\\_function](https://simple.wikipedia.org/wiki/Cryptographic_hash_function) (Accessed November 2020)