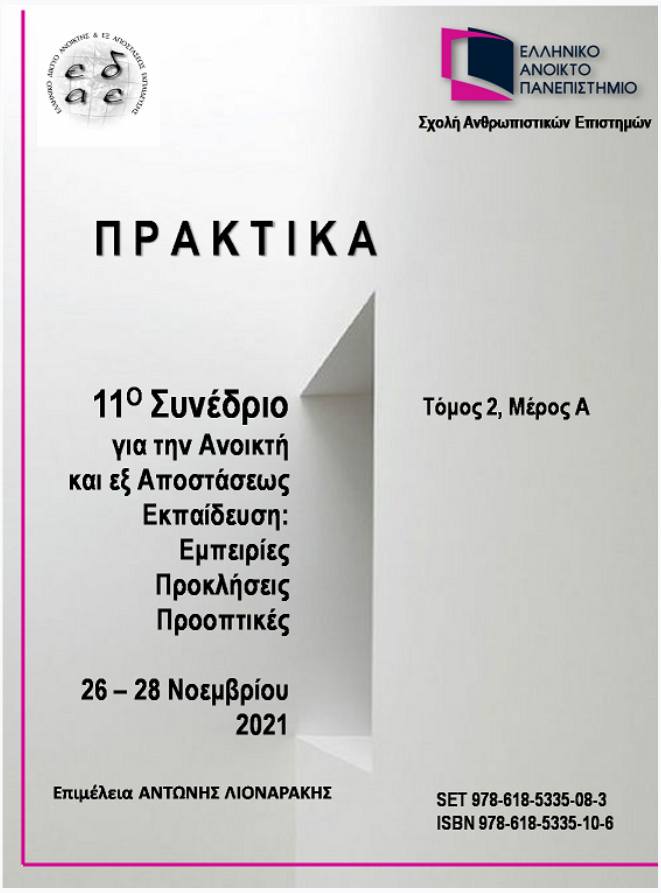
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 11, Αρ. 2Α (2022)



Η Τεχνολογία Blockchain στην εκπαίδευση και οι νέες προοπτικές (Blockchain technology in education and the new perspectives)

Δημοσθένης Σπυρίδων Σαλαγιάννης, Γρηγόρης Σπυρίδων Σαλαγιάννης, Στέφανος Αρμακόλας, Αλέξανδρος Μικρογιαννίδης

doi: 10.12681/icodl.3442

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 16/01/2026 14:12:39

Η Τεχνολογία Blockchain στην εκπαίδευση και οι νέες προοπτικές

Blockchain technology in education and the new perspectives

Δημοσθένης Σαλαγιάννης
Εκπαιδευτικός Πληροφορικής
salagiannis@ceid.upatras.gr

Γρηγόρης Σαλαγιάννης
Εκπαιδευτικός Πληροφορικής
gsalagiannis@ceid.upatras.gr

Στέφανος Αρμακόλας
ΕΔΙΠ Πανεπιστήμιο Πατρών
stefarmak@upatras.gr

Αλέξανδρος Μικρογιαννίδης
Open University
alexander.mikroyannidis@open.ac.uk

Abstract
Blockchain ("chain of blocks" or "chain blocks", "distribution chain technology", "chain of notifications") is a new technology presented as a public, distributed series of data, grouped together in time numbered "sections", "blocks" which could not change its history. This technology can be applied to a number of additional areas of human activity. We would refer to the counting of votes, education, health, preservation and transparency of historical, cultural, budgetary and other records, certification of products and services, social networks, banking, insurance, construction sectors, including in reporting transparency as demonstrated. The purpose of this work is to see whether the Blockchain technology is popular in education.

Keywords: *Blockchain, Education, Decentralization, Lifelong Learning, Accreditation, Verification, Badges*

Περίληψη
Blockchain («αλυσίδα μπλοκ» ή «μπλοκ αλυσίδας», «αλυσίδα συστοιχιών», «τεχνολογία κατανεμημένης εγγραφής», «αλυσίδα ομάδων συναλλαγών», «αλυσίδα κοινοποιήσεων»), είναι μια νέα τεχνολογία η οποία παρουσιάζεται ως μία δημόσια, διανεμημένη σειρά δεδομένων, ομαδοποιημένων σε χρονικά αριθμημένα «τμήματα», «συστοιχίες» (blocks) μη δυνατόν να τροποποιηθεί το ιστορικό της,. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πλήθος επιπλέον περιοχών της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ενδεικτικά θα λέγαμε στην καταμέτρηση ψήφων, στην παιδεία, στην υγεία, στην διαφύλαξη και διαφάνεια ιστορικών, πολιτιστικών, δημοσιονομικών και άλλων αρχείων, στην πιστοποίηση προϊόντων και υπηρεσιών, στα κοινωνικά δίκτυα, στους τραπεζικούς, ασφαλιστικούς, κατασκευαστικούς τομείς, ακόμη και στην ειδησεογραφική διαφάνεια όπως έχει αποδειχθεί. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δούμε κατά πόσο βρίσκει απήχηση η τεχνολογία Blockchain στην εκπαίδευση.

Λέξεις-κλειδιά: *Blockchain, Εκπαίδευση, Δια βίου Εκπαίδευση/Μάθηση, Πιστοποίηση, Διαπίστευση, Αποκέντρωση, Badges*

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.

Θεωρητικό πλαίσιο

Υπάρχει ένας τυπικός ορισμός της τεχνολογίας Blockchain ο οποίος γενικά είναι αποδεκτός. Πολλοί χρησιμοποιούν το Bitcoin ως σημείο εκκίνησης, εξηγώντας την τεχνολογία Blockchain από την πρώτη εφαρμογή της, που είναι τα κρυπτονομίσματα και πιο συγκεκριμένα το Bitcoin (Nakamoto, 2008). Ωστόσο, υπάρχουν συστήματα που δεν περιγράφονται με ολοκληρωμένο τρόπο από αυτόν τον ορισμό και αυτά εξακολουθούν να είναι ταξινομημένα ως μπλοκ αλυσίδων (blockchains). Ένας εναλλακτικός 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, Scheuermannc, 2016).

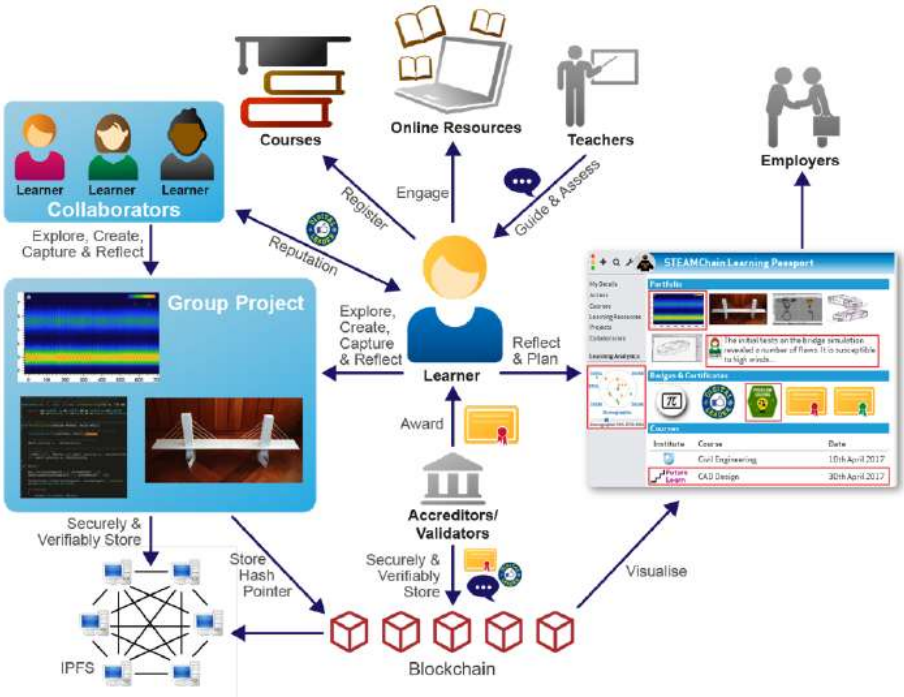
Το Blockchain συνεπώς είναι ένας συγκεκριμένος τύπος κατανεμημένου καθολικού, όπου ένας συνεχώς αυξανόμενος κατάλογος εγγραφών, που ονομάζεται μπλοκ, συνδέεται μεταξύ τους για να σχηματίσει μια αλυσίδα - εξ ου και ο όρος «Blockchain». Το πρώτο Blockchain σχεδιάστηκε ως βάση για το Bitcoin, το πιο διάσημο κρυπτο-νόμισμα με βάση το Blockchain (Nakamoto 2008). Η κύρια ιδέα πίσω από το Bitcoin ήταν να δημιουργηθεί ένα νόμισμα ειδικά για το Διαδίκτυο αντί (όπως συμβαίνει σε όλα τα νομίσματα) να σχεδιαστεί ένα φυσικό νόμισμα για την παγκόσμια επικοινωνία.

Το πρώτο ζήτημα που προκύπτει με τα νομίσματα του Διαδικτύου είναι αυτό που ονομάζεται «πρόβλημα διπλής δαπάνης». Αυτό συμβαίνει όταν ένα ψηφιακό «νόμισμα» ξοδεύεται, από ένα άτομο, για κάποια υπηρεσία ή αγαθό και στη συνέχεια το ίδιο νόμισμα ξοδεύεται ξανά από το ίδιο άτομο αντιγράφοντας ή αναπαράγοντας τα σχετικά δεδομένα (Mikroyannidis, Third, Chowdhury, Bachler, Dominge, 2020). Το Blockchain αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα παρέχοντας ένα αμετάβλητο δημόσιο

καθολικό όλων των ιστορικών συναλλαγών. Μόλις υποβληθεί σε επεξεργασία και αποθηκευτεί σε ένα μπλοκ μια συναλλαγή δεν μπορεί να αλλάξει ακόμη και από τους κατόχους συναλλαγών.

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 ομοίους 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. Λόγω του σχετικού κόστους, μεγάλα αρχεία δεδομένων συνήθως δεν αποθηκεύονται στο Blockchain. Συνήθως, τα μεγάλα αρχεία αποθηκεύονται αλλού (εκτός αλυσίδας) και αναφερόμαστε σε αυτά χρησιμοποιώντας ένα κρυπτογραφικό κατακερματισμό

(hash). Στο μοντέλο που απεικονίζεται στην Εικόνα 1, προτείνουμε τη χρήση του IPFS (Interplanetary File System) για την αποθήκευση των εγγράφων των εκπαιδευόμενων. Αυτή η λύση μειώνει το κόστος αποθήκευσης και, ταυτόχρονα, επιτρέπει την επαλήθευση της εγκυρότητας ενός εγγράφου.
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. Το Blockchain Smart Contracts θα χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση των εγγραφών και των πληρωμών, αυτοματοποιώντας έτσι τις διοικητικές διαδικασίες και μειώνοντας τα γενικά έξοδα. Η πλατφόρμα θα είναι ανοιχτή για μεμονωμένους ακαδημαϊκούς και ακαδημαϊκά ιδρύματα να συμμετάσχουν και να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στους εκπαιδευόμενους.

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, 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.
Ο Παγκόσμιος Ιστός είναι πανταχού παρόν και παρέχει μία από τις βασικές διεπαφές για τον άνθρωπο να αλληλεπιδρά με ψηφιακά δεδομένα. Συνδυάζοντας τεχνολογίες ειδικά από τον Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web) με το Blockchain, το προκύπτον Σημασιολογικό Blockchain έχει τη δυνατότητα να προωθήσει εξαιρετικά διαλειτουργικά και αξιόπιστα δεδομένα, με σημαντικές εφαρμογές στην εκπαίδευση (Mikroyannidis, Third, and Domingue, 2019).
Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια συλλογή τεχνολογιών και προτύπων για τη δημοσίευση και την χρήση δεδομένων που μπορούν να ερμηνευθούν από μηχανές σε κλίμακα Παγκόσμιου Ιστού και σύμφωνα με το αποκεντρωμένο μοντέλο δημοσίευσης αυτού. Συγκεκριμένα, τα Συνδεδεμένα Δεδομένα, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούν το μοντέλο δεδομένων RDF(Resource Description Framework), προορίζεται να χρησιμεύσει ως πρότυπο για αυτο-περιγραφόμενα δεδομένα ιστού, που εγκλείονται από τις αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων:

1. Χρήση URI (Uniform Resource Identifier) σαν ονόματα για πράγματα
2. Χρήση HTTP URI ώστε να μπορούν να αναζητήσουν αυτά τα ονόματα
3. Όταν κάποιος ψάχνει ένα URI, να παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες χρησιμοποιώντας τα πρότυπα (RDF, SPARQL)

4. Να συμπεριλαμβάνονται σύνδεσμοι σε άλλα URI, ώστε να μπορούν να ανακαλυφθούν περισσότερα πράγματα

Χρησιμοποιώντας κοινά λεξιλόγια ή οντολογίες - έγγραφα Ιστού που μπορούν να δημιουργήσουν κοινά URI για κοινές έννοιες και σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ τους - τα Συνδεδεμένα Δεδομένα μπορούν να δημοσιευθούν με τέτοιο τρόπο ώστε η έννοια των δεδομένων από ανεξάρτητες πηγές να μπορεί να ερμηνευτεί από άνθρωπο ή λογισμικό χωρίς ιδιαίτερη ανάγκη για χειροκίνητη σύνδεση των δεδομένων. Οι πρόσφατες εξελίξεις στο Σημασιολογικό Ιστό περιλαμβάνουν την εμφάνιση αποκεντρωμένων "κέντρων δεδομένων" σε λογισμικό όπως το Solid, από τον Sir Tim Berners-Lee, το οποίο στοχεύει στην οικοδόμηση ενός "φιλικού προς τον χρήστη" Ιστό, υποστηρίζοντας εν μέρει την ατομική φροντίδα και τον έλεγχο των δικών σου δεδομένων. Οι επιπλέον εξελίξεις προς την κατεύθυνση του χρήστη όσον αφορά το Blockchain περιλαμβάνουν εργασίες για τον αυτοκαθορισμό της ταυτότητας (Baars, 2016): τεχνικές λύσεις που χρησιμοποιούν Blockchain για τη διαχείριση της ψηφιακής ταυτότητας με τέτοιο τρόπο που δίνει στους χρήστες τον έλεγχο της ηλεκτρονικής τους ταυτότητας χωρίς να χρειάζεται να αποθηκεύουν προσωπικές πληροφορίες σε τρίτους.

Η δύναμη του Σημασιολογικού Ιστού είναι να παρέχει ένα εύκολο πλαίσιο για το συνδυασμό δεδομένων από πολλαπλές πηγές. Οι εφαρμογές του Σημασιολογικού Ιστού στην εκπαίδευση περιλαμβάνουν τα Μεταδεδομένα Εκπαιδευτικού Αντικειμένου για τον ανάδειξη του ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού, Open Badges (από την έκδοση 1.1 και μετά, τα Open Badges είναι Συνδεδεμένα Δεδομένα), την οντολογία ESCO για την ανάδειξη δεξιοτήτων, ικανοτήτων και επαγγέλματος και Συνδεδεμένα Δεδομένα για την συγκέντρωση ευκαιριών απασχόλησης. Πρωτοβουλίες όπως αυτές επιτρέπουν νέες ευκαιρίες, ιδίως για τη διά βίου μάθηση.

Για παράδειγμα, ένα άτομο που σχεδιάζει τις μελλοντικές κινήσεις σταδιοδρομίας του θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τους πόρους των Linked Data (Συνδεδεμένων Δεδομένων) βασιζόμενο στις απαιτήσεις δεξιοτήτων των δημοσιεύσεων για θέσεις εργασίας και στο υπάρχον σύνολο προσόντων του για να προσδιορίσει αυτόματα εκπαιδευτικό υλικό και ευκαιρίες που θα ήταν χρήσιμες για το εκπαιδευτικό τους χαρτοφυλάκιο ώστε να φτάσουν στον επιθυμητό του στόχο (Mikroyannidis, Third and Domingue, 2019). Ωστόσο, το ζήτημα της εμπιστοσύνης γίνεται σημαντικό όταν λαμβάνονται δεδομένα από πολλαπλές ανεξάρτητες πηγές, ιδιαίτερα όταν είναι πολύτιμα. Λόγω όμως των συνεπειών στην καριέρα, στον τρόπο ζωής ή και στα ταξίδια ενός ατόμου από την εκπαιδευτική του ανέλιξη, υπάρχει και ισχυρό κίνητρο για απάτη, για παράδειγμα. Πώς πρέπει να γνωρίζουμε εάν μια συγκεκριμένη πηγή δεδομένων είναι αξιόπιστη όσον αφορά το περιεχόμενο και την ιστορία της;

Μπορούμε να διακρίνουμε διαφορετικά είδη εμπιστοσύνης αναφέροντας το παράδειγμα ενός τίτλου εκπαίδευσης. Προκειμένου να δεχθούμε έναν τίτλο ως ακριβή, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε από πού προέρχεται- από ποιο ίδρυμα, για παράδειγμα, για ποια εκπαιδευτική ευκαιρία και που εφαρμόζεται- την ταυτότητα του εκπαιδευόμενου και ότι ο τίτλος που παρουσιάζεται είναι ο ίδιος τίτλος που εκδόθηκε αρχικά. Εν συντομία, πρέπει να έχουμε εμπιστοσύνη στην προέλευση, στην ταυτότητα και στην ακεραιότητα (Mikroyannidis, Third and Domingue, 2019).

Η προέλευση των εκπαιδευτικών δεδομένων καλύπτει διάφορους παράγοντες (Mikroyannidis, Third, and Domingue, 2019). Αυτά περιλαμβάνουν: την ιστορία ενός εκπαιδευτικού υλικού ή της πιστοποίησης - πότε δημιουργήθηκε, ποιο ήταν το μαθησιακό πλαίσιο, τι ή ποιος το υποστηρίζει κ.ο.κ., η ταυτότητα των εκπαιδευομένων και των φορέων έκδοσης - είναι το πρόσωπο που παρουσιάζεται ή ισχυρίζεται ότι έχει αποτελέσει αντικείμενο κάποιων εκπαιδευτικών δεδομένων ενός

άλλου ατόμου, και τέλος η ακεραιότητα- μετά τη δημοσίευση, τα δεδομένα έχουν αλλοιωθεί με κάποιον τρόπο; έχει τροποποιηθεί ένας τίτλος ώστε να δείχνει ότι είναι υψηλότερου επιπέδου από αυτό που είναι στην πραγματικότητα;

Συμπεράσματα

Το Blockchain είναι ουσιαστικά μια τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού, η οποία χρησιμοποιεί τις τεχνικές κρυπτογράφησης και τους κατανεμημένους αλγόριθμους συναίνεσης για τη δημιουργία των χαρακτηριστικών της αποκέντρωσης, της ιχνηλασιμότητας, της μεταβλητότητας και των ιδιοτήτων των νομισμάτων. Οι νομισματικές ιδιότητες έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν πολλές καινοτόμες εφαρμογές για την εκπαίδευση. Για παράδειγμα, συνειδητοποιώντας πως «μαθαίνοντας κερδίζεις», η τεχνολογία blockchain μπορεί να ενισχύσει το κίνητρο των μαθητών. Μπορεί να αποθηκεύσει ένα πλήρες, αξιόπιστο σύνολο αρχείων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών και των αποτελεσμάτων σε τυπικά και άτυπα περιβάλλοντα μάθησης. Μπορεί επίσης να καταγράψει τις διδακτικές συμπεριφορές και την απόδοση των εκπαιδευτικών παρέχοντας έτσι μια αναφορά για την αξιολόγηση της διδασκαλίας. Με λίγα λόγια, 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.

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.

Βιβλιογραφικές αναφορές

A. Βιβλία, Papers, Documentations

Baars, D. S. (2016). *Towards self-sovereign identity using blockchain technology* (Master's thesis), University of Twente.

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. Retrieved from: 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

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

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*. Retrieved from: *https://bitcoin. org/bitcoin. pdf*.

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

Third, A., Domingue, J. (2017). LinkChains: Exploring the space of decentralised trustworthy Linked Data. In: *Decentralising the Semantic Web*, 28 Jul 2017, Vienna, Austria.

Third, A., Domingue, J. (2019). LinkChains: Trusted Personal Linked Data. In: *Blockchain-enabled Semantic Web*, 27 Oct 2019, Auckland, New Zealand, (In Press).

Tschorsch, F., & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *18*(3), 2084-2123.

B. Ιστοσελίδες

"Double-spending."https://en.wikipedia.org/wiki/Doublespending (Accessed November 2020)

"Cryptographic hash function." https://simple.wikipedia.org/wiki/Cryptographic_hash_function (Accessed November 2020)