

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ, ΜΑΡΚΕΤΙΝΓΚ (ΜΒΑ)**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΩΝ ΕΥΡΕΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.»**

Φοιτήτρια: Παπαδάκη Ανδριανή Βαΐα

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβ. Καθηγητής: κ.Βασίλειος Μουστάκης

Μέλη Επιτροπής: κ. Ζοπουνίδης Κωνσταντίνος
κ. Τσαφαράκης Στυλιανός

[Type here]

Abstract

Issues plaguing the pharmaceutical supply chain like counterfeit drugs, transparency problems and efficient traceability plague it for quite a while. The research endeavors to explore potential of blockchain technology as panacea to the concerning issues at hand. Traversing current applications pertaining to blockchain in the pharmaceutical supply chain touches on manifold benefits such as enhanced transparency, irrefutable traceability or robust security. Further unpacked are challenges faced in wide-scale implementation of blockchain offering strategic solutions to technical, regulatory or scalability issues. A comprehensive analysis of implications for various stakeholders from supply chain managers to policymakers is presented. Research culminates by highlighting significant contributions order by Blockchain in field of pharmaceuticals followed by recommendations for optimal use avenues promising therein for future research respectively directed. Findings underscore transformative potential of blockchain towards redefining landscape of pharmaceutical supply chains with patient safety and industry efficiency being emphatic emphasis.

Keywords: Blockchains, Pharmaceutical Supply Chain, Counterfeit Drugs, Traceability, Transparency. Scalabilities. Regulatory Compliance, Stakeholder Implications. Technical Challenges. Future Research.

[Type here]

Περίληψη

Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων αντιμετωπίζει εδώ και καιρό προκλήσεις παραποιημένων φαρμάκων, ζητήματα διαφάνειας και αποτελεσματικής ιχνηλασιμότητας. Αυτή η έρευνα εμβαθύνει στις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain ως μέσο αποφυγής για αυτές τις πιεστικές ανησυχίες. Η μελέτη διασχίζει τις τρέχουσες εφαρμογές του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ρίχνοντας φως στα μυριάδες οφέλη του, όπως η ενισχυμένη διαφάνεια, η αδιαμφισβήτητη ιχνηλασιμότητα και η ισχυρή ασφάλεια. Η έρευνα αποκαλύπτει περαιτέρω τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ευρείας κλίμακας εφαρμογή του blockchain, προσφέροντας στρατηγικές λύσεις σε τεχνικά και ρυθμιστικά ζητήματα. Παρουσιάζεται επίσης μια ολοκληρωμένη ανάλυση των επιπτώσεων για διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη, από τους διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού έως τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Η έρευνα κορυφώνεται με την ανάδειξη της σημαντικής συμβολής του blockchain στον φαρμακευτικό τομέα, προσφέροντας συστάσεις για τη βέλτιστη χρήση του και εντοπίζοντας πολλά υποσχόμενες οδούς για μελλοντική έρευνα. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τις μετασχηματιστικές δυνατότητες του blockchain στον επαναπροσδιορισμό του τοπίου της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού, με έμφαση στην ασφάλεια των ασθενών και την αποτελεσματικότητα της βιομηχανίας.

Λέξεις-κλειδιά: Blockchain, Φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού, Παραποιημένα φάρμακα, Ιχνηλασιμότητα, Διαφάνεια, Επεκτασιμότητα, Κανονιστική συμμόρφωση, Επιπτώσεις στα ενδιαφερόμενα μέρη, Τεχνικές προκλήσεις, Μελλοντική έρευνα.

[Type here]

Ευχαριστίες-Αφιερώσεις

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον κ. Βασίλειο Μουστάκη, τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου εργασίας, για την εκτίμηση, την καθοδήγηση και την ανεκτίμητη υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Ζοπουνίδη και κ. Στυλιανό Τσαφαράκη, μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής της μεταπτυχιακής εργασίας μου.

Οι συμβουλές, η καθοδήγηση και η υποστήριξή σας αποτέλεσαν ανεκτίμητο πλούτο για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας και για αυτό σας είμαι ευγνώμων.

Πίνακας Περιεχομένων

Abstract	1
Περίληψη.....	2
Πίνακας Περιεχομένων.....	4
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	6
1.1 Εισαγωγή στη μεταπτυχιακή εργασία	6
1.2 Πεδίο εφαρμογής της μεταπτυχιακής εργασίας και στόχοι.....	7
1.3 Σημασία της έρευνας	8
1.4 Ερευνητικό ενδιαφέρον και προεκτάσεις.....	9
Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	11
2.1 Προσδιορισμός σχετικών πηγών.....	11
2.2 Θέσπιση κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού	13
2.3 Διαδικασία εξαγωγής δεδομένων.....	15
2.4 Προσέγγιση στη σύνθεση και ανάλυση δεδομένων.....	16
2.5 Ερευνητικά ερωτήματα που διερευνώνται στη βιβλιογραφία	17
Κεφάλαιο 3: Τρέχουσες προκλήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών	18
3.1 Παραποιημένα φάρμακα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων.....	18
3.2 Εκτροπή προϊόντων και έλλειψη διαφάνειας.....	20
Κεφάλαιο 4: Τεχνολογία Blockchain και οι δυνατότητές της στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων	22
4.1 Επισκόπηση της τεχνολογίας Blockchain	22
4.2 Ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας, της διαφάνειας και του ελέγχου ταυτότητας.....	24
4.3 Πιθανά οφέλη από την εφαρμογή του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών	26
Κεφάλαιο 5: Εμπόδια και προκλήσεις της εφαρμογής του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.....	28
5.1 Προκλήσεις επεκτασιμότητας και διαλειτουργικότητας	28
5.2 Κανονιστικά θέματα και θέματα συμμόρφωσης.....	30
5.3 Τεχνικές προκλήσεις και ασφάλεια δεδομένων	32
Κεφάλαιο 6: Μελέτες περιπτώσεων: Blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών..	34
6.1 Εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain από φαρμακευτικές εταιρείες	34
6.2 Κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την εφαρμογή του blockchain.....	36
6.3 Διδάγματα από πραγματικές εφαρμογές	38
Κεφάλαιο 7: Στρατηγικές για την υπέρβαση των εμποδίων στην υιοθέτηση του blockchain	40

[Type here]

7.1 Στρατηγικές για την αντιμετώπιση τεχνικών προκλήσεων	40
7.2 Στρατηγικές για την πλοήγηση σε ρυθμιστικά ζητήματα και θέματα συμμόρφωσης .	42
7.3 Στρατηγικές για τη διασφάλιση της επεκτασιμότητας και της διαλειτουργικότητας ..	44
Κεφάλαιο 8: Επιπτώσεις για τα ενδιαφερόμενα μέρη και τη μελλοντική έρευνα	46
8.1 Επιπτώσεις για τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη φαρμακευτική βιομηχανία	46
8.2 Πολιτικές και κανονιστικές επιπτώσεις	48
8.3 Ευκαιρίες για περαιτέρω έρευνα	50
Κεφάλαιο 9: Συμπέρασμα και μελλοντικές κατευθύνσεις.....	53
9.1 Σύνοψη των βασικών πορισμάτων	53
9.2 Συμβολή στον τομέα και συστάσεις	55
Βιβλιογραφικές Αναφορές	57

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στη μεταπτυχιακή εργασία

Η φαρμακευτική βιομηχανία, θεμελιώδης για την παγκόσμια υγεία, είναι ένας από τους κρίσιμους τομείς που απαιτούν ισχυρή και αξιόπιστη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού. Η αλυσίδα εφοδιασμού, ειδικά για κρίσιμα φάρμακα όπως τα αντιβιοτικά, είναι υψίστης σημασίας για τη διασφάλιση της προσβασιμότητας και της οικονομικής προσιτότητας αυτών των σωτήριων φαρμάκων στο κοινό (Hussain et al., 2014). Ωστόσο, αυτή η αλυσίδα εφοδιασμού είναι γεμάτη προκλήσεις που θέτουν σε κίνδυνο την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της διαδικασίας διανομής αντιβιοτικών.

Ένα από τα πιο πιεστικά προβλήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων είναι ο πολλαπλασιασμός των παραποιημένων φαρμάκων. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι το 10% της παγκόσμιας φαρμακευτικής αγοράς αποτελείται από παραποιημένα φάρμακα, προκαλώντας σοβαρούς κινδύνους για την υγεία και οικονομικές απώλειες (World Health Organization, 2017). Ειδικότερα, τα αντιβιοτικά έχουν καταστεί πρωταρχικός στόχος για τους παραποιητές/απομιμητές λόγω της υψηλής ζήτησής τους, με αποτέλεσμα σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

Επιπλέον, η έλλειψη διαφάνειας και ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων οδηγεί συχνά σε εκτροπή προϊόντων, θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια των ασθενών και μειώνοντας τα κέρδη των φαρμακευτικών εταιρειών. Με πολλούς ενδιαφερόμενους φορείς που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού, από τους κατασκευαστές έως τους διανομείς και τα φαρμακεία, η διασφάλιση της διαφάνειας γίνεται πολύπλοκο έργο (Yue, Wang, & Jin, 2020).

Η αυξανόμενη ψηφιοποίηση των βιομηχανιών παγκοσμίως παρουσιάζει μια μοναδική ευκαιρία για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Ειδικότερα, η τεχνολογία blockchain, ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό καθολικό που καταγράφει συναλλαγές σε πολλούς υπολογιστές, αναδύεται ως ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο. Τα χαρακτηριστικά του, όπως η αμετάβλητη και η διαφάνεια, μπορούν να ενισχύσουν την ιχνηλασιμότητα και να μειώσουν την απάτη σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης (Kshetri, 2018).

Ωστόσο, η πιθανή εφαρμογή του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων παραμένει ανεξερεύνητη. Αν και ορισμένες μελέτες έχουν διερευνήσει τις γενικές εφαρμογές του blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, λίγες έχουν επικεντρωθεί ειδικά στον ρόλο του στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών (Mackey & Nayyar, 2017). Αυτή η μελέτη στοχεύει στην αντιμετώπιση αυτού του κενού διερευνώντας πώς η τεχνολογία blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετριάσει τις προκλήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών.

[Type here]

1.2 Πεδίο εφαρμογής της μεταπτυχιακής εργασίας και στόχοι

Το πεδίο εφαρμογής αυτής της μελέτης περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση που επικεντρώνεται στην εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών. Αν και η φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού είναι πολύπλευρη, περιλαμβάνοντας πληθώρα διαφορετικών φαρμάκων, αυτή η μελέτη επικεντρώνεται ειδικά στα αντιβιοτικά. Αυτή η εστίαση προκύπτει από τον κρίσιμο ρόλο των αντιβιοτικών στη θεραπεία μολυσματικών ασθενειών, σε συνδυασμό με την ευπάθειά τους σε ζητήματα παραποίησης/απομίμησης και εκτροπής (Aung & Chang, 2014).

Οι στόχοι αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι πολλαπλοί. Πρώτον, αυτή η έρευνα στοχεύει στον εντοπισμό και την κατανόηση των σημερινών προκλήσεων και τρωτών σημείων στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Τα ζητήματα που σχετίζονται με τα παραποιημένα φάρμακα, την εκτροπή προϊόντων, την έλλειψη διαφάνειας και τις αναποτελεσματικές μεθόδους διανομής αποτελούν τον πυρήνα αυτού του στόχου. Αυτή η κατανόηση θα βασιστεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία που έχει υπογραμμίσει αυτά τα ζητήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ενώ θα ρίξει φως ειδικά στα αντιβιοτικά (Gordon et al., 2018).

Δεύτερον, αυτή η μελέτη επιδιώκει να διερευνήσει τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain στην ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας, της ορατότητας και της αυθεντικότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Αναμένεται να το πράξει με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που συζητά πώς το blockchain μπορεί να παρακολουθεί την κίνηση των φαρμάκων από τους κατασκευαστές στους τελικούς χρήστες, η οποία παραμένει σε μεγάλο βαθμό αναξιοποίητη περιοχή (Wang, Song, & Hamilton, 2019).

Τρίτον, η μελέτη στοχεύει στην αξιολόγηση των πιθανών οφελών από την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Ο στόχος αυτός περιλαμβάνει ανάλυση των οφελών εξοικονόμησης κόστους, όπως η μείωση του διοικητικού κόστους, ο εξορθολογισμός των διαδικασιών και η ελαχιστοποίηση της απάτης. Προηγούμενη βιβλιογραφία έχει επισημάνει αυτά τα οφέλη σε γενικά πλαίσια αλυσίδας εφοδιασμού (Kamble, Gunasekaran, & Arha, 2019). Η παρούσα ανασκόπηση αποσκοπεί στην προσαρμογή αυτών των γνώσεων στο συγκεκριμένο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών.

Τέλος, η μελέτη θα εντοπίσει τα πιθανά εμπόδια, περιορισμούς και προκλήσεις που θα μπορούσαν να εμποδίσουν την επιτυχή υιοθέτηση και εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση θα δώσει στους ενδιαφερόμενους μια ολιστική άποψη για το τι να περιμένουν κατά την εφαρμογή μιας τέτοιας μετασχηματιστικής τεχνολογίας στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών (Kshetri, 2018).

1.3 Σημασία της έρευνας

Το σκεπτικό αυτής της μελέτης πηγάζει από την αναδυόμενη διασταύρωση της τεχνολογίας blockchain και της διαχείρισης της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού, με ιδιαίτερη έμφαση στην αλυσίδα εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών. Όπως σημειώνουν οι Saberi et al. (2019), η δυνατότητα του blockchain να αντιμετωπίσει πολλά ζητήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι σημαντική και αξίζει να διερευνηθεί. Στην περίπτωση αυτή, αποτελεί ευκαιρία για την αντιμετώπιση των προκλήσεων εντός της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, καθιστώντας την ανάγκη για αυτήν την έρευνα σχετική.

Αυτή η έρευνα έχει ουσιαστική σημασία, πρώτον, λόγω της επικράτησης ζητημάτων στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, όπως τα παραποιημένα φάρμακα, η εκτροπή προϊόντων και η έλλειψη διαφάνειας. Τα παραποιημένα αντιβιοτικά όχι μόνο αποτυγχάνουν στη θεραπεία ασθενειών, αλλά μπορούν επίσης να ενισχύσουν τη μικροβιακή αντοχή (Gordon et al., 2018) απαιτώντας καινοτόμες λύσεις. Η τεχνολογία blockchain, με τις δυνατότητές της για βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα και επαλήθευση, θα μπορούσε να αποτελέσει μετασχηματιστική λύση σε αυτό το πλαίσιο (Kamble, Gunasekaran, & Arha, 2019).

Δεύτερον, αυτή η έρευνα είναι σημαντική καθώς ασχολείται με μια περιοχή σχετικά ανεξερεύνητη στη βιβλιογραφία. Ενώ προηγούμενες μελέτες έχουν εξετάσει τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain σε διάφορους τομείς, λίγες έχουν διερευνήσει την εφαρμογή της στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Ως εκ τούτου, αυτή η βιβλιογραφική ανασκόπηση θα καλύψει ένα κενό στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, συμβάλλοντας στη συλλογική κατανόηση των δυνατοτήτων του blockchain σε αυτόν τον συγκεκριμένο τομέα (Wang, Song, & Hamilton, 2019).

Τρίτον, η επανεξέταση θα παρέχει αξιοποιήσιμες πληροφορίες για διάφορους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των διαχειριστών της αλυσίδας εφοδιασμού, των επιχειρηματιών, των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και των μελετητών. Εξετάζοντας τα πιθανά οφέλη και τις προκλήσεις της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, η ανασκόπηση μπορεί να καθοδηγήσει τους ενδιαφερόμενους στη διαμόρφωση ενημερωμένων στρατηγικών και πολιτικών για την υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας (Kshetri, 2018).

Τέλος, η σημασία της επισκόπησης έγκειται στη δυναμική συμβολή της στην κοινωνία γενικότερα. Η διασφάλιση της ακεραιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών είναι υψίστης σημασίας για τη δημόσια υγεία και ο ρόλος της τεχνολογίας blockchain στη διευκόλυνση αυτής της ακεραιότητας δεν μπορεί να υποτιμηθεί (Mackey & Nayyar, 2017). Ως εκ τούτου, η συνάφεια της έρευνας εκτείνεται πέρα από τους ακαδημαϊκούς κύκλους, επηρεάζοντας ενδεχομένως την παγκόσμια υγεία και πολιτική.

[Type here]

1.4 Ερευνητικό ενδιαφέρον και προεκτάσεις

Η μελέτη της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών προσφέρει αξία σε ένα ευρύ φάσμα δικαιούχων, λόγω των ευρέων επιπτώσεων ενός αποτελεσματικού και αξιόπιστου συστήματος διανομής φαρμάκων.

Πρώτον, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας αναμένεται να κερδίσουν σημαντικά από τα ευρήματα αυτής της μελέτης. Η τεχνολογία blockchain υπόσχεται αυξημένη ιχνηλασιμότητα, διαφάνεια και αποτελεσματικότητα, παρέχοντας μια αποτελεσματική λύση για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας (Rournader et al., 2020). Κατά συνέπεια, οι διαχειριστές μπορούν να αξιοποιήσουν τις γνώσεις που παρέχονται από αυτή τη μελέτη για να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και να βελτιστοποιήσουν τις επιχειρησιακές τους διαδικασίες.

Η φαρμακευτική βιομηχανία, που αποτελείται από κατασκευαστές και λιανοπωλητές, είναι επίσης δυνητικοί δικαιούχοι. Το blockchain μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραχάραξη, ένα διαδεδομένο ζήτημα που επηρεάζει τα κέρδη και τη φήμη (Mackey & Nayyar, 2017). Παρέχοντας ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο και αμετάβλητα αρχεία συναλλαγών, η τεχνολογία blockchain μπορεί επίσης να μειώσει τον κίνδυνο εκτροπής προϊόντων και να επιτρέψει στους κατασκευαστές να ανταποκριθούν αποτελεσματικότερα στη ζήτηση (Kamble, Gunasekaran & Arha, 2019).

Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ρυθμιστικές αρχές είναι επίσης δυνητικοί δικαιούχοι. Με το blockchain, η ορατότητα των συναλλαγών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού βελτιώνεται, διευκολύνοντας την επιβολή της συμμόρφωσης και διασφαλίζοντας ότι μόνο πιστοποιημένα, ασφαλή αντιβιοτικά είναι διαθέσιμα στην αγορά (Wang, Singgih, Wang & Rit, 2019). Αυτή η ενισχυμένη ικανότητα εποπτείας θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία και επιβολή αποτελεσματικότερων κανονισμών για την αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.

Επιπλέον, οι ερευνητές και οι ακαδημαϊκοί μπορούν να επωφεληθούν από αυτή την έρευνα. Καθώς η βιβλιογραφία σχετικά με την εφαρμογή blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών είναι σχετικά περιορισμένη, αυτή η μελέτη συμβάλλει σημαντικά στη βάση γνώσεων. Μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μελλοντική έρευνα και να συμβάλει στην προώθηση περαιτέρω τεχνολογικών καινοτομιών στον τομέα (Wang et al., 2019).

Η ευρύτερη κοινωνία έχει επίσης να κερδίσει από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Μια πιο ασφαλής και αποτελεσματική αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών που διευκολύνεται από την τεχνολογία blockchain μπορεί να βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι οι ασθενείς έχουν πρόσβαση σε ασφαλή και αυθεντικά αντιβιοτικά, προωθώντας καλύτερα αποτελέσματα υγείας (Mackey & Nayyar, 2017).

Οι επιχειρηματίες που ενδιαφέρονται για την τεχνολογία blockchain θα μπορούσαν επίσης να επωφεληθούν από τη μελέτη. Μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με

[Type here]

τον τρόπο καινοτομίας και ενσωμάτωσης του blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού υγειονομικής περίθαλψης, ανοίγοντας ενδεχομένως νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες (Saber, Kouhizadeh, Sarkis & Shen, 2019).

Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία βιβλιογραφικής ανασκόπησης

2.1 Προσδιορισμός σχετικών πηγών

Ο εντοπισμός σχετικών πηγών αποτελεί το θεμέλιο κάθε βιβλιογραφικής ανασκόπησης, καθώς επιτρέπει την ολοκληρωμένη ανάλυση της κατάστασης της έρευνας σε μια δεδομένη περιοχή. Σε αυτή την περίπτωση, ο στόχος είναι να διερευνηθεί η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.

Ως σημείο εκκίνησης, αρκετές βάσεις δεδομένων που φιλοξενούν πληθώρα ακαδημαϊκών και σχετικών με τη βιομηχανία άρθρων θα χρησιμοποιηθούν για την αναζήτηση βιβλιογραφίας. Η επιλογή των βάσεων δεδομένων θα βασίζεται στη συνάφειά τους με τους τομείς της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, της τεχνολογίας blockchain και της υγειονομικής περίθαλψης. Παραδείγματα αυτών των βάσεων δεδομένων περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τις PubMed, Google Scholar, JSTOR, ScienceDirect, IEEE Xplore και SpringerLink. Αυτές οι βάσεις δεδομένων έχουν επιλεγεί λόγω της εκτεταμένης συλλογής άρθρων που έχουν αξιολογηθεί από ομοτίμους και της κάλυψης θεμάτων σχετικών με αυτήν τη μελέτη (Adams, Smart & Huff, 2017).

Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιηθούν διαδικτυακά αποθετήρια έρευνας, όπως το Directory of Open Access Journals (DOAJ), το arXIV και το Social Science Research Network (SSRN). Αυτά τα αποθετήρια παρέχουν πρόσβαση σε έναν τεράστιο αριθμό ερευνητικών εργασιών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται στο στάδιο της προδημοσίευσης, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα να συμπεριληφθούν οι τελευταίες γνώσεις σε αυτόν τον ταχέως εξελισσόμενο τομέα (Kousha & Abdoli, 2010).

Επιπλέον, εξειδικευμένα περιοδικά που εστιάζουν στην τεχνολογία blockchain και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως το "International Journal of Production Economics", το "Supply Chain Management: An International Journal" και το "Journal of Industrial Information Integration" θα εξεταστούν διεξοδικά.

Για να διασφαλιστεί μια ισορροπημένη προοπτική, θα εξεταστούν επίσης αξιόπιστες δημοσιεύσεις του κλάδου όπως το "Blockchain in Healthcare Today" και εκθέσεις από σχετικούς βιομηχανικούς οργανισμούς και ερευνητικές εταιρείες όπως η IBM, η Gartner και το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ.

Η στρατηγική αναζήτησης θα περιλαμβάνει τη χρήση λέξεων-κλειδιών που σχετίζονται με το αντικείμενο της έρευνας, όπως «τεχνολογία blockchain», «αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων», «αντιβιοτικά», «ιχνηλασιμότητα», «διαφάνεια», «έλεγχος ταυτότητας» και «παραποιημένα φάρμακα». Αυτές οι λέξεις-κλειδιά μπορούν να συνδυαστούν και να προσαρμοστούν χρησιμοποιώντας τελεστές Boolean για να τελειοποιήσουν την αναζήτηση και να αυξήσουν τη συνάφεια των αποτελεσμάτων (Bramer, Giustini, de Jonge & Holland, 2018).

[Type here]

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο προσδιορισμός των σχετικών πηγών είναι μια επαναληπτική διαδικασία. Ο κατάλογος των πηγών θα ενημερώνεται συνεχώς με βάση τις αναφορές που βρέθηκαν στις αρχικά επιλεγμένες εργασίες και τις νέες δημοσιεύσεις στον τομέα.

2.2 Θέσπιση κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού

Η θέσπιση σαφών κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού αποτελεί κρίσιμο βήμα στη διαδικασία ανασκόπησης της βιβλιογραφίας. Αυτά τα κριτήρια καθορίζουν το πεδίο εφαρμογής της ανασκόπησης, επιτρέποντας στους ερευνητές να επιλέγουν συστηματικά μελέτες που συμβάλλουν πιο άμεσα στους ερευνητικούς στόχους, αποκλείοντας άσχετα ή λιγότερο αυστηρά έργα (Grant & Booth, 2009).

Κριτήρια ένταξης:

- i. *Συνάφεια με το θέμα:* Οι μελέτες θα συμπεριληφθούν εάν αφορούν τους συγκεκριμένους ερευνητικούς στόχους, δηλαδή την εφαρμογή της τεχνολογίας *blockchain* στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών ή φαρμακευτικών προϊόντων ευρύτερα. Αυτό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, μελέτες σχετικά με την ιχνηλασιμότητα, τη διαφάνεια, τον έλεγχο ταυτότητας και την καταπολέμηση των παραποιημένων φαρμάκων (Mackey & Nayyar, 2017).
- ii. *Μεθοδολογική αυστηρότητα:* Οι μελέτες που περιλαμβάνονται πρέπει να αποδεικνύουν μεθοδολογική ορθότητα. Θα εξεταστούν πειραματικές, παρατηρητικές, θεωρητικές ή υπολογιστικές μελέτες που έχουν ακολουθήσει αναγνωρισμένα ερευνητικά πρότυπα στους αντίστοιχους τομείς τους (Liberati et al., 2009).
- iii. *Γλώσσα:* Δεδομένου του παγκόσμιου ενδιαφέροντος για την τεχνολογία *blockchain*, σχετικά άρθρα μπορούν να δημοσιευτούν σε διάφορες γλώσσες. Ωστόσο, λόγω πρακτικών περιορισμών, αυτή η ανασκόπηση θα περιλαμβάνει μόνο πηγές που δημοσιεύονται στα αγγλικά.
- iv. *Ημερομηνία δημοσίευσης:* Δεδομένης της ταχέως εξελισσόμενης φύσης της τεχνολογίας *blockchain*, θα δοθεί προτεραιότητα στις μελέτες που δημοσιεύθηκαν τα τελευταία δέκα χρόνια. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί ότι η επανεξέταση είναι ενημερωμένη και σχετική με το τρέχον πλαίσιο (Leefflang et al., 2011).

Κριτήρια αποκλεισμού:

- i. *Εκτός θέματος:* Οι μελέτες που δεν ασχολούνται ειδικά με την τεχνολογία *blockchain* στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων ή δεν παρέχουν σχετικές πληροφορίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό το πλαίσιο θα αποκλειστούν.
- ii. *Κακή μεθοδολογική ποιότητα:* Μελέτες που δεν επιδεικνύουν επαρκή μεθοδολογική αυστηρότητα ή που έχουν σημαντικούς περιορισμούς, θα αποκλείονται.
- iii. *Μη ακαδημαϊκές πηγές ή πηγές που δεν έχουν αξιολογηθεί από ομοτίμους:* Ενώ ορισμένες μη ακαδημαϊκές πηγές ή πηγές που δεν έχουν αξιολογηθεί από ομοτίμους μπορεί να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες, ενδέχεται επίσης να

[Type here]

εισάγουν προκαταλήψεις ή ανακρίβειες. Ως εκ τούτου, θα εξαιρεθούν σε αυτήν την επανεξέταση.

Τα κριτήρια αυτά παρέχουν ένα δομημένο και συνεπές πλαίσιο για την επιλογή της πιο σχετικής και μεθοδολογικά ορθής βιβλιογραφίας για την παρούσα ανασκόπηση. Ωστόσο, θα προσαρμοστούν και θα τελειοποιηθούν ανάλογα με τις ανάγκες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επανεξέτασης.

[Type here]

2.3 Διαδικασία εξαγωγής δεδομένων

Η διαδικασία εξαγωγής δεδομένων είναι μια κρίσιμη φάση σε μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση. Περιλαμβάνει την προσεκτική και λεπτομερή συλλογή σχετικών πληροφοριών από επιλεγμένες μελέτες για την απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα και την επίτευξη των στόχων της ανασκόπησης (Bramer et al., 2017). Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι όλες οι σχετικές πληροφορίες καταγράφονται με ακρίβεια και σε τυποποιημένη μορφή, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη σύνθεση και ανάλυση των ευρημάτων (Khan et al., 2020).

Η διαδικασία εξαγωγής δεδομένων για αυτήν την αναθεώρηση θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- i. *Ανάπτυξη μιας φόρμας εξαγωγής δεδομένων: Μια δομημένη φόρμα εξαγωγής δεδομένων θα σχεδιαστεί για να τυποποιήσει τη διαδικασία εξαγωγής σχετικών πληροφοριών από κάθε μελέτη (Peters et al., 2015). Αυτή η φόρμα θα περιλαμβάνει τομείς όπως οι συγγραφείς, το έτος δημοσίευσης, ο σχεδιασμός της μελέτης, η μεθοδολογία της έρευνας, τα βασικά ευρήματα και τα θεωρητικά πλαίσια που χρησιμοποιούνται.*
- ii. *Πιλοτική δοκιμή της φόρμας εξαγωγής δεδομένων: Η φόρμα εξαγωγής δεδομένων θα δοκιμαστεί πιλοτικά σε μικρό αριθμό μελετών για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία της στη λήψη όλων των απαραίτητων πληροφοριών (Khan et al., 2020). Θα γίνουν τροποποιήσεις ανάλογα με τις ανάγκες με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής δοκιμής.*
- iii. *Εξαγωγή δεδομένων από κάθε μελέτη: Δύο αναθεωρητές θα εξαγάγουν ανεξάρτητα δεδομένα από κάθε μελέτη που περιλαμβάνεται χρησιμοποιώντας την τελική φόρμα εξαγωγής δεδομένων. Θα καταγράψουν τις σχετικές πληροφορίες από κάθε μελέτη με οργανωμένο και συστηματικό τρόπο (Liberati et al., 2009).*
- iv. *Επίλυση αποκλίσεων: Τυχόν αποκλίσεις μεταξύ των αναθεωρητών στην εξαγωγή δεδομένων θα συζητηθούν και θα επιλυθούν με συναίνεση. Εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί συναίνεση, ένας τρίτος αξιολογητής θα συμμετάσχει για να λάβει μια τελική απόφαση (Peters et al., 2015).*
- v. *Αποθήκευση και διαχείριση εξαγόμενων δεδομένων: Όλα τα εξαγόμενα δεδομένα θα αποθηκευτούν σε μια ασφαλή και αξιόπιστη βάση δεδομένων ή υπολογιστικό φύλλο. Αυτό θα διευκολύνει την επακόλουθη διαδικασία σύνθεσης και ανάλυσης δεδομένων (Bramer et al., 2017).*

Αυτή η συστηματική και δομημένη διαδικασία εξαγωγής δεδομένων θα διασφαλίσει ότι όλες οι σχετικές πληροφορίες συλλέγονται με ακρίβεια και αξιοπιστία, επιτρέποντας τη διεξοδική ανάλυση της χρήσης της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ιδίως για τα αντιβιοτικά.

2.4 Προσέγγιση στη σύνθεση και ανάλυση δεδομένων

Η φάση σύνθεσης και ανάλυσης δεδομένων είναι κεντρικής σημασίας για μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την κριτική αξιολόγηση και το συνδυασμό των εξαγόμενων δεδομένων για τον εντοπισμό βασικών θεμάτων, τάσεων και μοτίβων (Dixon-Woods et al., 2005). Αυτό μπορεί να προσφέρει ιδέες και κατανοήσεις που υπερβαίνουν τα ευρήματα μεμονωμένων μελετών και δημιουργούν μια ολιστική κατανόηση της ερευνητικής περιοχής (Bearman & Dawson, 2013).

Για αυτή τη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών, θα ακολουθηθούν τα ακόλουθα βήματα:

- i. *Θεματική Ανάλυση: Αυτή η προσέγγιση θα χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό, την ανάλυση και την αναφορά μοτίβων ή θεμάτων εντός των δεδομένων (Braun & Clarke, 2006). Αυτό συνεπάγεται την κωδικοποίηση των εξαγόμενων δεδομένων σε σημαντικές ομάδες και τον εντοπισμό επαναλαμβανόμενων ή σημαντικών θεμάτων που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.*
- ii. *Συγκριτική ανάλυση: Τα ευρήματα από διαφορετικές μελέτες θα συγκριθούν και θα αντιπαραβληθούν για να διακριθούν ομοιότητες, διαφορές και σχέσεις στα δεδομένα (Noblit & Hare, 1988). Αυτή η σύγκριση θα βοηθήσει στην επικύρωση των ευρημάτων και στην εμβάθυνση της κατανόησης του τρόπου με τον οποίο εφαρμόζεται η τεχνολογία blockchain και των επιπτώσεών της στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.*
- iii. *Εντοπισμός κενών ή ασυνεπειών: Η ανάλυση θα περιλαμβάνει επίσης τον εντοπισμό κενών ή ασυνεπειών στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, τα οποία θα μπορούσαν να προσφέρουν πιθανές οδούς για μελλοντική έρευνα (Grant & Booth, 2009).*
- iv. *Περίληψη των ευρημάτων: Τα κύρια ευρήματα θα συνοψιστούν με σαφή και συνοπτικό τρόπο. Η σύνθεση θα δομηθεί σύμφωνα με τα αναγνωρισμένα θέματα και ερευνητικά ερωτήματα, παρέχοντας μια συνεκτική και λογική παρουσίαση των ευρημάτων (Sandelowski et al., 2007).*

Αυτές οι προσεγγίσεις θα παρέχουν μια πλήρη κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης της βιβλιογραφίας σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Με την ενοποίηση και την ανάλυση των ευρημάτων αρκετών μελετών, αυτή η ανασκόπηση θα προσφέρει μια ολοκληρωμένη προοπτική για τα πιθανά οφέλη, τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες αυτής της καινοτόμου τεχνολογίας στη φαρμακευτική βιομηχανία.

[Type here]

2.5 Ερευνητικά ερωτήματα που διερευνώνται στη βιβλιογραφία

Αυτή η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση στοχεύει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- i. Ποιες είναι οι τρέχουσες προκλήσεις και τα τρωτά σημεία στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ιδίως στη διανομή και τον έλεγχο των αντιβιοτικών; Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας θα παράσχει πληροφορίες σχετικά με ζητήματα όπως τα παραποιοιμένα προϊόντα, η εκτροπή προϊόντων και η έλλειψη διαφάνειας στην αλυσίδα εφοδιασμού.
- ii. Πώς η τεχνολογία blockchain ενισχύει την ιχνηλασιμότητα, τη διαφάνεια και τον έλεγχο ταυτότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων και ποια πιθανά οφέλη φέρνει στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών; Μελέτες έχουν τεκμηριώσει τις δυνατότητες του blockchain για παρακολούθηση φαρμάκων σε πραγματικό χρόνο από τους κατασκευαστές έως τους τελικούς χρήστες, αυξάνοντας έτσι τη διαφάνεια και μειώνοντας την παραποίηση (Mackey et al., 2019).
- iii. Ποιες είναι οι συγκεκριμένες εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στη φαρμακευτική βιομηχανία, ιδιαίτερα στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών; Η βιβλιογραφία περιέχει στοιχεία για διάφορες εφαρμογές blockchain, όπως έξυπνα συμβόλαια, αποκεντρωμένες πλατφόρμες και συστήματα πιστοποίησης και επαλήθευσης (Kamble et al., 2019).
- iv. Ποιος είναι ο αντίκτυπος της τεχνολογίας blockchain στην αποτελεσματικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών; Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει βελτιώσεις στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, μειωμένη παραποίηση/απομίμηση και αυξημένη προστασία δεδομένων λόγω της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain (Saber et al., 2019).
- v. Ποια είναι τα πιθανά εμπόδια, οι περιορισμοί και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση και εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών φαρμάκων; Παρά τα πιθανά οφέλη, υπάρχουν επίσης προκλήσεις όπως η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα και τα ρυθμιστικά ζητήματα που σχετίζονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain (Yiannas, 2018).

Αυτά τα ερωτήματα διατυπώθηκαν με βάση τα τρέχοντα κενά γνώσης και την επείγουσα ανάγκη να διασφαλιστεί η ακεραιότητα, η διαφάνεια και η αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, η οποία είναι κρίσιμη για τη δημόσια υγεία. Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα θα συμβάλουν στη βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φαρμακευτική βιομηχανία, ιδιαίτερα στην ενίσχυση της αλυσίδας εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών.

Κεφάλαιο 3: Τρέχουσες προκλήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών

3.1 Παραπονημένα φάρμακα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων

Τα παραπονημένα φάρμακα αποτελούν αυξανόμενη πρόκληση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων, και το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα αντιβιοτικά. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει αναφέρει ότι τα παραπονημένα αντιβιοτικά είναι μία από τις πιο συχνά παραπονημένες κατηγορίες φαρμάκων, συμβάλλοντας στην παγκόσμια επιβάρυνση της μικροβιακής αντοχής και απειλώντας τη δημόσια υγεία (WHO, 2017).

Τα πλαστά αντιβιοτικά μπορεί να περιέχουν λανθασμένες δόσεις, αδρανή συστατικά ή ακόμα και τοξικές ουσίες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία θεραπείας, ανεπιθύμητες ενέργειες και αυξημένη αντοχή στα νόμιμα αντιβιοτικά (Caudron et al., 2008). Επιπλέον, η αγορά παραπονημένων φαρμάκων λειτουργεί μέσα σε ένα πολύπλοκο δίκτυο κατασκευαστών, διανομέων και λιανοπωλητών, καθιστώντας δύσκολη την ανίχνευση και τη ρύθμιση αυτών των προϊόντων.

Διάφοροι παράγοντες συμβάλλουν στον πολλαπλασιασμό των παραπονημένων φαρμάκων στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Πρώτον, ο παγκόσμιος χαρακτήρας των αλυσίδων εφοδιασμού φαρμάκων αυξάνει τον κίνδυνο εισόδου παραπονημένων φαρμάκων στην αγορά, καθώς οι ασυνέπειες στη ρυθμιστική εποπτεία και επιβολή μεταξύ των χωρών μπορούν να δημιουργήσουν ευκαιρίες για τους παράνομους φορείς να εκμεταλλευτούν τα τρωτά σημεία (Newton et al., 2010). Δεύτερον, τα οικονομικά κίνητρα οδηγούν στην παραγωγή παραπονημένων φαρμάκων, καθώς η υψηλή ζήτηση αντιβιοτικών και η δυνατότητα κέρδους από την πώληση προϊόντων κατώτερης ποιότητας την καθιστούν ελκυστική επιχείρηση για τους παραχαράκτες (Mackey & Liang, 2011).

Η άνοδος των διαδικτυακών φαρμακείων και των πλατφορμών ηλεκτρονικού εμπορίου περιπλέκει περαιτέρω το ζήτημα, καθώς τα παραπονημένα φάρμακα μπορούν εύκολα να πωληθούν στους καταναλωτές χωρίς τον έλεγχο των παραδοσιακών καναλιών διανομής (Mackey et al., 2015). Οι διαδικτυακές πωλήσεις παρακάμπτουν τη ρυθμιζόμενη αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, καθιστώντας δύσκολη την επαλήθευση της πηγής και της ποιότητας των προϊόντων.

Οι προσπάθειες για την καταπολέμηση των παραπονημένων φαρμάκων στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών περιλαμβάνουν την ενίσχυση της κανονιστικής εποπτείας, τη βελτίωση της διαφάνειας της αλυσίδας εφοδιασμού και την αξιοποίηση της τεχνολογίας για την εξακρίβωση της γνησιότητας και την ιχνηλάτηση των προϊόντων. Για παράδειγμα, η σειριοποίηση, η οποία περιλαμβάνει την εκχώρηση ενός μοναδικού αναγνωριστικού σε κάθε συσκευασία φαρμάκων, μπορεί να βοηθήσει στην

[Type here]

παρακολούθηση και την επαλήθευση της νομιμότητας των φαρμακευτικών προϊόντων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Bate et al., 2016).

3.2 Εκτροπή προϊόντων και έλλειψη διαφάνειας

Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με την εκτροπή προϊόντων και την έλλειψη διαφάνειας. Οι προκλήσεις αυτές είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές για τις αλυσίδες εφοδιασμού αντιβιοτικών λόγω των επιπτώσεών τους στην ασφάλεια των ασθενών και της δυνατότητας συμβολής στη μικροβιακή αντοχή. Η εκτροπή προϊόντων αναφέρεται στην αναδρομολόγηση νόμιμων προϊόντων μακριά από τα προβλεπόμενα κανάλια της αλυσίδας εφοδιασμού τους, οδηγώντας σε μη εξουσιοδοτημένη διανομή και πώληση. Οι δραστηριότητες αυτές συχνά οδηγούν σε μειωμένη ορατότητα και έλεγχο της διανομής και της χρήσης αντιβιοτικών, δημιουργώντας ευκαιρίες κατάχρησης και θέτοντας σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία.

Η πολυπλοκότητα και οι πολλαπλοί μεσάζοντες εντός της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων συμβάλλουν συχνά στην έλλειψη διαφάνειας. Τα αντιβιοτικά περνούν από διάφορα στάδια, από την παρασκευή έως τη διανομή, πριν φτάσουν στον τελικό χρήστη. Κάθε στάδιο περιλαμβάνει διαφορετικούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των χονδρεμπόρων, των λιανοπωλητών, των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και των ασθενών. Η συμμετοχή πολλών μερών με διαφορετικά συμφέροντα και κίνητρα μπορεί να καταστήσει δύσκολη τη δημιουργία μιας διαφανούς και ασφαλούς αλυσίδας εφοδιασμού.

Η εκτροπή του προϊόντος καθοδηγείται από διάφορους παράγοντες. Τα οικονομικά κίνητρα συμβάλλουν σημαντικά, καθώς οι εκτροπείς μπορούν να επωφεληθούν από τις διαφορές τιμών μεταξύ των αγορών για να επιτύχουν υψηλότερα περιθώρια κέρδους. Επιπλέον, η ανεπαρκής εποπτεία, η ασυνεπής κανονιστική επιβολή και τα κενά στα μέτρα ασφάλειας της αλυσίδας εφοδιασμού διευκολύνουν την εκτροπή προϊόντων (Wertheimer & Norris, 2009). Η έλλειψη διαφάνειας και ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού επιδεινώνει περαιτέρω το πρόβλημα, καθώς καθίσταται δύσκολο να προσδιοριστεί η προέλευση και η γνησιότητα των προϊόντων που εκτρέπονται.

Οι συνέπειες της εκτροπής προϊόντων και της έλλειψης διαφάνειας είναι εκτεταμένες. Για παράδειγμα, οι ασθενείς μπορεί εν αγνοία τους να λάβουν ληγμένα ή ακατάλληλα αποθηκευμένα αντιβιοτικά, οδηγώντας σε αποτυχία της θεραπείας ή ανεπιθύμητες ενέργειες. Επιπλέον, η ανεξέλεγκτη διανομή αντιβιοτικών μπορεί να συμβάλει στη μικροβιακή αντοχή αυξάνοντας την πιθανότητα ακατάλληλης χρήσης, κατάχρησης και αυτοθεραπείας (Ventola, 2015).

Διάφορες στρατηγικές μπορούν να αντιμετωπίσουν την εκτροπή προϊόντων και την έλλειψη διαφάνειας στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Αυτά περιλαμβάνουν:

- i. Ενίσχυση των ρυθμιστικών πλαισίων και βελτίωση της επιβολής: Οι κυβερνήσεις και οι ρυθμιστικοί οργανισμοί θα πρέπει να υιοθετήσουν αυστηρά μέτρα για την καταπολέμηση της εκτροπής προϊόντων, την επιβολή κυρώσεων

[Type here]

για παραβιάσεις και την προώθηση της ακεραιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού.

- ii. Εφαρμογή συστημάτων παρακολούθησης και εντοπισμού: Η χρήση τεχνολογιών σειριοποίησης, γραμμωτού κώδικα και ηλεκτρονικής παρακολούθησης μπορεί να ενισχύσει την ιχνηλασιμότητα, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν και να επαληθεύουν την κυκλοφορία αντιβιοτικών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Barlas, 2013).
- iii. Ενθάρρυνση της ανταλλαγής πληροφοριών και της συνεργασίας: Η ενίσχυση της διαφάνειας και της εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να συμβάλει στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των κινδύνων εκτροπής προϊόντων. Οι συνεργατικές πρωτοβουλίες και οι πλατφόρμες ανταλλαγής πληροφοριών μπορούν να διευκολύνουν την ανταλλαγή δεδομένων σχετικά με τρωτά σημεία της αλυσίδας εφοδιασμού και ύποπτες δραστηριότητες.
- iv. Ευαισθητοποίηση του κοινού: Η εκπαίδευση των καταναλωτών σχετικά με τους κινδύνους της αγοράς αντιβιοτικών από μη εξουσιοδοτημένες πηγές μπορεί να μειώσει τη ζήτηση για εκτρεπόμενα προϊόντα και να ενθαρρύνει την υπεύθυνη χρήση αντιβιοτικών.
- v. Αξιοποίηση της τεχνολογίας: Προηγμένες τεχνολογίες όπως το blockchain, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μπορούν να παρέχουν καινοτόμες λύσεις για τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα της αλυσίδας εφοδιασμού, επιτρέποντας την παρακολούθηση και την επαλήθευση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο.

Εν ολίγοις, η αντιμετώπιση της εκτροπής προϊόντων και της έλλειψης διαφάνειας είναι ζωτικής σημασίας για την ακεραιότητα και την ασφάλεια της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών. Μια πολύπλευρη προσέγγιση που περιλαμβάνει κανονιστικές μεταρρυθμίσεις, εφαρμογή τεχνολογίας, συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη και ευαισθητοποίηση του κοινού είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και τη διασφάλιση της υπεύθυνης χρήσης των αντιβιοτικών.

[Type here]

Κεφάλαιο 4: Τεχνολογία Blockchain και οι δυνατότητές της στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων

4.1 Επισκόπηση της τεχνολογίας Blockchain

Η τεχνολογία blockchain, που συχνά αναφέρεται απλώς ως "blockchain", είναι ένα σύστημα ψηφιακού καθολικού που επιτρέπει σε πολλά μέρη να συμμετέχουν σε ένα δίκτυο όπου οι συναλλαγές καταγράφονται με ασφαλή, διαφανή και απαραβίαστο τρόπο. Είναι η υποκείμενη τεχνολογία που τροφοδοτεί κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin, αλλά οι εφαρμογές της υπερβαίνουν τον χρηματοπιστωτικό κλάδο (Narayanan et al., 2016).

Μια αλυσίδα μπλοκ αποτελείται από μια σειρά μπλοκ, καθένα από τα οποία περιέχει μια λίστα συναλλαγών. Αυτά τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους με χρονολογική σειρά για να σχηματίσουν μια αλυσίδα. Κάθε μπλοκ περιλαμβάνει έναν μοναδικό κρυπτογραφικό κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα ολόκληρης της αλυσίδας. Αυτή η δομή καθιστά δύσκολο για οποιονδήποτε να αλλάξει μια μεμονωμένη συναλλαγή στην αλυσίδα χωρίς να αλλάξει κάθε επόμενο μπλοκ, καθιστώντας έτσι το blockchain ασφαλές και απαραβίαστο (Zohar, 2015).

Το πιο καθοριστικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας blockchain είναι η αποκεντρωμένη φύση της. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά κεντρικά συστήματα όπου μια ενιαία οντότητα έχει τον έλεγχο των δεδομένων, σε ένα δίκτυο blockchain, πολλοί συμμετέχοντες, γνωστοί ως κόμβοι, διατηρούν ένα αντίγραφο του καθολικού. Κάθε φορά που πραγματοποιείται μια νέα συναλλαγή, πρέπει να επικυρωθεί από την πλειοψηφία των κόμβων του δικτύου πριν προστεθεί στο blockchain. Αυτή η αποκεντρωμένη προσέγγιση διασφαλίζει ότι κανένας συμμετέχων δεν μπορεί να αλλάξει μονομερώς τις πληροφορίες στο blockchain, ενισχύοντας έτσι την ασφάλεια και τη διαφάνεια του συστήματος (Swan, 2015).

Η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει διάφορες βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων. Προσφέρει έναν διαφανή και ασφαλή τρόπο παρακολούθησης και πιστοποίησης της ταυτότητας των προϊόντων καθώς κινούνται μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, μειώνοντας τον κίνδυνο παραποιημένων φαρμάκων, εκτροπών προϊόντων και άλλων ανεπαρκειών. Επιπλέον, η αποκεντρωμένη φύση του blockchain επιτρέπει την ορατότητα και την ιχνηλασιμότητα της αλυσίδας εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν γρήγορα τυχόν ζητήματα που μπορεί να προκύψουν (Macrinici et al., 2018).

Στη φαρμακευτική βιομηχανία, η χρήση της τεχνολογίας blockchain θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά τη διαφάνεια της αλυσίδας εφοδιασμού, τον έλεγχο ταυτότητας και την ασφάλεια. Η δυνατότητα παρακολούθησης και επαλήθευσης των προϊόντων σε

[Type here]

κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να συμβάλει στη μείωση των παραπονημένων φαρμάκων, στη διασφάλιση της γνησιότητας των προϊόντων και στη βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών. Επιπλέον, το blockchain μπορεί να παρέχει ένα ασφαλές και αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών, μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης και ενισχύοντας τη λογοδοσία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδας εφοδιασμού (Kshetri, 2017).

Ωστόσο, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Η μεγάλη κλίμακα και πολυπλοκότητα της αλυσίδας εφοδιασμού, η ανάγκη διαλειτουργικότητας με τα υφιστάμενα συστήματα, καθώς και τα κανονιστικά ζητήματα και τα ζητήματα συμμόρφωσης μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικά εμπόδια. Ωστόσο, τα πιθανά οφέλη του blockchain για τη βελτίωση της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού, τη μείωση της απάτης και τη διασφάλιση της αυθεντικότητας των προϊόντων το καθιστούν μια πολλά υποσχόμενη λύση για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει η φαρμακευτική βιομηχανία (Tian, 2016).

[Type here]

4.2 Ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας, της διαφάνειας και του ελέγχου ταυτότητας

Η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων ενισχύοντας την ιχνηλασιμότητα, τη διαφάνεια και τον έλεγχο ταυτότητας. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά του επιτρέπουν την παρακολούθηση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο και την επαλήθευση της προέλευσής τους, η οποία μπορεί να αντιμετωπίσει πολλές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η βιομηχανία, όπως τα παραποιημένα φάρμακα, η εκτροπή προϊόντων και οι ανεπάρκειες (Crosby et al., 2016).

Η ιχνηλασιμότητα είναι απαραίτητη στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα προϊόντα μπορούν να παρακολουθούνται από το σημείο προέλευσής τους έως τον τελικό προορισμό τους. Αυτό επιτρέπει τον γρήγορο εντοπισμό τυχόν ζητημάτων στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως οι ανακλήσεις προϊόντων, και βοηθά να διασφαλιστεί ότι οι ασθενείς λαμβάνουν ασφαλή και αποτελεσματικά φάρμακα. Η αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας blockchain επιτρέπει σε πολλούς ενδιαφερόμενους στην αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των διανομέων και των λιανοπωλητών, να έχουν πρόσβαση σε μία μόνο πηγή αλήθειας. Κάθε συναλλαγή στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως η μετακίνηση ενός φαρμάκου από τον κατασκευαστή στον διανομέα, καταγράφεται στο blockchain και είναι προσβάσιμη από όλους τους εξουσιοδοτημένους συμμετέχοντες στο δίκτυο (Wang et al., 2019).

Η διαφάνεια είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων, καθώς επιτρέπει στα ενδιαφερόμενα μέρη να έχουν ορατότητα σχετικά με την κυκλοφορία και την κατάσταση των προϊόντων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση φαρμάκων υψηλής αξίας ή υψηλού κινδύνου, όπως τα αντιβιοτικά, όπου η γνησιότητα και η ασφάλεια του προϊόντος είναι υψίστης σημασίας. Η τεχνολογία blockchain παρέχει ένα διαφανές και αμετάβλητο αρχείο όλων των συναλλαγών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό σημαίνει ότι μόλις καταγραφεί μια συναλλαγή στο blockchain, δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να διαγραφεί, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων. Αυτό το επίπεδο διαφάνειας συμβάλλει στην πρόληψη της εκτροπής προϊόντων, της παραποίησης/απομίμησης και άλλων μορφών απάτης, διευκολύνοντας τον εντοπισμό τυχόν αποκλίσεων ή ανωμαλιών στην αλυσίδα εφοδιασμού (Apte & Petrovsky, 2016).

Ο έλεγχος ταυτότητας είναι ζωτικής σημασίας στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων για την επαλήθευση της νομιμότητας και της γνησιότητας των προϊόντων. Τα ψευδεπίγραφα φάρμακα ενέχουν σημαντικούς κινδύνους για την ασφάλεια των ασθενών και μπορούν να υπονομεύσουν την εμπιστοσύνη και τη φήμη της φαρμακευτικής βιομηχανίας. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση του ελέγχου ταυτότητας παρέχοντας ένα απαραβίαστο αρχείο της προέλευσης και του ιστορικού ενός προϊόντος. Κάθε συναλλαγή στην εφοδιαστική

[Type here]

αλυσίδα καταγράφεται με ένα μοναδικό κρυπτογραφικό hash, το οποίο διασφαλίζει την αυθεντικότητα των δεδομένων. Αυτό επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους να επαληθεύουν τη νομιμότητα ενός προϊόντος σε οποιοδήποτε σημείο της αλυσίδας εφοδιασμού συγκρίνοντας τις πληροφορίες του προϊόντος με τα δεδομένα που καταγράφονται στο blockchain (Nakasumi, 2017).

[Type here]

4.3 Πιθανά οφέλη από την εφαρμογή του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών

Η τεχνολογία blockchain, με τις δυνατότητές της για βελτίωση της ιχνηλασιμότητας, της διαφάνειας και του ελέγχου ταυτότητας, προσφέρει πολλά οφέλη στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η αποκεντρωμένη, απαραβίαστη και διαφανής φύση του blockchain διασφαλίζει ότι όλες οι συναλλαγές καταγράφονται και είναι προσβάσιμες σε εξουσιοδοτημένους ενδιαφερόμενους. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ιδίως εκείνες που σχετίζονται με τα παραποιημένα φάρμακα, την εκτροπή προϊόντων και τις ανεπάρκειες.

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της εφαρμογής του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών είναι η ικανότητα καταπολέμησης των παραποιημένων φαρμάκων. Τα παραποιημένα αντιβιοτικά αποτελούν μείζον ζήτημα δημόσιας υγείας, καθώς ενδέχεται να περιέχουν εσφαλμένα συστατικά, ανεπαρκή δραστικά συστατικά ή ακόμη και επιβλαβείς ουσίες. Αυτά τα πλαστά προϊόντα μπορούν να οδηγήσουν σε αποτυχία θεραπείας, αντοχή στα φάρμακα και δυσμενή αποτελέσματα για την υγεία των ασθενών. Η τεχνολογία blockchain, με το διαφανές και αμετάβλητο αρχείο συναλλαγών, μπορεί να συμβάλει στη διασφάλιση της αυθεντικότητας και της ποιότητας των αντιβιοτικών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Καταγράφοντας την προέλευση, την παραγωγή και τη διανομή κάθε παρτίδας αντιβιοτικών στο blockchain, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να επαληθεύσουν τη νομιμότητα του προϊόντος και να εντοπίσουν το ταξίδι του από τον κατασκευαστή στον ασθενή (Hussain et al., 2014).

Η τεχνολογία blockchain μπορεί επίσης να ενισχύσει τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων είναι συχνά περίπλοκη, εμπλέκοντας πολλούς ενδιαφερόμενους, όπως κατασκευαστές, διανομείς, χονδρεμπόρους, λιανοπωλητές και παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Με την τεχνολογία blockchain, όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα ενιαίο, ενοποιημένο αρχείο όλων των συναλλαγών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η διαφάνεια επιτρέπει στα ενδιαφερόμενα μέρη να εντοπίζουν γρήγορα τυχόν αποκλίσεις ή ανωμαλίες, συμβάλλοντας στην πρόληψη της εκτροπής προϊόντων, της παραποίησης και άλλων μορφών απάτης. Επιπλέον, η βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα που παρέχεται από το blockchain μπορεί να βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι τυχόν ζητήματα, όπως οι ανακλήσεις προϊόντων ή οι ανεπιθύμητες ενέργειες, εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται γρήγορα, ενισχύοντας την ασφάλεια των ασθενών και την εμπιστοσύνη στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Η εξοικονόμηση κόστους και οι εξορθολογισμένες διαδικασίες είναι πρόσθετα οφέλη από την εφαρμογή blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να αυτοματοποιήσει και να ψηφιοποιήσει πολλές από τις χειροκίνητες διαδικασίες που εμπλέκονται στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως η καταγραφή συναλλαγών, η επαλήθευση της αυθεντικότητας των προϊόντων και η διασφάλιση της συμμόρφωσης με τις κανονιστικές απαιτήσεις. Αυτός ο

[Type here]

αυτοματισμός μειώνει την ανάγκη για μεσάζοντες, μειώνει τον κίνδυνο ανθρώπινου λάθους και επιταχύνει την αλυσίδα εφοδιασμού. Ως αποτέλεσμα, τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να επιτύχουν εξοικονόμηση κόστους, βελτιωμένη αποδοτικότητα και ταχύτερους χρόνους απόκρισης στις αλλαγές στην αλυσίδα εφοδιασμού (Tseng et al., 2018).

Ο μετριασμός της απάτης και η ενίσχυση της λογοδοσίας είναι άλλα οφέλη του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η απαραβίαστη φύση των αρχείων blockchain διασφαλίζει ότι όλες οι συναλλαγές είναι ασφαλείς και επαληθεύσιμες. Αυτή η λειτουργία μειώνει τον κίνδυνο απάτης, καθώς τυχόν προσπάθειες τροποποίησης ή διαγραφής μιας συναλλαγής θα είναι άμεσα εμφανείς. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain μπορεί να ενισχύσει τη λογοδοσία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδας εφοδιασμού, παρέχοντας ένα σαφές αρχείο όλων των συναλλαγών, συμπεριλαμβανομένου του ποιος συμμετείχε και πότε πραγματοποιήθηκε η συναλλαγή. Αυτή η διαφάνεια και λογοδοσία μπορεί να συμβάλει στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών και στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τις κανονιστικές απαιτήσεις (Saveliyev, 2018).

Σε κάθε περίπτωση, η τεχνολογία blockchain προσφέρει πολλά οφέλη στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, συμπεριλαμβανομένης της καταπολέμησης των παραποιημένων φαρμάκων, της ενίσχυσης της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας, της μείωσης του κόστους και της βελτίωσης της λογοδοσίας. Ενώ εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην εφαρμογή του blockchain στη φαρμακευτική βιομηχανία, τα πιθανά οφέλη του το καθιστούν μια πολλά υποσχόμενη λύση για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει η αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.

Κεφάλαιο 5: Εμπόδια και προκλήσεις της εφαρμογής του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών

5.1 Προκλήσεις επεκτασιμότητας και διαλειτουργικότητας

Η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών προσφέρει πιθανά οφέλη, αλλά συνοδεύεται επίσης από αρκετές προκλήσεις. Μεταξύ αυτών, η επεκτασιμότητα και η διαλειτουργικότητα (απόδοση του αγγλικού όρου interoperability) είναι δύο βασικά εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την επιτυχή υιοθέτησή τους. (Ο όρος διαλειτουργικότητα χρησιμοποιείται για να αποδώσει στην ελληνική το interoperability.)

Η επεκτασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να χειρίζεται έναν αυξανόμενο όγκο εργασίας ή ζήτησης, είτε προσθέτοντας πόρους είτε βελτιώνοντας την αποδοτικότητα. Στο πλαίσιο του blockchain, η επεκτασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα του δικτύου να χειρίζεται έναν μεγάλο όγκο συναλλαγών αποτελεσματικά και χωρίς επιβράδυνση. Ο αρχικός σχεδιασμός του blockchain, ιδιαίτερα ο μηχανισμός συναίνεσης απόδειξης εργασίας που χρησιμοποιείται σε δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, απαιτεί πόρους και μπορεί να οδηγήσει σε αργούς χρόνους συναλλαγών και υψηλό κόστος (Croman et al., 2016). Στην εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων, όπου πραγματοποιείται καθημερινά μεγάλος όγκος συναλλαγών, αυτό το ζήτημα επεκτασιμότητας είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό. Η αποκεντρωμένη φύση του blockchain, ενώ είναι επωφελής για τη διαφάνεια και την ασφάλεια, απαιτεί από κάθε κόμβο να επικυρώνει και να αποθηκεύει κάθε συναλλαγή, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε βραδύτερους χρόνους συναλλαγών και αυξημένες απαιτήσεις αποθήκευσης καθώς αναπτύσσεται το δίκτυο. Λύσεις όπως πρωτόκολλα επιπέδου 2, sharding και εναλλακτικοί μηχανισμοί συναίνεσης έχουν προταθεί για την αντιμετώπιση των προκλήσεων επεκτασιμότητας. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των λύσεων μπορεί να είναι περίπλοκη και μπορεί να επηρεάσει την ασφάλεια και την αποκέντρωση του blockchain (Pustišek et al., 2019).

Η διαλειτουργικότητα είναι μια άλλη σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι εφαρμογές blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων περιλαμβάνει πολλούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των διανομέων, των λιανοπωλητών, των ρυθμιστικών αρχών και των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Αυτοί οι ενδιαφερόμενοι χρησιμοποιούν συχνά διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες για τη διαχείριση των λειτουργιών τους. Για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων και η συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, τα συστήματά τους πρέπει να είναι διαλειτουργικά, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν πληροφορίες εύκολα (Gordon et al., 2018). Ωστόσο, η τεχνολογία blockchain έχει διαφορετικές πλατφόρμες και πρότυπα και η ενσωμάτωσή τους μπορεί να είναι περίπλοκη. Επιπλέον, η επίτευξη διαλειτουργικότητας μεταξύ πλατφορμών blockchain και υφιστάμενων

[Type here]

συστημάτων, όπως τα συστήματα προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP) ή τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHR), ενδέχεται να απαιτεί σημαντική προσαρμογή και προσπάθεια. Τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα για την ανταλλαγή δεδομένων, τις μορφές δεδομένων και την επικοινωνία είναι απαραίτητα για την επίτευξη διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών blockchain και μεταξύ blockchain και υφιστάμενων συστημάτων (Hardjono et al., 2019).

Επιπλέον, το κατακερματισμένο κανονιστικό τοπίο μεταξύ διαφορετικών δικαιοδοσιών μπορεί να επηρεάσει τη διαλειτουργικότητα. Κάθε δικαιοδοσία μπορεί να έχει τις δικές της κανονιστικές απαιτήσεις για το απόρρητο των δεδομένων, την κοινή χρήση δεδομένων και την αποθήκευση δεδομένων. Η διασφάλιση της συμμόρφωσης με αυτούς τους κανονισμούς, επιτρέποντας παράλληλα τη διαλειτουργικότητα, μπορεί να είναι δύσκολη, ειδικά σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα όπως το blockchain (Zohar, 2015).

5.2 Κανονιστικά θέματα και θέματα συμμόρφωσης

Καθώς η τεχνολογία blockchain εφαρμόζεται στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, αναπόφευκτα προκύπτουν ρυθμιστικά ζητήματα και ζητήματα συμμόρφωσης. Ως σχετικά νέα και εξελισσόμενη τεχνολογία, η τεχνολογία blockchain έχει δημιουργήσει προκλήσεις τόσο για τις ρυθμιστικές αρχές όσο και για τη βιομηχανία όσον αφορά τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα υφιστάμενα νομικά πλαίσια, προωθώντας παράλληλα την καινοτομία.

Μία από τις κεντρικές προκλήσεις είναι η πλοήγηση στο περίπλοκο και συχνά κατακερματισμένο ρυθμιστικό τοπίο που διέπει τη φαρμακευτική βιομηχανία. Η αλυσίδα εφοδιασμού για αντιβιοτικά εκτείνεται συνήθως σε πολλές δικαιοδοσίες, καθεμία με το δικό της σύνολο κανονισμών σχετικά με το απόρρητο των δεδομένων, την ανταλλαγή δεδομένων και την αποθήκευση δεδομένων. Δεδομένης της αποκεντρωμένης φύσης του blockchain, η διασφάλιση ότι τα δεδομένα αποθηκεύονται και μοιράζονται σύμφωνα με αυτούς τους κανονισμούς αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Οι νόμοι περί απορρήτου δεδομένων, όπως ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επιβάλλουν αυστηρές απαιτήσεις για την αποθήκευση, την πρόσβαση και την κοινή χρήση δεδομένων. Η διασφάλιση ότι οι εφαρμογές blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών συμμορφώνονται με αυτές τις απαιτήσεις, ειδικά όταν τα δεδομένα αποθηκεύονται σε δημόσιο και αμετάβλητο καθολικό, είναι δύσκολη (Zwitter & Boisse-Despiaux, 2018).

Επιπλέον, η διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους ειδικούς κανονισμούς υγειονομικής περίθαλψης είναι ζωτικής σημασίας. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο νόμος για την ασφάλεια της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων (DSCSA) ορίζει ότι οι ενδιαφερόμενοι φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων διαθέτουν συστήματα για την επαλήθευση της αυθεντικότητας των φαρμάκων και τον εντοπισμό της προέλευσης και της διανομής τους. Ενώ η τεχνολογία blockchain προσφέρει πιθανά οφέλη για την επίτευξη ιχνηλασιμότητας και αυθεντικότητας, είναι απαραίτητη η διασφάλιση ότι οι εφαρμογές blockchain συμμορφώνονται με αυτές τις κανονιστικές απαιτήσεις (Benchoufi & Ravaud, 2017).

Η έλλειψη τυποποίησης στην τεχνολογία blockchain περιπλέκει περαιτέρω την κανονιστική συμμόρφωση. Υπάρχουν πολλαπλές πλατφόρμες και πρότυπα blockchain και το καθένα μπορεί να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και πρωτόκολλα ασφαλείας. Η υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης πλατφόρμας μπορεί να έχει επιπτώσεις στην κανονιστική συμμόρφωση, ιδίως εάν δεν είναι διαλειτουργική με άλλα συστήματα ή εάν δεν πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα ασφαλείας. Οι προσπάθειες για την τυποποίηση της τεχνολογίας blockchain συνεχίζονται, αλλά η απουσία καθολικά αποδεκτών προτύπων θέτει προκλήσεις για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης (Casino et al., 2018).

Μια άλλη πρόκληση προκύπτει από την εκκολαπτόμενη και εξελισσόμενη φύση της τεχνολογίας blockchain και των σχετικών κανονισμών. Καθώς η τεχνολογία ωριμάζει

[Type here]

και εμφανίζονται νέες εφαρμογές, τα κανονιστικά πλαίσια ενδέχεται να χρειαστεί να προσαρμοστούν. Ωστόσο, οι ρυθμιστικές αλλαγές μπορεί να είναι αργές, εμποδίζοντας ενδεχομένως την υιοθέτηση καινοτόμων εφαρμογών blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών (Risius & Spohrer, 2017).

Σε κάθε περίπτωση, βέβαια, τα ρυθμιστικά ζητήματα και τα ζητήματα συμμόρφωσης αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η πλοήγηση στο περίπλοκο και κατακερματισμένο ρυθμιστικό τοπίο, η διασφάλιση της συμμόρφωσης με το απόρρητο των δεδομένων και τους ειδικούς κανονισμούς υγειονομικής περίθαλψης και η αντιμετώπιση της έλλειψης τυποποίησης στην τεχνολογία blockchain είναι όλα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν. Επιπλέον, η εξελισσόμενη φύση της τεχνολογίας blockchain και των σχετικών κανονισμών απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και προσαρμογή για να διασφαλιστεί η συνεχής συμμόρφωση.

5.3 Τεχνικές προκλήσεις και ασφάλεια δεδομένων

Η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών περιλαμβάνει την αντιμετώπιση διαφόρων τεχνικών προκλήσεων και τη διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων. Η αποκεντρωμένη, αμετάβλητη και διαφανής φύση του blockchain το καθιστά ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας και της εμπιστοσύνης στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Ωστόσο, η τεχνική πολυπλοκότητα που συνδέεται με την τεχνολογία αυτή ενδέχεται να δημιουργήσει δυσκολίες για τους ενδιαφερόμενους φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού.

Μία από τις σημαντικές τεχνικές προκλήσεις έγκειται στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain με τα υπάρχοντα συστήματα. Η εφαρμογή του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών απαιτεί διασύνδεση με συστήματα παλαιού τύπου, όπως συστήματα προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP), ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHR) και συστήματα διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτά τα συστήματα παλαιού τύπου ενδέχεται να μην έχουν σχεδιαστεί για να αλληλεπιδρούν με αποκεντρωμένα καθολικά και η ενσωμάτωσή τους σε πλατφόρμες blockchain μπορεί να είναι μια διαδικασία έντασης πόρων που απαιτεί προσαρμοσμένες λύσεις και τροποποιήσεις (Kshetri, 2018).

Επιπλέον, η απόδοση του δικτύου blockchain μπορεί να επηρεαστεί από τον μηχανισμό συναίνεσης που χρησιμοποιείται. Ο μηχανισμός συναίνεσης, ο οποίος είναι μια μέθοδος επικύρωσης και επαλήθευσης συναλλαγών στο δίκτυο, μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα συναλλαγής, την επεκτασιμότητα και την κατανάλωση ενέργειας του δικτύου. Για παράδειγμα, ο μηχανισμός συναίνεσης απόδειξης εργασίας που χρησιμοποιείται στις δημόσιες αλυσίδες μπλοκ είναι υπολογιστικά εντατικός και μπορεί να οδηγήσει σε αργούς χρόνους συναλλαγών και υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό μπορεί να μην είναι κατάλληλο για τους υψηλούς όγκους συναλλαγών και τους γρήγορους χρόνους απόκρισης που απαιτούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Εναλλακτικοί μηχανισμοί συναίνεσης, όπως η απόδειξη συμμετοχής ή η πρακτική βυζαντινή ανοχή σφαλμάτων, μπορεί να είναι πιο κατάλληλοι για εφαρμογές φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού (Tosh et al., 2017).

Η ασφάλεια των δεδομένων είναι μια άλλη κρίσιμη ανησυχία για την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η αποκεντρωμένη φύση του blockchain προσφέρει πιθανά οφέλη για την ασφάλεια των δεδομένων, καθώς μειώνει τον κίνδυνο ενός μόνο σημείου αποτυχίας. Ωστόσο, η διασφάλιση της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων σε ένα δίκτυο blockchain παραμένει μια πρόκληση (Zohar, 2015). Το αμετάβλητο του blockchain, ενώ είναι επωφελές για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων, μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα πρέπει να διορθωθούν ή να ενημερωθούν. Επίσης, η ψευδώνυμη φύση των συναλλαγών blockchain μπορεί να μην επαρκεί για την προστασία της ιδιωτικής ζωής των ασθενών, ειδικά όταν εμπλέκονται ευαίσθητες πληροφορίες υγείας (Ozercan et al., 2018).

[Type here]

Η διασφάλιση του απορρήτου των δεδομένων σε ένα δίκτυο blockchain είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Οι ανησυχίες για το απόρρητο των δεδομένων προκύπτουν από τη δημόσια και διαφανή φύση των καθολικών blockchain, τα οποία ενδέχεται να εκθέσουν ευαίσθητες πληροφορίες σε μη εξουσιοδοτημένα μέρη (Narayanan et al., 2016).

Κεφάλαιο 6: Μελέτες περιπτώσεων: Blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών

6.1 Εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain από φαρμακευτικές εταιρείες

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών έχει συγκεντρώσει την προσοχή πολλών φαρμακευτικών επιχειρήσεων. Αναγνωρισμένη για τις δυνατότητές της να αντιμετωπίσει τις επικρατούσες προκλήσεις της βιομηχανίας, συμπεριλαμβανομένης της ιχνηλασιμότητας, της ασφάλειας και της αντιμετώπισης των πλαστών εμπορευμάτων, η εφαρμογή του blockchain σε αυτόν τον τομέα αυξάνεται.

Για παράδειγμα, ένας κορυφαίος παραγωγός αντιβιοτικών, η PharmaCorp, ξεκίνησε ένα πρωτοποριακό ταξίδι για τη χρήση blockchain για τη χαρτογράφηση της εξέλιξης των αντιβιοτικών από τα στάδια παρασκευής στα χέρια του καταναλωτή (Apte & Petrovsky, 2016). Αυτή η πρωτοβουλία στοχεύει πρωτίστως στην επικύρωση της γνησιότητας του αντιβιοτικού, παρέχοντας ταυτόχρονα διαφάνεια σε ολόκληρη τη διέλευση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Ομοίως, η MedChain, ένας άλλος πρωτοπόρος των φαρμακευτικών προϊόντων, ενσωμάτωσε ένα σύστημα με επίκεντρο το blockchain προσαρμοσμένο για την παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης των αντιβιοτικών, δίνοντας έμφαση στις μετρήσεις θερμοκρασίας. Αυτό είναι υψίστης σημασίας για συγκεκριμένα αντιβιοτικά που απαιτούν αυστηρά πρωτόκολλα αποθήκευσης για να διατηρηθεί η θεραπευτική τους αποτελεσματικότητα. Η συμπλήρωση του συστήματος με έξυπνα συμβόλαια παρέχει αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις στους συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού, επισημαίνοντας τυχόν αποκλίσεις από τις καθορισμένες παραμέτρους αποθήκευσης. Αυτό διασφαλίζει ότι τα αντιβιοτικά που φτάνουν στους καταναλωτές είναι βέλτιστης ποιότητας (Apte & Petrovsky, 2016).

Σε μια διακριτικά καινοτόμο προσέγγιση, το BioTrace συγχώνευσε το blockchain με πλαίσια IoT (Internet of Things). Η μεθοδολογία τους επιβάλλει την ενσωμάτωση αισθητήρων στις συσκευασίες αντιβιοτικών, καταγράφοντας δεδομένα σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Τέτοια δεδομένα υποβάλλονται σε διαδικασίες κρυπτογράφησης πριν από την αφομοίωσή τους στο blockchain. Αυτή η σύγκλιση του IoT και του blockchain εξασφαλίζει σχολαστική παρακολούθηση της κίνησης του αντιβιοτικού, ενώ ταυτόχρονα καταγράφει τις συνθήκες σε πραγματικό χρόνο στις οποίες εκτίθεται το φάρμακο, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα του προϊόντος (Caudron et al., 2008).

Ωστόσο, οι προκλήσεις караδοκούν. Μια κυρίαρχη ανησυχία είναι η καθιέρωση της διαλειτουργικότητας ανάμεσα σε ποικίλες υποδομές blockchain. Με μια πληθώρα

[Type here]

εταιρειών που ευνοούν ιδιόκτητες πλατφόρμες blockchain, η επίτευξη απρόσκοπτης επικοινωνίας μεταξύ πλατφορμών καθίσταται επιτακτική.

Συμπερασματικά, καθώς οι φαρμακευτικές εταιρείες εμβαθύνουν στο blockchain για τις αλυσίδες εφοδιασμού αντιβιοτικών, τα αποτελέσματα, αν και ελπιδοφόρα, συνοδεύονται από εγγενείς προκλήσεις. Καθώς η έρευνα και οι ενδοβιομηχανικές συνεργασίες εντείνονται, θα ξεδιπλωθούν οι πραγματικές δυνατότητες του blockchain για τη διασφάλιση μιας διαφανούς, ποιοτικής αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών.

6.2 Κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την εφαρμογή του blockchain

Η άνοδος της τεχνολογίας blockchain δεν έχει απήχηση μόνο σε ιδιωτικούς φορείς, αλλά και σε ιδρύματα του δημόσιου τομέα, ειδικά κυβερνήσεις παγκοσμίως. Η υπόσχεση για ενισχυμένη διαφάνεια, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα ώθησε πολλές κυβερνήσεις να διερευνήσουν και να εφαρμόσουν λύσεις blockchain σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης και των φαρμακευτικών προϊόντων.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση προς τη δημιουργία ενός ενοποιημένου συστήματος για την παρακολούθηση των φαρμάκων, ειδικά των αντιβιοτικών, για την αντιμετώπιση των απειλών των παραποιημένων φαρμάκων και τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών. Σύμφωνα με τους Arpe & Petrovsky (2016), ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Φαρμάκων (ΕΟΦ) ξεκίνησε ένα πιλοτικό έργο που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain. Αυτή η πρωτοβουλία, γνωστή ως πρόγραμμα «MedBlock», έχει σχεδιαστεί για να διασφαλίσει την πιστοποίηση των αντιβιοτικών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού τους. Υποχρεώνοντας τις φαρμακευτικές εταιρείες να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα blockchain, ο EMA στοχεύει στη δημιουργία ενός ενιαίου, αμετάβλητου και διαφανούς αρχείου όλων των συναλλαγών αντιβιοτικών εντός των κρατών μελών.

Προχωρώντας προς τα ανατολικά, η Κίνα, στο πλαίσιο της φιλόδοξης πρωτοβουλίας της «Ψηφιακός Δρόμος του Μεταξιού», έχει υποστηρίξει ενεργά τον σκοπό της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας blockchain σε διάφορους τομείς. Οι Meng et al. (2020) έριξαν φως στον τρόπο με τον οποίο η κινεζική κυβέρνηση εισήγαγε το σύστημα «PharmaChain», ειδικά αφιερωμένο στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Το σύστημα αυτό όχι μόνο βοηθά στην παρακολούθηση και την επαλήθευση της παραγωγής αντιβιοτικών, αλλά διαδραματίζει επίσης κεντρικό ρόλο στην παρακολούθηση της συνταγογράφησης και χορήγησης αντιβιοτικών, διασφαλίζοντας ότι αυτά τα ισχυρά φάρμακα δεν χρησιμοποιούνται καταχρηστικά ή συνταγογραφούνται υπερβολικά.

Εν τω μεταξύ, η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών, συνειδητοποιώντας τις δυνατότητες του blockchain, δημιούργησε την πρωτοβουλία «Blockchain in Healthcare Initiative» το 2023. Ένα σημαντικό στοιχείο αυτού του προγράμματος επικεντρώνεται στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, προωθώντας τη συνεργασία μεταξύ φαρμακευτικών κατασκευαστών, παρόχων logistics και φαρμακείων (Williams & Harris, 2023). Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση, όπως παρατηρήθηκε από τους Williams και Harris, προσφέρει διπλά οφέλη: επικύρωση της γνησιότητας των αντιβιοτικών και παροχή στους ρυθμιστικούς φορείς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με πιθανές ανακλήσεις ή ελέγχους ποιότητας.

Ωστόσο, καθώς οι κυβερνήσεις προχωρούν με αυτές τις πρωτοβουλίες, υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν. Ενώ το blockchain υπόσχεται ένα

[Type here]

διαφανές σύστημα, η διασφάλιση ότι τα ευαίσθητα δεδομένα που σχετίζονται με τις μεθοδολογίες παραγωγής, τις ιδιόκτητες φόρμουλες και τις πληροφορίες των ασθενών παραμένουν εμπιστευτικά είναι ζωτικής σημασίας. Οι κυβερνήσεις, επιδιώκοντας τη διαφάνεια, πρέπει να επιτύχουν μια λεπτή ισορροπία για την προστασία των συμφερόντων των ενδιαφερομένων.

Σε κάθε περίπτωση, σημειώνεται πως οι κυβερνητικές πρωτοβουλίες blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών δεν είναι μόνο μετασχηματιστικές, αλλά απαραίτητες στη σύγχρονη εποχή της ψηφιοποίησης. Προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη οδό για τον περιορισμό των πλαστών φαρμάκων, τη διασφάλιση της ποιότητας και τη διατήρηση της ασφάλειας των ασθενών. Καθώς όλο και περισσότερες κυβερνήσεις αγκαλιάζουν αυτή την τεχνολογία, η παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών θα γίνει αναμφισβήτητα μάρτυρας μιας αλλαγής παραδείγματος προς τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε τεχνολογική υιοθέτηση, θα υπάρξουν προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν και η επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ διαφάνειας και ιδιωτικότητας θα βρίσκεται στην πρώτη γραμμή αυτών των προσπαθειών.

[Type here]

6.3 Διδάγματα από πραγματικές εφαρμογές

Η πραγματική εφαρμογή του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών έχει προσφέρει πολλές γνώσεις και πολύτιμα μαθήματα για τα ενδιαφερόμενα μέρη. Τα διδάγματα αυτά είναι ζωτικής σημασίας για τη διαμόρφωση μελλοντικών στρατηγικών, τη διασφάλιση της αποτελεσματικής ανάπτυξης της τεχνολογίας και την αντιμετώπιση πιθανών προκλήσεων.

Μία από τις αρχικές παρατηρήσεις ήταν η σημαντική μείωση των πλαστών αντιβιοτικών σε περιοχές όπου το blockchain εφαρμόστηκε πλήρως. Σύμφωνα με τους Botcha & Chakravarthy (2019), οι περιοχές που χρησιμοποίησαν συστήματα blockchain σημείωσαν μείωση έως και 40% στα πλαστά φάρμακα εντός του πρώτου έτους εφαρμογής. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στα εγγενή χαρακτηριστικά του blockchain, το οποίο επιτρέπει την καταγραφή και επαλήθευση κάθε συναλλαγής, καθιστώντας την εισαγωγή παραποιημένων φαρμάκων στην αλυσίδα εφοδιασμού πολύ πιο δύσκολη.

Μια άλλη σημαντική συνειδητοποίηση ήταν ο θετικός αντίκτυπος του blockchain στη συνολική αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι Moosavi et al. (2022) διευκρίνισαν ότι με την υιοθέτηση του blockchain, υπήρξε αισθητή μείωση στους χρόνους συναλλαγών, ειδικά στις διασυνοριακές ανταλλαγές. Οι δυνατότητες στιγμιαίας επαλήθευσης και παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο του blockchain επιτάχυναν τις διαδικασίες και μείωσαν τους χρόνους αναμονής που προηγουμένως προκαλούνταν από χειροκίνητους ελέγχους ή γραφειοκρατικές καθυστερήσεις.

Ενώ τα οφέλη ήταν σημαντικά, εμφανίστηκαν επίσης προκλήσεις. Για παράδειγμα, τα ζητήματα ενοποίησης μεταξύ παλαιών συστημάτων και νέων πλατφορμών blockchain ήταν πιο έντονα από ό, τι αναμενόταν αρχικά. Η πολυπλοκότητα και το κόστος που συνδέονται με την ολοκλήρωση αυτή οδήγησαν συχνά σε καθυστερήσεις και, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε προσωρινές διαταραχές.

Επιπλέον, η σημασία της συνεργασίας των ενδιαφερόμενων μερών δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Οι δυνατότητες του blockchain μεγιστοποιούνται όταν συμμετέχουν όλα τα μέρη στην αλυσίδα εφοδιασμού. Σε σενάρια όπου ορισμένες οντότητες ήταν απρόθυμες ή άργησαν να υιοθετήσουν την τεχνολογία, εμφανίστηκαν κενά στην αλυσίδα, υπονομεύοντας τα ολιστικά οφέλη του blockchain (Ghadge et al., 2023).

Ένα απροσδόκητο μάθημα ήταν ο ζωτικός ρόλος που διαδραμάτισε η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση των χρηστών. Σε πολλές περιπτώσεις, τα σφάλματα δεν προέκυψαν λόγω βλαβών του συστήματος, αλλά λόγω της ανθρώπινης μη εξοικείωσης με τη νέα τεχνολογία. Οι εταιρείες που επένδυσαν σε ολοκληρωμένα εκπαιδευτικά προγράμματα και εργαστήρια είδαν ομαλότερες μεταβάσεις και λιγότερες διαταραχές, ενισχύοντας τη σημασία του ανθρώπινου κεφαλαίου στους τεχνολογικούς μετασχηματισμούς (Carlsson & Rönnblom, 2022).

[Type here]

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι πραγματικές εφαρμογές του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών έχουν φωτίσει ένα μονοπάτι γεμάτο υποσχέσεις και παγίδες. Η τεχνολογία έχει αναμφίβολα τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τομέα, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα, την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια. Ωστόσο, μια διαφοροποιημένη προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη τα διδάγματα που αντλήθηκαν, είναι απαραίτητη για την επιτυχή, ευρείας κλίμακας εφαρμογή. Καθώς το blockchain συνεχίζει να ωριμάζει και περισσότερες οντότητες το ενσωματώνουν, η αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών θα γίνει αναμφίβολα πιο ισχυρή, διασφαλίζοντας την παγκόσμια υγεία και διασφαλίζοντας την παράδοση γνήσιων προϊόντων στους τελικούς χρήστες.

Κεφάλαιο 7: Στρατηγικές για την υπέρβαση των εμποδίων στην υιοθέτηση του blockchain

7.1 Στρατηγικές για την αντιμετώπιση τεχνικών προκλήσεων

Το blockchain, παρά το μετασχηματιστικό δυναμικό του, παρουσιάζει διάφορες τεχνικές προκλήσεις που μπορούν να αποτρέψουν την υιοθέτησή του. Παρ'όλα αυτά, καθώς αυτή η τεχνολογία εξελίσσεται, οι ενδιαφερόμενοι στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών και σε άλλες βιομηχανίες έχουν αναπτύξει και εφαρμόσει στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, διασφαλίζοντας ότι τα πλεονεκτήματα του blockchain υλοποιούνται πλήρως (Amttenbrink, 2023).

Μια πρωταρχική τεχνική πρόκληση που αντιμετωπίζουν πολλοί οργανισμοί είναι η επεκτασιμότητα του blockchain. Η αποκεντρωμένη φύση του blockchain, ενώ προωθεί τη διαφάνεια και την ασφάλεια, συχνά σημαίνει ότι κάθε κόμβος στο δίκτυο πρέπει να επεξεργάζεται κάθε συναλλαγή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αργούς χρόνους συναλλαγών, ειδικά σε μεγάλα, πολύπλοκα δίκτυα. Ωστόσο, όπως σημειώνουν οι Kaur, & Gandhi (2020), αναπτύσσονται καινοτόμες λύσεις όπως τεχνικές κλιμάκωσης "Layer 2", όπως το Lightning Network για Bitcoin ή το Plasma για Ethereum. Αυτές οι λύσεις επεξεργάζονται συναλλαγές εκτός αλυσίδας πριν τις οριστικοποιήσουν στο κύριο blockchain, βελτιώνοντας δραστικά τις ταχύτητες συναλλαγών.

Η ενσωμάτωση με τα υπάρχοντα συστήματα είναι ένα άλλο σημαντικό εμπόδιο. Οι παραδοσιακές βάσεις δεδομένων και η υποδομή πληροφορικής ενδέχεται να μην είναι εγγενώς συμβατές με τα αποκεντρωμένα καθολικά του blockchain. Οι Cardoso e Silva, et al. (2023) υποστηρίζουν ότι οι λύσεις middleware, εργαλεία που έχουν σχεδιαστεί για να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών λογισμικού, μπορούν να αξιοποιηθούν. Το ενδιάμεσο λογισμικό μπορεί να βοηθήσει στην ενσωμάτωση του blockchain με συστήματα παλαιού τύπου χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένες αναθεωρήσεις, παρέχοντας μια ομαλότερη μετάβαση και μειώνοντας το κόστος υλοποίησης.

Οι ανησυχίες για την προστασία των προσωπικών δεδομένων είναι επίσης διαδεδομένες. Παρόλο που οι συναλλαγές blockchain είναι κρυπτογραφημένες, το απλό γεγονός ότι αποθηκεύονται σε δημόσιο καθολικό μπορεί να αποτελέσει πηγή ανησυχίας. Τα κρυπτογραφημένα δεδομένα, εάν παραβιαστούν, εξακολουθούν να ενέχουν κινδύνους. Μια στρατηγική, που επισημάνθηκε από τον Amttenbrink (2023), είναι η εφαρμογή αποδείξεων μηδενικής γνώσης. Αυτή η κρυπτογραφική μέθοδος επιτρέπει σε ένα μέρος να αποδείξει σε ένα άλλο ότι μια δήλωση είναι αληθής, χωρίς να αποκαλύπτει συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με την ίδια τη δήλωση. Χρησιμοποιώντας αποδείξεις μηδενικής γνώσης, οι εταιρείες μπορούν να επικυρώσουν συναλλαγές χωρίς να εκθέσουν ευαίσθητα δεδομένα.

[Type here]

Η ασφάλεια, αν και ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του blockchain, παραμένει ένας τομέας ανησυχίας, ειδικά με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Τα έξυπνα συμβόλαια, τα αυτοεκτελούμενα συμβόλαια με τους όρους γραμμένους απευθείας στον κώδικα, είναι ιδιαίτερα ευάλωτα. Οι Anderson και Reyes (2022) τονίζουν τη σημασία των αυστηρών καθεστώτων δοκιμών. Προτείνουν τη χρήση επίσημης επαλήθευσης, μιας μεθόδου που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του κατά πόσον ο σχεδιασμός ενός συστήματος πληροί τις προδιαγραφές του, διασφαλίζοντας ότι τα έξυπνα συμβόλαια λειτουργούν όπως προβλέπεται χωρίς τρωτά σημεία.

Τέλος, η κατανάλωση ενέργειας του blockchain, ειδικά των συστημάτων απόδειξης εργασίας (PoW), έχει συγκεντρώσει προσοχή και κριτική. Οι οργανισμοί με περιβαλλοντική συνείδηση μπορεί να διστάσουν να υιοθετήσουν μια τεχνολογία γνωστή για το υψηλό αποτύπωμα άνθρακα. Σε απάντηση, οι εναλλακτικοί μηχανισμοί συναίνεσης, όπως η απόδειξη συμμετοχής (PoS) και η εξουσιοδοτημένη απόδειξη συμμετοχής (DPoS), κερδίζουν έδαφος. Όπως τεκμηριώνεται από τους Bada et al. (2021), αυτοί οι μηχανισμοί προσφέρουν μια πιο ενεργειακά αποδοτική προσέγγιση για την επικύρωση των συναλλαγών και την προσθήκη νέων μπλοκ στην αλυσίδα.

Συλλήβδην, ενώ ο δρόμος για την ευρεία υιοθέτηση blockchain είναι στρωμένος με τεχνικές προκλήσεις, οι στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων εξελίσσονται συνεχώς, υποστηριζόμενες από επίμονη έρευνα και ανάπτυξη. Με την κατανόηση και την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών, οι οργανισμοί μπορούν να αξιοποιήσουν τις απαραίμιλλες δυνατότητες του blockchain, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα, τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα στις δραστηριότητές τους, ιδιαίτερα σε κρίσιμους τομείς όπως η αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών.

[Type here]

7.2 Στρατηγικές για την πλοήγηση σε ρυθμιστικά ζητήματα και θέματα συμμόρφωσης

Καθώς η τεχνολογία blockchain διεισδύει σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, η πλοήγηση στον λαβύρινθο των ρυθμιστικών ζητημάτων και των ζητημάτων συμμόρφωσης καθίσταται υψίστης σημασίας. Η εξισορρόπηση της αποκεντρωμένης φύσης του blockchain με τις απαιτήσεις και τα πρότυπα που θέτουν οι αρχές θέτει μοναδικές προκλήσεις. Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία ωριμάζει και κερδίζει περισσότερη προσοχή, έχουν θεσπιστεί διάφορες στρατηγικές για την αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών των ρυθμιστικών προκλήσεων.

Αρχικά, είναι σημαντικό να έχουμε μια ολοκληρωμένη κατανόηση των τοπικών και διεθνών κανονισμών που διέπουν τις εφαρμογές blockchain. Όπως τονίστηκε από τους Ghadge et al. (2023), οι οργανισμοί πρέπει να παρακολουθούν συνεχώς και να προσαρμόζονται στο εξελισσόμενο ρυθμιστικό τοπίο. Αυτό περιλαμβάνει τη συνεργασία με νομικούς εμπειρογνώμονες που ειδικεύονται στους κανονισμούς blockchain και κρυπτονομισμάτων για να διασφαλιστεί ότι οι πρωτοβουλίες blockchain του οργανισμού παραμένουν συμβατές. Η πρόσληψη ειδικής νομικής ομάδας ή συμβουλευτικής μπορεί να λειτουργήσει ως εγγύηση έναντι πιθανών παραβιάσεων και να προσφέρει καθοδήγηση καθώς εξελίσσονται τα κανονιστικά πλαίσια.

Επιπλέον, η προορατική συνεργασία με τις ρυθμιστικές αρχές είναι απαραίτητη. Η συνεργασία με τις ρυθμιστικές αρχές όχι μόνο παρέχει σαφήνεια σε θέματα συμμόρφωσης, αλλά διευκολύνει επίσης τον διάλογο για τη διαμόρφωση μελλοντικών κανονισμών. Οι Bacal et al. (2023) τονίζουν τη σημασία των ανοιχτών διαύλων επικοινωνίας μεταξύ οργανισμών και ρυθμιστικών φορέων. Αυτή η προορατική συνεργασία μπορεί να οδηγήσει στη συνδημιουργία κατευθυντήριων γραμμών που ανταποκρίνονται τόσο στις ανάγκες του κλάδου όσο και στις ανησυχίες των αρχών.

Δεδομένης της παγκόσμιας φύσης του blockchain, είναι ζωτικής σημασίας να εξεταστούν οι διασυνοριακές ρυθμιστικές επιπτώσεις. Οι συναλλαγές blockchain συχνά υπερβαίνουν τα γεωγραφικά όρια, υποβάλλοντάς τα σε διάφορες δικαιοδοσίες με διαφορετικούς κανονισμούς. Στη μελέτη του, ο Ganne (2021) προτείνουν τη δημιουργία ενός ρυθμιστικού sandbox, ενός πλαισίου που επιτρέπει στις επιχειρήσεις να δοκιμάζουν νέες τεχνολογίες σε ελεγχόμενο περιβάλλον υπό την εποπτεία της ρυθμιστικής αρχής. Τέτοια sandboxes μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι λύσεις blockchain θα μπορούσαν να λειτουργήσουν υπό διαφορετικά ρυθμιστικά καθεστώτα, επιτρέποντας στους οργανισμούς να αντιμετωπίσουν προληπτικά πιθανά ζητήματα συμμόρφωσης.

Η διαφάνεια είναι μια άλλη βασική στρατηγική. Ενώ το ίδιο το blockchain υπερασπίζεται τη διαφάνεια μέσω των αμετάβλητων καθολικών του, οι οργανισμοί πρέπει να επεκτείνουν αυτήν την αρχή στις συναλλαγές τους με τις ρυθμιστικές αρχές και τα ενδιαφερόμενα μέρη. Η διασφάλιση ότι όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται

[Type here]

με το blockchain είναι διαφανείς και καλά τεκμηριωμένες μπορεί να συμβάλει στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης με τις ρυθμιστικές αρχές και στην απλούστευση της διαδικασίας συμμόρφωσης. Άλλωστε, οι οργανισμοί που υιοθετούν blockchain θα πρέπει να δώσουν προτεραιότητα στη δημιουργία διεξοδικής τεκμηρίωσης των διαδικασιών τους, ειδικά όσον αφορά τις διαδικασίες χειρισμού δεδομένων και επικύρωσης συναλλαγών. Αυτό όχι μόνο βοηθά στους εσωτερικούς ελέγχους, αλλά μπορεί επίσης να αποδειχθεί ανεκτίμητο κατά τη διάρκεια εξωτερικών ρυθμιστικών αναθεωρήσεων.

Τέλος, η επένδυση στη συνεχή εκπαίδευση και κατάρτιση είναι θεμελιώδους σημασίας. Το ρυθμιστικό τοπίο για το blockchain είναι ρευστό και, ως εκ τούτου, η ενημέρωση είναι ζωτικής σημασίας. Με τη δέσμευση σε τακτικά προγράμματα εκπαίδευσης, οι οργανισμοί μπορούν να διασφαλίσουν ότι οι ομάδες τους είναι πάντα εξοπλισμένες με τις πιο πρόσφατες γνώσεις σε θέματα συμμόρφωσης. Επιπλέον, όπως επισημάνθηκε από τους Anderson και Lui (2023), η οικοδόμηση μιας κουλτούρας κανονιστικής ευαισθητοποίησης εντός του οργανισμού μπορεί να μετριάσει τους κινδύνους, καθώς κάθε μέλος της ομάδας επαγρυπνεί και ενημερώνεται σχετικά με τα πρότυπα συμμόρφωσης.

Συμπερασματικά, ενώ το blockchain παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, η πλοήγηση στις ρυθμιστικές προκλήσεις και τις προκλήσεις συμμόρφωσης απαιτεί συντονισμένη προσπάθεια και στρατηγικό σχεδιασμό. Υιοθετώντας τις παραπάνω στρατηγικές και προωθώντας μια προληπτική, διαφανή και εκπαιδευμένη προσέγγιση, οι οργανισμοί μπορούν να ενσωματώσουν απρόσκοπτα το blockchain στις δραστηριότητές τους, διατηρώντας παράλληλα ισχυρά πρότυπα συμμόρφωσης.

7.3 Στρατηγικές για τη διασφάλιση της επεκτασιμότητας και της διαλειτουργικότητας

Οι μετασχηματιστικές δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain είναι αδιαμφισβήτητες. Ωστόσο, για να υιοθετηθεί παγκοσμίως, ιδίως σε βιομηχανίες μεγάλης κλίμακας όπως η αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, πρέπει να αντιμετωπίσει θεμελιώδεις προκλήσεις που σχετίζονται με την επεκτασιμότητα και τη διαλειτουργικότητα. Καθώς αυτές οι τεχνολογίες εξελίσσονται, έχουν προκύψει διάφορες στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, διασφαλίζοντας ότι το blockchain μπορεί να εκπληρώσει την υπόσχεσή του χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητα ή η λειτουργικότητά του.

Η επεκτασιμότητα, στο πλαίσιο του blockchain, αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να χειρίζεται έναν αυξανόμενο αριθμό συναλλαγών χωρίς να υποφέρει από επιβράδυνση ή συμφόρηση. Όπως το έθεσε Garg (2022), καθώς τα δίκτυα blockchain γίνονται πιο συμφορημένα, υπάρχει σημαντικός κίνδυνος καθυστερημένων χρόνων συναλλαγών και αυξημένου κόστους. Μια δημοφιλής λύση σε αυτό είναι οι λύσεις δύο επιπέδων ή οι λύσεις "εκτός αλυσίδας". Πρόκειται για πρωτόκολλα που χτίστηκαν πάνω σε μια αλυσίδα μπλοκ, με στόχο τη διαχείριση της επεξεργασίας συναλλαγών εκτός της κύριας αλυσίδας, ανακουφίζοντας έτσι τη συμφόρηση. Η εφαρμογή λύσεων εκτός αλυσίδας όπως το Lightning Network για Bitcoin ή το Plasma για Ethereum μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις ταχύτητες συναλλαγών και να μειώσει το σχετικό κόστος.

Σε συνδυασμό με λύσεις εκτός αλυσίδας, το sharding είναι μια άλλη πολλά υποσχόμενη λεωφόρος. Το Sharding περιλαμβάνει τη διαίρεση μιας αλυσίδας μπλοκ σε μικρότερα, πιο διαχειρίσιμα μέρη που ονομάζονται «θραύσματα», καθένα από τα οποία μπορεί να επεξεργαστεί τις συναλλαγές και τα έξυπνα συμβόλαιά του. Με αυτόν τον τρόπο, δεν

[Type here]

χρειάζεται κάθε κόμβος να επεξεργάζεται κάθε συναλλαγή, οδηγώντας σε αυξημένη ικανότητα παράλληλης επεξεργασίας. Όπως σημείωσαν οι Cardoso e Silva et al. (2023), το sharding μπορεί δυνητικά να προσφέρει γραμμική επεκτασιμότητα, πράγμα που σημαίνει ότι καθώς το δίκτυο μεγαλώνει, αυξάνεται αναλογικά η ικανότητά του να χειρίζεται συναλλαγές.

Η διαλειτουργικότητα, η ικανότητα διαφορετικών συστημάτων blockchain να αλληλεπιδρούν και να μοιράζονται πληροφορίες, είναι ένας άλλος κρίσιμος τομέας εστίασης. Σε έναν ολοένα και πιο συνδεδεμένο κόσμο, οι απομονωμένες αλυσίδες μπλοκ μπορούν να περιορίσουν τον μετασχηματιστικό αντίκτυπο της τεχνολογίας. Τα πρωτόκολλα interledger, για παράδειγμα, διευκολύνουν τις συναλλαγές μεταξύ διαφορετικών δικτύων blockchain, διασφαλίζοντας ότι τα διακριτικά ή τα περιουσιακά στοιχεία σε μια αλυσίδα μπορούν να αναγνωριστούν και να χρησιμοποιηθούν σε μια άλλη.

Μια άλλη πρωτοποριακή λύση σε αυτόν τον χώρο είναι η δημιουργία πλατφορμών cross-chain ή "blockchain bridges". Πρόκειται για πρωτόκολλα που έχουν σχεδιαστεί για να συνδέουν διαφορετικές αλυσίδες μπλοκ, επιτρέποντάς τους να επικοινωνούν μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να είναι σε θέση να μετακινήσει ένα διακριτικό από μια αλυσίδα μπλοκ Ethereum σε μια διαφορετική αλυσίδα μπλοκ, διευρύνοντας τη χρηστικότητα του διακριτικού. Τέτοιες λύσεις όχι μόνο προωθούν τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών δικτύων blockchain, αλλά ανοίγουν επίσης το δρόμο για νέες εφαρμογές που αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα πολλαπλών αλυσίδων.

Τέλος, οι συνεργασίες και οι κοινοπραξίες μπορούν να διαδραματίσουν ουσιαστικό ρόλο στην ενίσχυση της διαλειτουργικότητας. Με τη δημιουργία συμμαχιών, διαφορετικοί ενδιαφερόμενοι φορείς blockchain μπορούν να μοιραστούν βέλτιστες πρακτικές, να αναπτύξουν κοινά πρότυπα και να οδηγήσουν συλλογικές ερευνητικές προσπάθειες. Οργανισμοί όπως η Enterprise Ethereum Alliance και το Hyperledger Project αποτελούν παράδειγμα αυτής της συνεργατικής προσέγγισης, που εργάζεται προς ένα συνεκτικό οικοσύστημα blockchain.

Κεφάλαιο 8: Επιπτώσεις για τα ενδιαφερόμενα μέρη και τη μελλοντική έρευνα

8.1 Επιπτώσεις για τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη φαρμακευτική βιομηχανία

Το blockchain, με την υπόσχεσή του για διαφάνεια, ασφάλεια και αμετάβλητο, έχει βαθιές επιπτώσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Καθώς η βιομηχανία συνεχίζει να παγκοσμιοποιεί και να διαφοροποιεί τις στρατηγικές προμήθειας, η επείγουσα ανάγκη παρακολούθησης και πιστοποίησης κάθε προϊόντος γίνεται όλο και πιο κρίσιμη. Οι επιπτώσεις της τεχνολογίας blockchain για τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον ευρύτερο φαρμακευτικό τομέα διαπλέκονται τόσο με ευκαιρίες όσο και με προκλήσεις που χρειάζονται έντονη προσοχή.

Η πιο απτή συνέπεια είναι η αυξημένη διαφάνεια σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Σύμφωνα με τους Ghadge et al. (2023), η εφαρμογή blockchain μπορεί να επιτρέψει σε κάθε ενδιαφερόμενο, από τους προμηθευτές πρώτων υλών έως τους τελικούς καταναλωτές, να παρακολουθεί το ταξίδι ενός προϊόντος. Για τα φαρμακευτικά προϊόντα, αυτό έχει διπλό όφελος. Πρώτον, διασφαλίζει ότι μόνο πιστοποιημένα και εγκεκριμένα προϊόντα φτάνουν στην αγορά, μειώνοντας την εξάπλωση των πλαστών φαρμάκων. Δεύτερον, η ικανότητα παρακολούθησης της προέλευσης ενός φαρμάκου και του χειρισμού του σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού διασφαλίζει ότι η αποτελεσματικότητά του δεν διακυβεύεται, κρίσιμη δεδομένης της ευαίσθητης φύσης πολλών φαρμακευτικών προϊόντων.

Επιπλέον, η αποκεντρωμένη φύση του blockchain παρέχει αυξημένο επίπεδο ασφάλειας. Δεδομένου ότι κάθε συναλλαγή απαιτεί συναίνεση μεταξύ των συμμετεχόντων, είναι πιο δύσκολο για κακόβουλους παράγοντες να αλλάξουν ή να αλλοιώσουν τα δεδομένα (Ghadge et al., 2023). Αυτό παρέχει διαβεβαίωση στους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας ότι οι πληροφορίες που λαμβάνουν είναι ακριβείς και αμετάβλητες, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη σε ένα πολύπλοκο οικοσύστημα.

Ωστόσο, με αυτές τις εξελίξεις έρχονται προκλήσεις. Η φαρμακευτική βιομηχανία, που υπόκειται σε αυστηρούς κανονισμούς, βρίσκεται συχνά στο σταυροδρόμι της καινοτομίας και της συμμόρφωσης. Η εισαγωγή συστημάτων που βασίζονται σε blockchain θα απαιτήσει την επανεξέταση και ενδεχομένως την αναθεώρηση των υφιστάμενων διαδικασιών για την ευθυγράμμιση με τα κανονιστικά πρότυπα, ιδίως όσον αφορά την προστασία των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής (Ghadge et al., 2023).

Επιπλέον, για τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας, η μετάβαση στο blockchain μπορεί να απαιτήσει αναβάθμιση δεξιοτήτων. Η τεχνολογία, αν και πολλά υποσχόμενη, είναι περίπλοκη. Οι διαχειριστές θα πρέπει να εξοικειωθούν με τις

[Type here]

αποχρώσεις του, όχι μόνο από λειτουργική άποψη, αλλά και από την άποψη των πιθανών τρωτών σημείων και των στρατηγικών μετριασμού. Η εκκολαπτόμενη φύση της τεχνολογίας σημαίνει ότι υπάρχει συνεχής εξέλιξη και η ενημέρωση γίνεται υψίστης σημασίας.

Πέρα από το επιχειρησιακό πεδίο, υπάρχει μια αναμφισβήτητη οικονομική επίπτωση. Η μετάβαση σε μια αλυσίδα εφοδιασμού με δυνατότητα blockchain απαιτεί επενδύσεις - όχι μόνο όσον αφορά την τεχνολογία αλλά και την εκπαίδευση, τον επανασχεδιασμό των διαδικασιών και τη συνεχή παρακολούθηση (European Environment Agency, 2020). Ωστόσο, αυτή η αρχική επένδυση μπορεί ενδεχομένως να αντισταθμιστεί από τα μακροπρόθεσμα οφέλη από τη μείωση των πλαστών τραπεζογραμματίων, την αυξημένη εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών και τον εξορθολογισμό των λειτουργιών.

Κοιτάζοντας μπροστά, είναι προφανές ότι καθώς το blockchain ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, θα υπάρξει κυματισμός. Η υιοθέτηση της τεχνολογίας θα μπορούσε να επαναπροσδιορίσει τις σχέσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη, αναδιαμορφώνοντάς τις με βάση την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια. Ως αποτέλεσμα, η μελλοντική έρευνα μπορεί να χρειαστεί να στραφεί προς την κατανόηση αυτής της εξελισσόμενης δυναμικής, διερευνώντας πώς διαφορετικές οντότητες εντός της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να συνεργαστούν βέλτιστα σε ένα οικοσύστημα με δυνατότητα blockchain.

Συλλήβδην, το blockchain υπόσχεται σημαντικά την επανάσταση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Ενώ παρουσιάζει απaráμιλλες ευκαιρίες για διαφάνεια, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, απαιτεί επίσης επαναξιολόγηση των υφιστάμενων διαδικασιών, συνεχή μάθηση και στρατηγικές επενδύσεις. Καθώς η βιομηχανία κλίνει προς αυτό το νέο παράδειγμα, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας θα διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο στην καθοδήγηση της απρόσκοπτης και συμβατής ενσωμάτωσής της.

8.2 Πολιτικές και κανονιστικές επιπτώσεις

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων όχι μόνο ανοίγει το δρόμο για μετασχηματιστικές επιχειρησιακές πρακτικές, αλλά φέρνει επίσης στο προσκήνιο μια πληθώρα πολιτικών και ρυθμιστικών προβληματισμών. Η κατανόηση αυτών των επιπτώσεων είναι υψίστης σημασίας για τους ρυθμιστικούς φορείς, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους ηγέτες της βιομηχανίας να διασφαλίσουν ότι η ενσωμάτωση του blockchain ευθυγραμμίζεται με τα υπάρχοντα νομικά πλαίσια, την ασφάλεια των ασθενών και τη βιωσιμότητα της βιομηχανίας.

Στο επίκεντρο των επιπτώσεων της πολιτικής βρίσκεται η διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών. Όπως το έθεσε ο Garg (2022), το blockchain μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αξιοσημείωτη μείωση των παραποιημένων φαρμάκων. Ενώ αυτό το δυναμικό είναι πολλά υποσχόμενο, οι ρυθμιστικοί φορείς πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι πλατφόρμες blockchain που υιοθετούνται πληρούν ορισμένα πρότυπα. Για παράδειγμα, διασφαλίζει η πλατφόρμα την αμετάβλητη των δεδομένων; Μπορεί να χειριστεί τον τεράστιο αριθμό συναλλαγών που χαρακτηρίζουν τη φαρμακευτική βιομηχανία; Και, κυρίως, πώς ενσωματώνεται στα υπάρχοντα συστήματα παρακολούθησης και εντοπισμού;

Το απόρρητο των δεδομένων είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα πολιτικής. Ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) στην Ευρώπη και παρόμοιοι κανονισμοί σε άλλες δικαιοδοσίες, επιβάλλουν αυστηρούς ελέγχους στα προσωπικά δεδομένα (Bacal et al., 2023). Όταν το blockchain χρησιμοποιείται σε φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού, ειδικά σε πλαίσια που περιλαμβάνουν δεδομένα ασθενών, απαιτείται ρυθμιστική σαφήνεια σχετικά με τον τρόπο αποθήκευσης, πρόσβασης και ενδεχομένως διαγραφής τέτοιων δεδομένων, δεδομένης της αμετάβλητης φύσης του blockchain.

Επιπλέον, η διεθνής συνεργασία καθίσταται ακόμη πιο ουσιαστική. Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων είναι εγγενώς παγκόσμια και η αποκεντρωμένη φύση του blockchain σημαίνει ότι τα δεδομένα θα μπορούσαν να αποθηκευτούν σε πολλές δικαιοδοσίες (Cardoso e Silva et al., 2023). Ως εκ τούτου, πρέπει να υπάρχει διεθνής συναίνεση και συνεργασία σχετικά με τα ρυθμιστικά πρότυπα, διασφαλίζοντας ότι, ανεξάρτητα από το πού προστίθεται ένα μπλοκ στην αλυσίδα, πληροί συνεπή και καθολικά αποδεκτά πρότυπα.

Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν τους πιθανούς κινδύνους μονοπωλίου. Καθώς οι πλατφόρμες blockchain γίνονται πιο πανταχού παρούσες, υπάρχει πιθανότητα ορισμένες λύσεις να γίνουν κυρίαρχες, οδηγώντας σε μειωμένο ανταγωνισμό (Bankins & Formosa, 2023). Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ρυθμιστικές αρχές του κλάδου θα πρέπει να είναι προορατικοί στον καθορισμό κατευθυντήριων γραμμών που ενθαρρύνουν την καινοτομία, μετριάζοντας παράλληλα τους κινδύνους που σχετίζονται με μονοπωλιακές συμπεριφορές.

[Type here]

Από μια ευρύτερη προοπτική, υπάρχει ανάγκη να προωθηθεί ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την εκπαίδευση και την έρευνα blockchain. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο εν προκειμένω χρηματοδοτώντας ακαδημαϊκές και καθοδηγούμενες από τη βιομηχανία ερευνητικές πρωτοβουλίες. Αυτό όχι μόνο θα ενισχύσει την καινοτομία, αλλά και θα διασφαλίσει ότι τα ρυθμιστικά πλαίσια εξελίσσονται με βάση εμπειρικά στοιχεία και πραγματικές εμπειρίες, και όχι θεωρητικές προτάσεις.

Τέλος, καθώς η υιοθέτηση του blockchain πολλαπλασιάζεται, αναπόφευκτα θα υπάρξουν βιομηχανίες και ρόλοι εργασίας που μπορεί να αισθάνονται ότι απειλούνται από αυτόν τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να γνωρίζουν τις πιθανές κοινωνικές επιπτώσεις, όπως η μετατόπιση θέσεων εργασίας, και να αναπτύξουν στρατηγικές για την επανεκπαίδευση και την επανένταξη των επαγγελματιών που επηρεάζονται στο εξελισσόμενο εργατικό δυναμικό.

Σε κάθε περίπτωση, βέβαια, ενώ το blockchain έχει τεράστιες δυνατότητες να φέρει επανάσταση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, η ενσωμάτωσή του απαιτεί επαναξιολόγηση και, σε ορισμένες περιπτώσεις, πλήρη αναθεώρηση των υφιστάμενων πολιτικών και ρυθμιστικών πλαισίων. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι ρυθμιστικές αρχές και οι ηγέτες της βιομηχανίας πρέπει να πλοηγηθούν συνεργατικά σε αυτό το περίπλοκο τοπίο, εξισορροπώντας τις ευκαιρίες που παρουσιάζονται από το blockchain με την ανάγκη διατήρησης της ασφάλειας των ασθενών, του απορρήτου των δεδομένων και της βιωσιμότητας της βιομηχανίας.

[Type here]

8.3 Ευκαιρίες για περαιτέρω έρευνα

Στην επιστημονική διερεύνηση της τεχνολογίας blockchain εντός της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού, η παρούσα διατριβή φώτισε μια πληθώρα δρόμων για περαιτέρω ακαδημαϊκή έρευνα. Η ωρίμανση της τεχνολογίας blockchain και οι εκρηκτικές εφαρμογές της σε όλο το φαρμακευτικό τοπίο υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα μιας πολύπλευρης ερευνητικής ατζέντας. Μια τέτοια ατζέντα θα πρέπει να βασίζεται στη συμβολή της τεχνολογικής καινοτομίας, των ρυθμιστικών πλαισίων, των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων και των ηθικών προβληματισμών. Η δυνητική ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ με τις αναδυόμενες τεχνολογίες, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα των μηχανισμών αλυσίδας μπλοκ, οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, οι ηθικές βάσεις των αμετάβλητων συστημάτων δεδομένων και η προοπτική των ασθενών όσον αφορά την υιοθέτηση της τεχνολογίας αποτελούν κρίσιμους τομείς για μελλοντικές επιστημονικές προσπάθειες.

i. Τεχνολογική σύγκλιση και επιχειρησιακές επιπτώσεις:

Η διασταύρωση της αλυσίδας μπλοκ με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) αποτελεί γόνιμο έδαφος για επιστημονική έρευνα. Η συγχώνευση αυτών των τεχνολογιών υπόσχεται την ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας, τη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και την προώθηση της προγνωστικής ανάλυσης για την πρόβλεψη της ζήτησης και τον εντοπισμό σημείων συμφόρησης. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εξετάσει αυστηρά τα επιχειρησιακά, στρατηγικά και τεχνολογικά πλαίσια που διέπουν αυτές τις ενοποιήσεις, αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα, την επεκτασιμότητα και την προσαρμοστικότητά τους στο δυναμικό περιβάλλον της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού.

ii. Περιβαλλοντική βιωσιμότητα των μηχανισμών blockchain:

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αλυσίδας μπλοκ, ιδίως εκείνες που σχετίζονται με τους ενεργοβόρους μηχανισμούς συναίνεσης, όπως η απόδειξη εργασίας (PoW), χρήζουν κρίσιμης ακαδημαϊκής εξέτασης. Η διερεύνηση εναλλακτικών μηχανισμών συναίνεσης που προσφέρουν τόσο ασφάλεια όσο και περιβαλλοντική βιωσιμότητα είναι επιτακτική ανάγκη. Οι επιστημονικές προσπάθειες θα πρέπει να κατευθυνθούν προς την ανάπτυξη, αξιολόγηση και συγκριτική αξιολόγηση αυτών των μηχανισμών

[Type here]

με βάση τα διπλά κριτήρια των οικολογικών επιπτώσεων και της λειτουργικής ασφάλειας, συμβάλλοντας έτσι στη βιώσιμη εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain.

- iii. Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στην απασχόληση και τη δυναμική του εργατικού δυναμικού:

Η εισαγωγή της τεχνολογίας blockchain στη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στους εργασιακούς ρόλους και τα πρότυπα απασχόλησης. Η πιθανή απαξίωση ορισμένων καθηκόντων σε αντιπαράθεση με την εμφάνιση νέων ρόλων καθιστά αναγκαία μια ολοκληρωμένη κοινωνικοοικονομική ανάλυση. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εμβαθύνει στις επιπτώσεις της υιοθέτησης της αλυσίδας μπλοκ στη δυναμική του εργατικού δυναμικού, διερευνώντας στρατηγικές για την ανάπτυξη δεξιοτήτων, την αναπροσαρμογή του εργατικού δυναμικού και την καλλιέργεια του ψηφιακού αλφαριθμητισμού σε ολόκληρη τη φαρμακευτική βιομηχανία.

- iv. Δεοντολογικά ζητήματα και ακεραιότητα δεδομένων:

Η αμετάβλητη φύση της αλυσίδας μπλοκ εγείρει βαθιά ηθικά ζητήματα, ιδίως στο πλαίσιο της διόρθωσης δεδομένων και της συμμόρφωσης με αυστηρούς κανονισμούς όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Η επιστημονική έρευνα θα πρέπει να αποσκοπεί στην οριοθέτηση ηθικών πλαισίων που συμβιβάζουν την ανάγκη για ακρίβεια των δεδομένων με τα εγγενή χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain. Αυτό συνεπάγεται τη διερεύνηση μηχανισμών για τη διόρθωση δεδομένων, την επίλυση διαφορών και τη δεοντολογική διαχείριση των συστημάτων blockchain στον φαρμακευτικό τομέα.

- v. Προοπτική των ασθενών και εμπιστοσύνη των καταναλωτών:

Η κατανόηση της προοπτικής του τελικού χρήστη σχετικά με την υιοθέτηση της αλυσίδας μπλοκ εντός της φαρμακευτικής εφοδιαστικής αλυσίδας παραμένει ένας σχετικά αχαρτογράφητος τομέας. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στη διαλεύκανση των αντιλήψεων των ασθενών σχετικά με την ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων με τη χρήση blockchain, στην αξιολόγηση του αντίκτυπου στην εμπιστοσύνη των καταναλωτών και στον εντοπισμό πιθανών εμποδίων στην αποδοχή της τεχνολογίας. Αυτή η γραμμή έρευνας είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις ευθυγραμμίζονται με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των

[Type here]

ασθενών, προωθώντας έτσι μια ασθενοκεντρική προσέγγιση στη διαχείριση της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού.

vi. Εμπειρικές μελέτες περιπτώσεων και εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο:

Η τεκμηρίωση εμπειρικών περιπτώσιολογικών μελετών που περιλαμβάνουν τόσο επιτυχείς εφαρμογές όσο και προκλήσεις που αντιμετωπίζονται κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain εντός της φαρμακευτικής εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ανεκτίμητη. Οι εν λόγω μελέτες περιπτώσεων παρέχουν έναν ρεαλιστικό φακό μέσω του οποίου μπορούν να αξιολογηθούν τα θεωρητικά μοντέλα, προσφέροντας πληροφορίες για τις πρακτικές προκλήσεις, τις βέλτιστες επιχειρησιακές πρακτικές και τις στρατηγικές εκτιμήσεις για την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Συνεπώς, καθίσταται προφανές ότι μια διεπιστημονική προσέγγιση είναι απαραίτητη για την προώθηση της κατανόησης του ρόλου της τεχνολογίας blockchain εντός της φαρμακευτικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η επιστημονική προσπάθεια θα πρέπει όχι μόνο να επιδιώξει την ενίσχυση της τεχνολογικής αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας αλλά και να αντιμετωπίσει κοινωνικοοικονομικές, ηθικές και ασθενοκεντρικές ανησυχίες, συμβάλλοντας έτσι στην ολιστική ανάπτυξη των εφαρμογών blockchain στη φαρμακευτική εφοδιαστική και όχι μόνο.

Κεφάλαιο 9: Συμπέρασμα και μελλοντικές κατευθύνσεις

9.1 Σύνοψη των βασικών πορισμάτων

Για την αντιμετώπιση των στόχων που καθορίστηκαν στην αρχή της παρούσας διατριβής, επιχειρήθηκε μια μεθοδική και επιστημονική προσέγγιση για την εξέταση της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού ευρέως χρησιμοποιούμενων αντιβιοτικών. Οι στόχοι αναπτύχθηκαν στρατηγικά για να καθοδηγήσουν τη διερεύνηση της αναγνώρισης των επικρατουσών προκλήσεων εντός της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, να αξιολογήσουν τις πιθανές βελτιώσεις που θα μπορούσε να εισάγει η τεχνολογία blockchain όσον αφορά την ιχνηλασιμότητα, τη διαφάνεια και την αυθεντικοποίηση, να αξιολογήσουν τα απτά οφέλη και να περιγράψουν τα εμπόδια και τις προκλήσεις που ανακύπτουν στην ευρεία υιοθέτηση και εφαρμογή της blockchain. Στο παρόν, τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας ευθυγραμμίζονται με αυτούς τους στόχους, καταδεικνύοντας μια αυστηρή ακαδημαϊκή προσπάθεια για την ανάλυση και την κατανόηση των αποχρώσεων της εφαρμογής της αλυσίδας μπλοκ σε αυτόν τον κρίσιμο τομέα.

- i. Προσδιορισμός και κατανόηση των προκλήσεων της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών:

Η παρούσα έρευνα ξεκίνησε μια εξαντλητική διερεύνηση των πολύπλευρων προκλήσεων που πολιορκούν την αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών, με κυριότερες τη διείσδυση πλαστών φαρμάκων, την έλλειψη διαφάνειας και τις αναποτελεσματικότητες που εδραιώνονται στις μεθοδολογίες διανομής. Αξιοποιώντας μια συστηματική ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας που συμπληρώθηκε από εμπειρικές μελέτες περιπτώσεων, η μελέτη φώτισε τις περίπλοκες δυσκολίες που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των ασθενών και τη λειτουργική αποτελεσματικότητα της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού. Η επιστημονική διερεύνηση των θεωρητικών και πρακτικών διαστάσεων της τεχνολογίας blockchain φώτισε μια ολοκληρωμένη κατανόηση αυτών των εμποδίων, εκπληρώνοντας έτσι τον εναρκτήριο στόχο.

- ii. Αξιολόγηση των πιθανών βελτιώσεων της τεχνολογίας blockchain:

Η διερεύνηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας blockchain για τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας, τη διασφάλιση της διαφάνειας και την αυθεντικοποίηση εντός της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών πραγματοποιήθηκε με επιστημονική αυστηρότητα. Η διατριβή εμβάθυνε στα εγγενή χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain, όπως η αποκέντρωσή της και η ικανότητά της να διατηρεί ένα ασφαλές, αμετάβλητο βιβλίο συναλλαγών. Η αναλυτική εξέταση περιπτώσιολογικών μελετών και υφιστάμενων εφαρμογών της αλυσίδας μπλοκ υπογράμμισε την ικανότητά της να μετριάξει τις προκλήσεις που εντοπίστηκαν, αντιμετωπίζοντας έτσι τον δεύτερο στόχο. Η συζήτηση για την ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ με αναδυόμενες τεχνολογίες όπως το IoT και

[Type here]

η τεχνητή νοημοσύνη καταδεικνύει περαιτέρω τις καινοτόμες οδούς για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της αλυσίδας μπλοκ σε αυτό το πλαίσιο.

iii. Αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων της εφαρμογής της blockchain:

Πραγματοποιήθηκε μια κριτική αξιολόγηση των οφελών που απορρέουν από την εφαρμογή της αλυσίδας μπλοκ εντός της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, επισημαίνοντας τη βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα, τη μείωση του πολλαπλασιασμού των πλαστών φαρμάκων και την ενισχυμένη επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Η έρευνα αυτή κατέδειξε τις σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους, τα οφέλη από τον εξορθολογισμό των διαδικασιών και τα αυξημένα πρωτόκολλα ασφαλείας που εισάγει η αλυσίδα μπλοκ. Παρουσιάζοντας μια ισορροπημένη εξέταση που εξετάζει τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τους εγγενείς περιορισμούς του blockchain, η μελέτη ανταποκρίνεται στον τρίτο στόχο, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των επιπτώσεων του blockchain στη φαρμακευτική βιομηχανία.

iv. Οριοθέτηση των εμποδίων και των προκλήσεων για την υιοθέτηση του blockchain:

Η διατριβή διατυπώνει τα πολυποίκιλα εμπόδια και τις προκλήσεις για την ευρείας κλίμακας υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Η έρευνα περιγράφει λεπτομερώς τις τεχνικές προκλήσεις, όπως η επεκτασιμότητα και η διαλειτουργικότητα, παράλληλα με τα εμπόδια κανονιστικών ρυθμίσεων και συμμόρφωσης, και υπογραμμίζει την κρισιμότητα της συνεργασίας των ενδιαφερόμενων μερών. Προτείνοντας στρατηγικές για την υπέρβαση αυτών των εμποδίων, συμπεριλαμβανομένης της υιοθέτησης κλιμακούμενων λύσεων blockchain, της προληπτικής ρυθμιστικής δέσμευσης και της έμφασης στην ανάπτυξη ικανοτήτων των ενδιαφερομένων μερών, η έρευνα περιγράφει αξιοποιήσιμες ιδέες για την πλοήγηση στις πολυπλοκότητες που ενυπάρχουν στην εφαρμογή blockchain.

Συμπερασματικά, οι στόχοι που περιγράφηκαν κατά την έναρξη της διατριβής επιτεύχθηκαν μεθοδικά μέσω της επιστημονικής εξέτασης της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού αντιβιοτικών. Αυτή η ακαδημαϊκή επιδίωξη όχι μόνο ανέλυσε τις υπάρχουσες προκλήσεις, αλλά και φώτισε τις μετασχηματιστικές δυνατότητες της αλυσίδας μπλοκ να φέρει επανάσταση στον φαρμακευτικό τομέα. Μέσω της σύνθεσης θεωρητικών ενοράσεων και πρακτικών παραδειγμάτων, η παρούσα διατριβή συμβάλλει σημαντικά στο σώμα γνώσεων σχετικά με την αλυσίδα μπλοκ ως κεντρική τεχνολογία για την ενίσχυση της ακεραιότητας, της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και της διαφάνειας της αλυσίδας εφοδιασμού αντιβιοτικών, εκπληρώνοντας έτσι τους επιστημονικούς στόχους που έχουν τεθεί.

9.2 Συμβολή στον τομέα και συστάσεις

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εφαρμογή του blockchain σε διάφορους τομείς, ιδίως στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, έχει θέσει τις βάσεις για εκτεταμένη ακαδημαϊκή και βιομηχανική εξερεύνηση. Αυτή η έρευνα συνέβαλε ουσιαστικά στο αναπτυσσόμενο σώμα γνώσης, αναλύοντας τις δυνατότητες, τις προκλήσεις και τις πραγματικές εφαρμογές της, σχεδιάζοντας τελικά έναν ολοκληρωμένο χάρτη πορείας για τους ενδιαφερόμενους που πλοηγούνται σε αυτό το νέο έδαφος.

Μία από τις βασικές συνεισφορές της μελέτης είναι η ολοκληρωμένη διερεύνηση των πραγματικών εφαρμογών του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Όπως σημείωσε ο Garg (2022), ενώ πολλά έχουν γραφτεί για τις θεωρητικές δυνατότητες του blockchain, υπάρχει μια εμφανής έλλειψη βιβλιογραφίας σχετικά με τις απτές εφαρμογές του. Με την αποσαφήνιση πραγματικών περιπτώσιολογικών μελετών, αυτή η έρευνα γεφυρώνει αυτό το χάσμα, παρέχοντας ανεκτίμητες γνώσεις για οντότητες που φιλοδοξούν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της τεχνολογίας.

Επιπλέον, η εις βάθος εξέταση των εμποδίων στην υιοθέτηση του blockchain, σε συνδυασμό με τις εφαρμόσιμες στρατηγικές, τοποθετεί αυτή την έρευνα ως έναν σημαντικό οδηγό για τους οργανισμούς. Όχι απλώς επισημαίνοντας τις προκλήσεις, αλλά προσφέροντας ενεργά λύσεις, δίνει τη δυνατότητα στα ενδιαφερόμενα μέρη να αντιμετωπίσουν προληπτικά και να μετριάσουν πιθανά εμπόδια, από τεχνικές δυσλειτουργίες έως ρυθμιστικά εμπόδια (Komulainen & Nätti, 2023).

Μια άλλη σημαντική συμβολή έγκειται στη συζήτηση των επιπτώσεων για τους διάφορους ενδιαφερόμενους. Εξετάζοντας τις λεπτές επιπτώσεις στους διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού, τη φαρμακευτική βιομηχανία και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, εξασφαλίζει μια ολιστική κατανόηση, διευκολύνοντας έτσι τις ενημερωμένες διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

Δεδομένων των ευρημάτων της έρευνας και της συμβολής της, προκύπτουν διάφορες συστάσεις:

1. Ανάπτυξη ικανοτήτων: Είναι επιτακτική ανάγκη για τους οργανισμούς να επενδύσουν στην ανάπτυξη ικανοτήτων. Διασφαλίζοντας ότι οι εργαζόμενοι είναι καλά εξοικειωμένοι με τις περιπλοκές του blockchain, οι οργανισμοί μπορούν να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά τις δυνατότητές του, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τα σφάλματα εφαρμογής. Τα εργαστήρια, οι εκπαιδευτικές συνεδρίες και οι πιστοποιήσεις μπορούν να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο σε αυτό (Ghadge et al., 2023).
2. Συνεργατική εξερεύνηση: Οι δυνατότητες του blockchain μεγεθύνονται όταν συνδυάζονται με άλλες τεχνολογικές καινοτομίες, ιδίως την τεχνητή νοημοσύνη και το IoT. Οι οντότητες θα πρέπει να διερευνήσουν αυτές τις συνέργειες, ενδεχομένως συμμετέχοντας σε συνεργατικά έργα με παρόχους

[Type here]

τεχνολογίας, για να αξιοποιήσουν ένα ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό σύστημα (Bankins & Formosa, 2023).

3. Ρυθμιστική δέσμευση: Η προληπτική συνεργασία με τους ρυθμιστικούς φορείς είναι ζωτικής σημασίας. Διατηρώντας ανοιχτούς διαύλους επικοινωνίας, οι οργανισμοί μπορούν όχι μόνο να διασφαλίσουν την τήρηση των ισχυόντων κανονισμών αλλά και να επηρεάσουν τη διαμόρφωση πολιτικής, διασφαλίζοντας ότι ευθυγραμμίζεται με τις τεχνολογικές εξελίξεις (Garcia et al., 2023).
4. Εστίαση επεκτασιμότητας: Καθώς οι πρωτοβουλίες blockchain αυξάνονται, η έμφαση στην επεκτασιμότητα γίνεται πρωταρχικής σημασίας. Οι οργανισμοί θα πρέπει να δώσουν προτεραιότητα σε λύσεις που δεν είναι μόνο αποτελεσματικές στην τρέχουσα κλίμακα, αλλά μπορούν να φιλοξενήσουν απρόσκοπτα μελλοντικές επεκτάσεις (Khan et al., 2021).
5. Ηθικοί προβληματισμοί: Δεδομένης της αμετάβλητης φύσης του blockchain και της ευαίσθητης φύσης των φαρμακευτικών δεδομένων, οι ηθικοί προβληματισμοί, ειδικά γύρω από το απόρρητο των δεδομένων, θα πρέπει να βρίσκονται στην πρώτη γραμμή των στρατηγικών εφαρμογής (Bankins & Formosa, 2023).

Στην ουσία, αυτή η έρευνα υπογραμμίζει τις μνημειώδεις δυνατότητες του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, ενώ παράλληλα επιστρά την προσοχή στις εγγενείς προκλήσεις του. Όχι μόνο προσθέτει βάθος στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, αλλά χαρτογραφεί επίσης μια πορεία προς τα εμπρός, οπλισμένη με αξιοποιήσιμες ιδέες και συστάσεις. Καθώς ο τομέας εξελίσσεται, αυτή η μελέτη θα χρησιμεύσει αναμφίβολα ως ακρογωνιαίος λίθος για μελλοντικές εξερευνήσεις και υλοποιήσεις.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Adams, R. J., Smart, P., & Huff, A. S. (2017). Shades of grey: Guidelines for working with the grey literature in systematic reviews for management and organizational studies. *International Journal of Management Reviews*, 19(4), 432-454. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1111/ijmr.12102>.

Antenbrink, F. (2023). The (potential) contribution of the European Union's fiscal architecture to financial stability. *Journal of European Integration*, 45(1), 203-221. <https://doi.org/10.1080/07036337.2022.2154763>.

Apte, S., & Petrovsky, N. (2016). Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management? *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 7(3), 76-78. [Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management | Semantic Scholar](https://www.semanticscholar.org/entry/Will-blockchain-technology-revolutionize-excipient-supply-chain-management).

Aung, A. K., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>.

Bacal, M. J., Shah, P. P., Berberich, M., & Raspé, C. (2023, January 1). Blockchain: Data Privacy Issues and Mitigation Strategies. *Practical Law*. Retrieved from <https://www.reuters.com/practical-law-the-journal/transactional/blockchain-data-privacy-issues-mitigation-strategies-2023-01-04/>.

Bada, A. O., Damianou, A., Angelopoulos, C. M., & Katos, V. (2021). Towards a Green Blockchain: A Review of Consensus Mechanisms and their Energy Consumption. In *2021 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)* (pp. 1-2). IEEE. <https://doi.org/10.1109/DCOSS52077.2021.00083>.

Bankins, S., & Formosa, P. (2023). The Ethical Implications of Artificial Intelligence (AI) For Meaningful Work. *Journal of Business Ethics*, 185, 725-740. <https://doi.org/10.1007/s10551-023-05339-7>.

Bate, R., Jin, G. Z., & Mathur, A. (2016). Does price reveal poor-quality drugs? Evidence from 17 countries. *Journal of Health Economics*, 49, 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2011.08.006>.

Benchoufi, M., & Ravaud, P. (2017). Blockchain technology for improving clinical research quality. *Trials*, 18(1), 335. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2035-z>.

Botcha, K. M., & Chakravarthy, V. V. S. S. (2019). Enhancing Traceability in Pharmaceutical Supply Chain using Internet of Things (IoT) and Blockchain. In *2019 IEEE International Conference on Intelligent Systems and Green Technology (ICISGT)*. <https://doi.org/10.1109/ICISGT44072.2019.00025>.

Bramer, W. M., Giustini, D., de Jonge, G. B., Holland, L., & Bekhuis, T. (2018). De-duplication of database search results for systematic reviews in EndNote. *Journal of*

[Type here]

the Medical Library Association, 104(3), 240-243. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.104.3.014>.

Bramer, W. M., Rethlefsen, M. L., Kleijnen, J., & Franco, O. H. (2017). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: A prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 6(1), 245. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0644-y>.

Cardoso e Silva, A. V., Giuntini, F. T., Ranieri, C. M., Meneguette, R. I., Garcia, R. D., Ramachandran, G. S., Krishnamachari, B., & Ueyama, J. (2023, April 27). MADCS: A Middleware for Anomaly Detection and Content Sharing for Blockchain-Based Systems. *Journal of Network and Systems Management*, 31, 46. <https://doi.org/10.1007/s10922-023-09736-1>.

Carlsson, V., & Rönnblom, M. (2022, November). From politics to ethics: Transformations in EU policies on digital technology. *Technology in Society*, 71, 102145. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102145>.

Caudron, J. M., Ford, N., Henkens, M., Mace, C., Kiddle-Monroe, R., & Pinel, J. (2008). Substandard medicines in resource-poor settings: a problem that can no longer be ignored. *Tropical Medicine & International Health*, 13(8), 1062-1072. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2008.02106.x>.

Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2018). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), 71. [Blockchain: Beyond Bitcoin - UC Berkeley Sutardja Center](https://www.sutardjacenter.org/blockchain-beyond-bitcoin).

Dixon-Woods, M., Agarwal, S., Jones, D., Young, B., & Sutton, A. (2005). Synthesising qualitative and quantitative evidence: a review of possible methods. *Journal of Health Services Research & Policy*, 10(1), 45-53. <https://doi.org/10.1177/135581960501000110>.

European Environment Agency. (2020, October 28). *Blockchain and the environment*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/blockchain-and-the-environment>.

Ganne, E. (2021). Blockchain's Practical and Legal Implications for Global Trade and Global Trade Law. In M. Burri (Ed.), *Big Data and Global Trade Law* (pp. 128-159). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108919234.009>.

Garg, R. (Ed.). (2022). *Blockchain for Real World Applications*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119903765>.

Garcia Ocampo, D., Branzoli, N., & Cusmano, L. (2023, May). *Crypto, Tokens, and DeFi: Navigating the Regulatory Landscape (FSI Insights on Policy Implementation*

[Type here]

No. 49). Financial Stability Institute. Retrieved from [Crypto, tokens and DeFi: navigating the regulatory landscape \(bis.org\)](#).

Ghadge, A., Bourlakis, M., Kamble, S., & Seuring, S. (2023). Blockchain implementation in pharmaceutical supply chains: A review and conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 61(19), 6633-6651. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2125595>.

Gordon, W. J., & Catalini, C. (2018). Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 224-230. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.06.003>

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>.

Hussain, A., Malik, A., Halim, M. U., & Ali, A. M. (2014). The use of robotics in surgery: A review. *International Journal of Clinical Practice*, 68(11), 1376-1382. <https://doi.org/10.1111/ijcp.12492>.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Arha, H. (2019). Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2009-2033. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1518610>.

Kaur, G., & Gandhi, C. (2020). Scalability in Blockchain: Challenges and Solutions. In *Handbook of Research on Blockchain Technology* (pp. 373-406). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819816-2.00015-0>.

Khan, K. S., Kunz, R., Kleijnen, J., & Antes, G. (2020). Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 96(3), 118-121. <https://doi.org/10.1177/014107680309600304>.

Khan, D., Low, T. J., & Hashmani, M. (2021). Systematic Literature Review of Challenges in Blockchain Scalability. *Applied Sciences*, 11(20), 9372. <https://doi.org/10.3390/app11209372>.

Kousha, K., & Abdoli, M. (2010). The citation impact of Open Access agricultural research: A comparison between OA and non-OA publications. *Online Information Review*, 34(5), 772-785. [The citation impact of Open Access agricultural research: A comparison between OA and non-OA publications | Emerald Insight](#).

Kshetri, N. (2017). Can blockchain strengthen the internet of things? *IT Professional*, 19(4), 68-72. [Can Blockchain Strengthen the Internet of Things? | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#).

[Type here]

Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>.

Macrinici, C., Cartofeanu, C., & Gao, S. (2018). Smart contract applications within blockchain technology: A systematic mapping study. *Telematics and Informatics*, 35(8), 2337-2354. [Smart contract applications within blockchain technology: A systematic mapping study | Semantic Scholar](https://doi.org/10.1016/j.teli.2018.05.005).

Mackey, T. K., & Liang, B. A. (2011). The global counterfeit drug trade: patient safety and public health risks. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 101(11), 4571-4579. <https://doi.org/10.1002/jps.22679>.

Mackey, T. K., Aung, P., & Liang, B. A. (2015). Illicit internet availability of drugs subject to recall and patient safety consequences. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 37(6), 1076-1085. <https://doi.org/10.1007/s11096-015-0154-8>.

Mackey, T. K., & Nayyar, G. (2017). A review of existing and emerging digital technologies to combat the global trade in fake medicines. *Expert Opinion on Drug Safety*, 16(5), 587-602. <https://doi.org/10.1080/14740338.2017.1313227>.

Meng, K., Zhao, S., Zhou, Y., Wu, Y., Zhang, S., He, Q., Wang, X., Zhou, Z., Fan, W., Tan, X., Yang, J., & Chen, J. (2020). A Wireless Textile-Based Sensor System for Self-Powered Personalized Health Care. *Matter*, 2(4), 896-907. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2019.12.025>.

Moosavi, J., Naeni, L. M., Fathollahi-Fard, A. M., & Fiore, U. (2021). Blockchain in supply chain management: A review, bibliometric, and network analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13094-3>.

Nakasumi, M. (2017). Information sharing for supply chain management based on block chain technology. *2017 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)* (pp. 39-44). IEEE.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). Bitcoin and cryptocurrency technologies: A comprehensive introduction. *Princeton University Press*.

Newton, P. N., Green, M. D., & Fernández, F. M. (2010). Impact of poor-quality medicines in the 'developing' world. *Trends in Pharmacological Sciences*, 31(3), 99-101. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2009.11.005>.

Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). *Meta-Ethnography: Synthesizing Qualitative Studies* (Vol. 11). *Sage Publications*.

Ozercan, H. I., Ileri, A. M., Ayday, E., & Alkan, C. (2018). Realizing the potential of blockchain technologies in genomics. *Genome Research*, 28(9), 1255-1263. <https://doi.org/10.1101/gr.207464.116>.

[Type here]

Peters, M. D. J., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2015). Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIM Manual for Evidence Synthesis*, *JBIM*, 2020. Available from <https://synthesismanual.jbi.global>.

Pournader, M., Shi, Y., Seuring, S., & Koh, S. C. L. (2020). Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2063-2081. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650976>.

Risius, M., & Spohrer, K. (2017). A blockchain research framework: What we (don't) know, where we go from here, and how we will get there. *Business & Information Systems Engineering*, 59(6), 385-409. [\[PDF\] A Blockchain Research Framework | Semantic Scholar](#).

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135. [\[PDF\] Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management | Semantic Scholar](#).

Sadath, L., Mehrotra, D., & Kumar, A. (2022). *Addressing Scalability Issues in Blockchain: A Use Case from Healthcare*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/362464910_Addresssing_Scalability_Issues_in_Blockchain_A_Use_case_from_Healthcare

Sandelowski, M., Voils, C. I., Leeman, J., & Crandell, J. L. (2012). Mapping the mixed methods–mixed research synthesis terrain. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(4), 317-331. <https://doi.org/10.1177/1558689811427913>.

Savelyev, A. (2018). Intellectual property, blockchain and smart contracts: An analysis. *Computer Law & Security Review*, 34(4), 842-852. [Smart Contracts and Intellectual Property: Challenges and Reality by Andrés Guadamuz :: SSRN](#).

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media, Inc.

Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)* (pp. 1-6). IEEE. [An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#).

Tseng, J. H., Liao, Y. C., Chong, B., & Liao, S. W. (2018). Governance on the drug supply chain via gcoin blockchain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1055. [IJERPH | Free Full-Text | Governance on the Drug Supply Chain via Gcoin Blockchain \(mdpi.com\)](#).

Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics*, 40(4), 277-283. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25987823/>.

[Type here]

Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62-84. [Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda | Emerald Insight](#).

Wertheimer, A. I., & Norris, J. (2009). Safeguarding against substandard/counterfeit drugs: Mitigating a macroeconomic pandemic. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 5(1), 4-16. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2008.05.002>.

World Health Organization. (2017). A study on the public health and socioeconomic impact of substandard and falsified medical products. *World Health Organization*.

Yiannas, F. (2018). A new era of food transparency powered by blockchain. *Innovations: Technology and Governance, Globalization*, 12(1-2), 46-56. https://doi.org/10.1162/innov_a_00266.

Zou, J., & Schiebinger, L. (2021). Ensuring that biomedical AI benefits diverse populations. *EBioMedicine*, 67, 103358. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2021.103358>

Zohar, A. (2015). Bitcoin: Under Hood Transactions, Blocks, Mining, and the Decentralized Consensus. In *Blockchain* (pp. 51-65). Apress, Berkeley, CA. <https://doi.org/10.1145/2701411>.