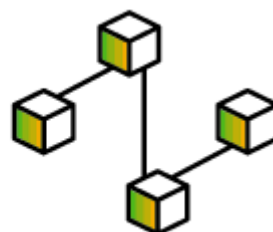




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ

Μπορεί η Αλυσίδα Συστοιχίας να Υποστηρίξει την Διαχείριση Υπηρεσιών & Επιχειρησιακών Διαδικασιών;



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

των

Νέλη Αλέξανδρου

Αριθμός Μητρώου: 3212017133

και

Τζανάκη Κυριάκου

Αριθμός Μητρώου: 3212017187

Επιβλέπων: Κυριάκος Κρητικός, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη Επιτροπής Εξέτασης: Σπυρίδων Κοκολάκης, Καθηγητής & Παναγιώτης
Συμεωνίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Σάμος, Μάρτιος 2024

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές ευχαριστίες μας στον εισηγητή και επιβλέποντα του θέματος και επιβλέπων της διπλωματικής μας εργασίας, κύριο Κυριάκο Κρητικό, Αναπληρωτή Καθηγητή, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, δίνοντας μας την ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Οι συζητήσεις μαζί του, μεταλαμπάδευσαν το πάθος του και η καθοδήγηση του, την οποία πρόσφερε απλόχερα σε όλο το χρονικό διάστημα της ενασχόλησης μας με την διπλωματική εργασία, υπήρξε καταλυτική για την περάτωση της. Επιπλέον, θα θέλαμε να απευθύνουμε ευχαριστίες σε όλο το διδακτικό προσωπικό τόσο του τομέα Επιχειρηματικότητας και Δικτύων όσο και συνολικά του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων για αυτό το όμορφο ταξίδι γνώσης που έφτασε στο τέλος του.

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής έρχεται να σφραγίσει το τέλος των σπουδών μας στο τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειές μας για την υποστήριξη που μας πρόσφεραν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας, και στους κοντινούς μας ανθρώπους για την υπομονή τους και την ψυχική στήριξη που μας παρείχαν.

Περίληψη

Η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών (Business Process Management - BPM) ασχολείται με το σχεδιασμό, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και τη βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Συστήματα που υποστηρίζουν τη θέσπιση και εκτέλεση διαδικασιών έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς από τις εταιρείες για τον εξορθολογισμό και την αυτοματοποίηση των (ενδο – οργανωσιακών / intra – organizational) διαδικασιών τους. Ωστόσο, για τις δια-οργανωσιακές (intra – organizational) διαδικασίες, οι προκλήσεις του κοινού σχεδιασμού και η έλλειψη αμοιβαίας εμπιστοσύνης παρεμπόδισαν μια ευρύτερη αποδοχή και εφαρμογή τους.

Μια επιχειρηματική διαδικασία (Business Process) είναι μια δραστηριότητα ή ένα σύνολο δραστηριοτήτων που επιτυγχάνουν έναν συγκεκριμένο οργανωτικό στόχο. Οι επιχειρηματικές διαδικασίες θα πρέπει να έχουν σκόπιμους στόχους, να είναι όσο το δυνατόν πιο συγκεκριμένοι και να παράγουν συνεπή αποτελέσματα. Μια επιχειρηματική διαδικασία είναι μια συλλογή σχετικών, δομημένων δραστηριοτήτων ή εργασιών που εκτελούνται από άτομα ή εξοπλισμό στην οποία μια συγκεκριμένη ακολουθία παράγει μια υπηρεσία ή ένα προϊόν (εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο επιχειρηματικό στόχο) για έναν συγκεκριμένο πελάτη ή πελάτες. Οι επιχειρηματικές διαδικασίες συμβαίνουν σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης και μπορεί να είναι ή να μην είναι ορατές στους πελάτες.

Η αναδυόμενη τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών έχει τη δυνατότητα να αλλάξει δραστικά το περιβάλλον στο οποίο μπορούν να λειτουργούν οι δια-οργανωσιακές διαδικασίες. Η αλυσίδα συστοιχιών προσφέρει έναν αξιόπιστο τρόπο εκτέλεσης διαδικασιών, ακόμη και σε ένα δίκτυο χωρίς αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των κόμβων. Οι βασικές πτυχές είναι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι που οδηγούν σε συναίνεση μεταξύ των κόμβων και μηχανισμών (π.χ. έξυπνα συμβόλαια) που παρακινούν τους κόμβους να προχωρήσουν στο δίκτυο. Μέσω αυτών των δυνατοτήτων, αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μετατοπίσει τη συζήτηση στην έρευνα BPM σχετικά με το πώς τα συστήματα θα μπορούσαν να επιτρέψουν την εφαρμογή, εκτέλεση, παρακολούθηση ή βελτίωση της επιχειρηματικής διαδικασίας εντός ή μεταξύ των επιχειρηματικών δικτύων.

Η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών εμφανίστηκε πρόσφατα στον τομέα της Διαχείρισης Επιχειρηματικών Διαδικασιών και βρίσκεται ακόμη στα σπάργαλα. Η παρούσα

εργασία αναλύει και αξιολογεί την τρέχουσα επιστημονική βιβλιογραφία για το αντικείμενο. Ειδικότερα έχει εκπονήσει μια δομημένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου εντοπίστηκαν περισσότερες από 150 δημοσιεύσεις, εκ των οποίων οι 38 επιλέχθηκαν τελικά ως σχετικές με την αλυσίδα συστοιχιών και την Διαχείριση Επιχειρηματικών Διαδικασιών (BPM). Επίσης, έχει επιτελέσει μια ποσοτική ανάλυση, η οποία επιβεβαιώνει την πρόσφατη άνοδο αυτού του σχετικά νεανικού ερευνητικού πεδίου και κατατάσσει τις προσδιοριζόμενες εργασίες σε τρεις θεματικές ομάδες, δηλαδή τομείς εφαρμογής και προκλήσεις, αρχιτεκτονική και σχεδιασμός διεργασιών και δημοσιεύσεις που σχετίζονται με την εκτέλεση διεργασιών.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται σύγκριση και ανάλυση όλων αυτών των εργασιών. Παρέχονται σημαντικά συμπεράσματα και γνώσεις, καθώς και ερευνητικά κενά και μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας προς αντιμετώπιση των κενών αυτών.

Λέξεις κλειδιά: Αλυσίδα συστοιχιών, Διαχείριση Επιχειρηματικών Διαδικασιών, Υπηρεσίες

Ιστού.

Abstract

Business Process Management (BPM) deals with the design, execution, monitoring and improvement of business processes. Systems that support the establishment and execution of processes have been extensively used by companies to streamline and automate their (intra-organizational) processes. However, for intra-organizational processes, the challenges of joint planning and the lack of mutual trust prevented their wider acceptance and implementation.

A business process (Business Process) is an activity or set of activities that achieve a specific organizational goal. Business processes should have purposeful goals, be as specific as possible and produce consistent results. A business process is a collection of related, structured activities or tasks performed by people or equipment in which a specific sequence produces a service or product (serves a specific business objective) for a specific customer or customers. Business processes occur at all levels of the organization and may or may not be visible to customers.

The emerging blockchain technology has the potential to drastically change the environment in which cross-organizational processes can operate. The array chain offers a reliable way to execute processes, even in a network without mutual trust between nodes. The key aspects are specific algorithms that lead to consensus among nodes and mechanisms (e.g. smart contracts) that motivate nodes to move forward in the network. Through these capabilities, this technology has the potential to shift the discussion in BPM research on how systems might enable business process implementation, execution, monitoring, or improvement within or across business networks.

Blockchain technology has recently emerged in the field of Business Process Management and is still in its infancy. This paper analyzes and evaluates the current scientific literature on the subject. In particular, he has prepared a structured literature review, where more than 150 publications were identified, of which 38 were finally selected as relevant to the chain of arrays and Business Process Management (BPM). It has also performed a quantitative analysis, which confirms the recent rise of this relatively young research field and classifies the identified papers into three thematic groups, namely application areas and challenges, process architecture and design, and publications related to process execution.

In the context of this work, a comparison and analysis of all these works is made. Important conclusions and insights are provided, as well as research gaps and future research directions to address these gaps.

Index Terms: Blockchain, Business Process Management, Web Services

Περιεχόμενα

| | |
|---|------|
| Περίληψη..... | ii |
| Abstract | iv |
| Ευρετήριο Εικόνων | viii |
| Ευρετήριο Πινάκων..... | ix |
| Ακρωνύμια..... | xi |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ | 5 |
| 2.1. Αλυσίδα Συστοιχίας - Blockchain..... | 5 |
| 2.1.1. Τι είναι η αλυσίδα συστοιχιών..... | 5 |
| 2.1.3. Τεχνολογία Κατανεμημένου Λογιστικού Καταλόγου | 7 |
| 2.1.4. Κατακερματισμός και Κρυπτογράφηση..... | 8 |
| 2.1.5. Η Δομή της αλυσίδας συστοιχιών..... | 9 |
| 2.1.6. Έγκριση Προσθήκης Μπλοκ..... | 11 |
| 2.1.7. Τύποι αλυσίδας συστοιχιών | 13 |
| 2.1.7.1. Δημόσια αλυσίδα συστοιχιών..... | 14 |
| 2.1.8. Πλεονεκτήματα της αλυσίδας συστοιχιών | 16 |
| 2.1.9. Μειονεκτήματα της αλυσίδας συστοιχιών | 18 |
| 2.1.10. Εφαρμογές της αλυσίδας συστοιχιών | 18 |
| 2.2. Υπηρεσίες Ιστού..... | 24 |
| 2.2.1. Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική..... | 24 |
| 2.2.1.1. Ορισμός της Υπηρεσιοστρεφούς Αρχιτεκτονικής | 24 |
| 2.2.1.2. Οφέλη της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική | 26 |
| 2.2.1.3. Παράδειγμα της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής | 27 |
| 2.2.1.4. Οι υπηρεσίες στον πραγματικό κόσμο | 28 |
| 2.2.1.5. Βασικές αρχές της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής | 29 |
| 2.2.1.6. Το τρίγωνο της Υπερσειοστρεφούς Αρχιτεκτονικής..... | 31 |
| 2.2.1.7. Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική και Υπηρεσίες Ιστού | 33 |
| 2.2.2. Ορισμός Υπηρεσίας Ιστού..... | 33 |
| 2.2.3. Υπηρεσίες Ιστού vs. Ιστότοποι | 35 |
| 2.2.4. Οι δυνατότητες των Υπηρεσιών Ιστού | 36 |
| 2.2.5. Η οικογένεια πρωτοκόλλων και προδιαγραφών των υπηρεσιών ιστού..... | 37 |
| 2.1.5.1. Το πρωτόκολλο SOAP..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 2.2.5.2. Η γλώσσα περιγραφής YI..... | 41 |
| 2.2.5.3. Το πρότυπο UDDI..... | 43 |
| 2.2.6. Συσχέτιση και Σύγκριση των YI με άλλες τεχνολογίες | 45 |
| 2.2.7. Εφαρμογές των Υπηρεσιών Ιστού | 47 |
| 2.3. Επιχειρηματική Διαδικασία | 51 |
| 2.3.1. Ορισμός..... | 51 |
| 2.3.2. Συστατικά μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας | 51 |
| 2.3.3. BPMN για την Περιγραφή των Επιχειρησιακών Διαδικασιών..... | 53 |
| 2.3.4. Η σημασία των Επιχειρησιακών Διαδικασιών | 58 |
| 2.3.5. Ταξινομήσεις Επιχειρησιακών Διαδικασιών..... | 59 |
| 2.3.6. Ενδεικτικό Παράδειγμα Επιχειρηματικής Διαδικασίας | 61 |
| 2.4. Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών | 64 |
| 2.4.1. Ορισμός..... | 64 |
| 2.4.2. Γιατί είναι σημαντικό το BPM;..... | 64 |
| 2.4.3. Βήματα του κύκλου ζωής της BPM | 65 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Μεθοδολογία Επισκόπησης..... | 66 |
| 3.1. Βήματα μεθοδολογίας και σχετικά αποτελέσματα | 66 |
| 3.2. Ποσοτική ανάλυση άρθρων | 68 |
| 3.2.1. Ποσοστά άρθρων ανά είδος και εκδότη | 68 |
| 3.2.2. Λέξεις κλειδιά και Χρονολόγιο..... | 70 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Επιχειρηματικές διαδικασίες και τεχνολογία Αλυσίδας Συστοιχιών | 72 |
| 4.1 Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών | 73 |
| 4.1.1. Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών στις υπηρεσίες | 73 |
| 4.1.2. Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών στις επιχειρησιακές διαδικασίες..... | 74 |
| 4.2. Επισκόπηση Αρχιτεκτονικής για μελλοντικά συστήματα υπηρεσιών που θα βασίζονται στο blockchain | 76 |
| 4.2.1. Απόδειξη υπηρεσίας (Proof - of – Services (PoS))..... | 78 |
| 4.2.2. Μηχανές Κατάστασης | 78 |
| 4.2.3. Αγορά..... | 79 |
| 4.3. Κατηγοριοποίηση σχετικών άρθρων για την αλυσίδα συστοιχιών | 81 |
| 4.4. Ανάλυση και Αξιολόγηση | 83 |
| 4.4.1. Ποιοτική ανάλυση | 83 |
| 4.4.1.1. Δυνατότητες και Αρχιτεκτονική Βασιζόμενη στην Αλυσίδα Συστοιχίας..... | 83 |
| 4.4.1.2. Σχεδιασμός Διαδικασιών με Βάση την Αλυσίδα Συστοιχιών | 84 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1.3. Εκτέλεση Διαδικασιών σε Αλυσίδα Συστοιχιών | 85 |
| 4.4.1.4. Βελτίωση και Κόστος Διαδικασιών που Βασίζονται σε Αλυσίδα Συστοιχιών | 87 |
| 4.4.1.5. Διαδικτυακές Υπηρεσίες και αλυσίδα συστοιχιών | 89 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ερευνητικά κενά - Μελλοντική έρευνα | 90 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 94 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 95 |

Ευρετήριο Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Ένα δίκτυο P2P [12]. | 6 |
| Εικόνα 2: Αλυσίδα συστοιχίας και μπλοκ [3]. | 8 |
| Εικόνα 3: Συνοπτικά η δομή της τεχνολογίας της αλυσίδας των μπλοκ [7]. | 11 |
| Εικόνα 4: Δημόσια αλυσίδα συστοιχιών.[1] | 14 |
| Εικόνα 5: Ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών. [1] | 15 |
| Εικόνα 6: Αλυσίδα Κοινοπραξίας. [1] | 16 |
| Εικόνα 7: Το τρίγωνο SOA [28]. | 31 |
| Εικόνα 8: Επιλογή υπηρεσιών και σύνδεση [28]. | 33 |
| Εικόνα 9: Το μοντέλο λειτουργίας των ΥΙ [13]. | 37 |
| Εικόνα 10: Η στοιβα πρωτοκόλλων των ΥΙ [13]. | 39 |
| Εικόνα 11: Επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου SOAP [13]. | 39 |
| Εικόνα 12: Δομή μηνυμάτων στο SOAP [13]. | 40 |
| Εικόνα 13: Χρήσεις του SOAP. Στο επάνω μέρος της εικόνας η υπηρεσία απλώς καλείται χωρίς την ανάγκη λήψης απάντησης. Ενώ στο κάτω μέρος μια τέτοια λήψη είναι εφικτή. [13]. | 41 |
| Εικόνα 14: Δομή του UDDI [13]. | 45 |
| Εικόνα 15: Σχέσεις μεταξύ των συστατικών μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας. [29]. | 58 |
| Εικόνα 16: Δια-λειτουργική. [39]. | 59 |
| Εικόνα 17: Το πάνω σχήμα είναι ένα διάγραμμα διεκπεραίωσης παραγγελίας ενός πελάτη [39]. Το κάτω σχήμα είναι ένα BPMN διάγραμμα διεκπεραίωσης παραγγελίας ενός πελάτη [101]. | 61 |
| Εικόνα 18: BPMN διάγραμμα έκδοσης ληξιαρχικής πράξης γεννήσεως. [102] | 63 |
| Εικόνα 19: Ο κύκλος ζωής BPM. [106] | 65 |
| Εικόνα 20: Διάγραμμα κατηγοριοποίησης άρθρων ανά είδος. | 68 |
| Εικόνα 21: Διάγραμμα κατηγοριοποίησης άρθρων ως προς τον εκδότη τους | 70 |
| Εικόνα 22: Διάγραμμα επικρατέστερων λέξεων-κλειδιών. | 70 |
| Εικόνα 23: Χρονολόγιο δημοσιεύσεων έως το 2022. | 71 |
| Εικόνα 24: Ένα απλοποιημένο σενάριο αλυσίδας εφοδιασμού, όπου ένας αγοραστής παραγγέλνει χύμα αγαθά από έναν κατασκευαστή [41], [44]. | 73 |
| Εικόνα 25: Η Αρχιτεκτονική του Blockcloud [45]. | 80 |
| Εικόνα 26: Υπηρεσίες δημοσίευσης και εγγραφής στο Blockcloud [45]. | 80 |
| Εικόνα 27: VBPM [87]. | 88 |

Ευρετήριο Πινάκων

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1: Παραδείγματα Υπηρεσιών Ιστού [13]. | 35 |
| Πίνακας 2: Υπηρεσίες Ιστού vs. Ιστότοποι [13]..... | 36 |
| Πίνακας 3: Βασικές λειτουργίες του UDDI [13], [20]. | 45 |
| Πίνακας 4: Παράδειγμα διεργασίας διεκπεραίωσης ληξιαρχικών πράξεων. [39]..... | 62 |
| Πίνακας 5: Αποτελέσματα αναζήτησης μέσα από διάφορες βάσεις δεδομένων, σύμφωνα με τις λέξεις κλειδιά..... | 67 |
| Πίνακας 6: Ποσοστά των άρθρων ανά είδος. | 68 |
| Πίνακας 7: Ποσοστά των άρθρων ως προς τον εκδότη τους, IEEE, ACM, Springer, Elsevier και IFIP. | 69 |
| Πίνακας 8: Παράγοντες και δυνατότητες της BPM [93]..... | 82 |

Ακρωνύμια

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| AI | Artificial intelligence |
| BPM | Business Process Management |
| BPMN | Business Process Model and Notation |
| BPMS | Business Process Management System |
| CoDAG | Compacted Directed Acyclic Graph |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| IaaS | Infrastructure – as – a – Service |
| PBFT | Practical Byzantine Fault Tolerance |
| PoS | Proof of Stake |
| P2P | peer-to-peer |
| PoW | Proof of Work |
| ROI | Return of Investment |
| RPA | Robotic Process Automation |
| SCN | Service – centric Networking |
| SOA | Service – Oriented Architecture |
| SOAP | Simple Object Access Protocol |
| SWF | Simple Workflow Service |
| TCDA | Truthful Continuous Double Auction |
| UML | Unified Modeling Language |
| VBPM | value-driven BPM |
| MEPE | Μηχανή Εκτέλεσης Ροών Εργασίας |
| YI | Υπηρεσίες Ιστού |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλυσίδα συστοιχιών (Blockchain) είναι κοινώς γνωστή ως η τεχνολογία που υποστηρίζει το κρυπτονόμισμα (bitcoin), αλλά οι πιθανές εφαρμογές της ξεπερνούν κατά πολύ την ενεργοποίηση των ψηφιακών νομισμάτων. Η αλυσίδα συστοιχιών δίνει τη δυνατότητα σε ένα εξελισσόμενο σύνολο μερών να διατηρούν ένα ασφαλές, μόνιμο και αδιάβλητο βιβλίο συναλλαγών χωρίς κεντρική αρχή. Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι ότι οι συναλλαγές δεν καταγράφονται σε κάποια κεντρική βάση. Αντίθετα, κάθε μέρος διατηρεί ένα τοπικό αντίγραφο του καταλόγου (ledger) (δηλαδή του βιβλίου συναλλαγών). Ο κατάλογος ή αλλιώς καθολικό είναι μια συνδεδεμένη λίστα από μπλοκ, το καθένα από τα οποία περιλαμβάνει ένα σύνολο συναλλαγών. Οι συναλλαγές μεταδίδονται και καταγράφονται από κάθε συμμετέχοντα στο δίκτυο της αλυσίδας συστοιχιών. Όταν προτείνεται ένα νέο μπλοκ, οι συμμετέχοντες στο δίκτυο της αλυσίδας συστοιχιών συμφωνούν συλλογικά για ένα μόνο έγκυρο αντίγραφο αυτού του μπλοκ σύμφωνα με έναν μηχανισμό συναίνεσης. Μόλις ένα μπλοκ γίνει συλλογικά αποδεκτό, είναι πρακτικά αδύνατο να αλλαχθεί ή να αφαιρεθεί.

Η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών (BPM) ασχολείται με το σχεδιασμό, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και τη βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Συστήματα που υποστηρίζουν τη θέσπιση και εκτέλεση διαδικασιών έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς από εταιρείες για τον εξορθολογισμό και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών εντός του οργανισμού τους. Ωστόσο, για τις δια-οργανωτικές διαδικασίες (inter-organizational processes), οι προκλήσεις του κοινού σχεδιασμού και η έλλειψη αμοιβαίας εμπιστοσύνης παρεμπόδισαν την εξέλιξη και καλύτερη διαχείριση των διαδικασιών αυτών [41].

Οι υπηρεσίες Ιστού, σύμφωνα με την κλασική θεώρησή τους αποτελούν μια υλοποίηση Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής που εμπλέκει συγκεκριμένα πρωτόκολλα και μηχανισμούς [28]. Ωστόσο, δεν είναι απαραίτητο οι Υπηρεσίες Ιστού να υπακούουν στην Υπηρεσιοστρεφή Αρχιτεκτονική για να οριστούν, αφού στην πιο απλή τους μορφή μπορούν να θεωρηθούν ως ένα πλαίσιο εργασίας που επιτρέπει δύο υπολογιστές να επικοινωνήσουν μεταξύ τους [28]. Οι υπηρεσίες Ιστού θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως η εξέλιξη των τεχνολογιών που μεταφέρουν δεδομένα στο παρασκήνιο των εφαρμογών Ιστού. Η αρχική μορφή του Ιστού ήταν απλά σελίδες που περιείχαν κείμενο, εικόνες και

συνδέσμους προς άλλες σελίδες. Στην πορεία φάνηκε καθαρά η ανάγκη για μεταφορά δεδομένων στο παρασκήνιο, όχι μόνο κάθε φορά που ο περιηγητής Ιστού άλλαζε ή ανανέωνε τη σελίδα. [28].

Η Service-oriented Architecture (SOA) έχει θεωρηθεί ως πλατφόρμα υλοποίησης για επιχειρησιακές διαδικασίες (Business Processes BP), ωστόσο, καθεμία από αυτές συνήθως ερευνάται χωριστά, π.χ. βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, ανακάλυψη υπηρεσιών κ.λπ. σε πολλά οφέλη και για τις κοινότητες SOA και επιχειρησιακές διαδικασίες. Για παράδειγμα, η λήψη μιας τρέχουσας παρουσίας ενός μοντέλου επιχειρησιακής διαδικασίας απαιτεί αντιστοίχιση των εργασιών υπηρεσίας του σε υπηρεσίες (ιστού). Αυτό το βήμα χαρτογράφησης απαιτεί επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τις χρησιμοποιούμενες υπηρεσίες ιστού που είναι κατανοητές από μηχανικούς διεργασιών ή επιχειρηματίες που δημιουργούν τέτοιες αντιστοιχίσεις. Η εύρεση υποψήφιων υπηρεσιών ιστού για την εκτέλεση κάθε εργασίας υπηρεσίας είναι μία από τις βασικές προκλήσεις στο SOA, λόγω της έλλειψης πλούσιων περιγραφών υπηρεσιών. Θεωρούμε τις διαμορφώσεις των BP ως μια πλούσια πηγή πρόσθετων πληροφοριών σχετικά με τις υπηρεσίες ιστού που καταναλώνουν που συμβάλλουν στη βελτίωση της ανακάλυψης υπηρεσιών και των μελλοντικών διαμορφώσεων των επιχειρησιακών διαδικασιών. [105]

Η αλυσίδα συστοιχιών μπορεί να βοηθήσει τις υπηρεσίες και το service – oriented computing. Οι υπηρεσίες blockchain που βασίζονται σε SOA μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη, όπως επεκτασιμότητα, αρθρωτή, διαλειτουργικότητα και συμβατότητα. Εφαρμόζεται σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτικών προϊόντων, της κατασκευής, των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών, της υγειονομικής περίθαλψης, των βιοεπιτημών και του δημόσιου τομέα. Λειτουργώντας ως δίκτυο peer-to-peer, η αλυσίδα συστοιχιών διασφαλίζει ότι ακόμη και αν μεμονωμένοι κόμβοι αποτύχουν, το υπόλοιπο δίκτυο συνεχίζει να λειτουργεί.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται σύγκριση και ανάλυση εργασιών, σχετικές με το blockchain, τις υπηρεσίες ιστού και της επιχειρησιακές διαδικασίες και πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους. Παρέχονται σημαντικά συμπεράσματα και γνώσεις, καθώς και ερευνητικά κενά και μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας προς αντιμετώπιση των κενών αυτών.

Το υπόλοιπο μέρος της διπλωματικής αυτής εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1: Αυτό το κεφάλαιο παρέχει γνώσεις υποβάθρου που είναι απαραίτητες για την πλήρη κατανόηση του υπόλοιπου περιεχομένου της αναφοράς. Θα παρέχουμε ορισμούς, βασικά χαρακτηριστικά, είδη και πλεονεκτήματα για τις αλυσίδες συστοιχίας, τις υπηρεσίες ιστού και τις επιχειρησιακές διαδικασίες.

Κεφάλαιο 2: Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η μεθοδολογία επισκόπησης. Θα εξηγήσουμε ποιες είναι οι κύριες ερευνητικές ερωτήσεις που θα απαντάμε στην παρούσα εργασία, καθώς και πως έγινε η αναζήτηση και η επιλογή των άρθρων που θα αναλυθούν έπειτα ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή των αντίστοιχων απαντήσεων.

Κεφάλαιο 3: Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στους τρόπους που μπορεί να ενσωματωθεί η αλυσίδα στη διαχείριση διαδικασιών. Επιπλέον, θα παρουσιαστούν 2 αρχιτεκτονικές, μια για την διαχείριση υπηρεσιών ιστού και μια την διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών, που θα παρουσιάζουν τα σημεία ενσωμάτωσης της αλυσίδας συστοιχίας στα υπάρχοντα πρότυπα περιβάλλοντα ή συστατικά που απαρτίζουν τις αρχιτεκτονικές αυτές. Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό θα κατηγοριοποιηθούν τα σχετικά άρθρα που επιλέχθηκαν προς ανάλυση και θα παρουσιαστούν τα σχετικά κριτήρια ανάλυσης (όπως όνομα, σημασιολογία, τιμές αποτίμησης άρθρου ως προς το αντίστοιχο κριτήριο) που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και σύγκρισή τους.

Κεφάλαιο 4: Ερευνητικά Κενά: Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα ερευνητικά κενά που προκύπτουν τόσο από την ανάλυση των άρθρων και από τις ιδανικές αρχιτεκτονικές και τρόπους ενσωμάτωσης του blockchain στη διαχείριση των διαδικασιών και υπηρεσιών, όσο και των δύο προηγούμενων κεφαλαίων, είτε τα κενά και προκλήσεις από τα ίδια τα άρθρα που μελετήθηκαν.

Η ανάλυσή μας σχετικά με τις προκλήσεις σε σχέση με τον κύκλο ζωής της Διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών BPM και πέραν αυτού θα μας οδηγήσει σε μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη ενός εκτεταμένου συστήματος εκτέλεσης και παρακολούθησης διαδικασιών στην αλυσίδα συστοιχιών, η επινόηση νέων μεθόδων ανάλυσης και μηχανικής επιχειρησιακών διαδικασιών που βασίζονται στην τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών, ο επανασχεδιασμός διαδικασιών για την αξιοποίηση των ευκαιριών που παρέχονται από τη αλυσίδα συστοιχιών.

Συμπεράσματα: Στο κεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν τα σημαντικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη των άρθρων αλλά και τα φλέγοντα κενά ή προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπισθούν άμεσα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. Αλυσίδα Συστοιχίας - Blockchain

Καθώς διανύουμε το πρώτο μισό του 21^{ου} αιώνα, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έχει κατακλύσει την ανθρωπότητα. Η τεχνολογική επανάσταση τείνει να τροποποιεί τον τρόπο που λειτουργούμε καθημερινά είτε έμμεσα είτε άμεσα [8]. Η καθημερινότητα των ανθρώπων τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει, εξαιτίας της πληροφορικής και των επικοινωνιών (ΤΠΕ), σε τέτοιο βαθμό που έχουν καταστεί και οι δύο απολύτως απαραίτητες. Πολλές από τις ενέργειές μας στην καθημερινότητά μας, όπως για παράδειγμα η επικοινωνία, η εργασία, η ψυχαγωγία, το εμπόριο, οι αγορές, η εκπαίδευση, η εξυπηρέτηση φορολογικών υποχρεώσεων κ.ά. - δε θα μπορούσαν να είναι εφικτές χωρίς αυτή την εξέλιξη. Μάλιστα η αναγκαιότητα αυτή καλύφθηκε ιδανικά από τις τεχνολογίες του διαδικτύου, οι οποίες σε συνδυασμό με τα έξυπνα τηλέφωνα έχουν ως αποτέλεσμα οι ενέργειες να ολοκληρώνονται πιο γρήγορα. Μία από αυτές τις τεχνολογίες, είναι και η αλυσίδα συστοιχιών, η οποία και θα αναλυθεί στη συνέχεια [3], [7].

2.1.1. Τι είναι η αλυσίδα συστοιχιών

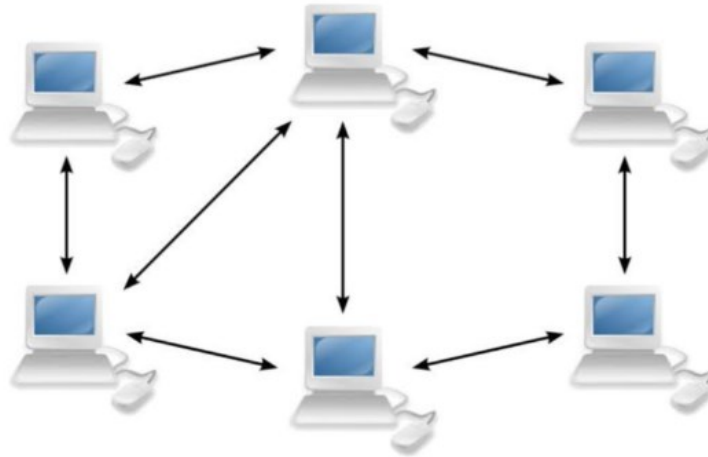
Το Blockchain (αλυσίδα συστοιχίας στα Ελληνικά), είναι μία τεχνολογία των τελευταίων ετών, η οποία έφερε επανάσταση κυρίως σε τομείς που η ασφάλεια ήταν απαραίτητη προϋπόθεση [7], [8], [9].

Η αλυσίδα συστοιχιών αποτελεί μια διανεμημένη βάση δεδομένων με αρχιτεκτονική peer – to – peer. Με τη λέξη «διανεμημένη» εννοούμε ότι τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πολλές τοποθεσίες και με το «peer – to – peer» (ομότιμη) ότι δεν υπάρχει κεντρική αρχή που να κατέχει ένα πρωτότυπο αντίγραφο των δεδομένων ενώ όλοι οι κόμβοι είναι ισότιμοι μεταξύ τους [5].

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ένα δίκτυο peer – to – peer (P2P) στο οποίο διασυνδεδεμένοι κόμβοι («ομότιμοι») μοιράζονται πόρους μεταξύ τους χωρίς τη χρήση ενός κεντρικού διοικητικού συστήματος.

Σε μια συμβατική βάση δεδομένων, κάποιος εισβολέας θα μπορούσε να αλλοιώσει τα δεδομένα, στη συνέχεια να υπολογίσει νέες τιμές κατακερματισμού και να τις εισάγει σε επόμενα μπλοκ ή εγγραφές για να αποκρύψει τα αποτελέσματα. Αυτό όμως δε μπορεί να

συμβεί με μια κατακευμαμένη, peer – to – peer βάση δεδομένων τύπου αλυσίδας συστοιχιών, επειδή ο εισβολέας θα έπρεπε να αλλάξει ταυτόχρονα αντίγραφα της βάσης δεδομένων (της αλυσίδας συστοιχιών) που είναι αποθηκευμένα σε εκατοντάδες ή χιλιάδες υπολογιστές [4].



Εικόνα 1: Ένα δίκτυο P2P [12].

Αν και η πολυπλοκότητα με την οποία έχει κατασκευαστεί η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχίας, μπορεί να δημιουργήσει διάφορα προβλήματα, όπως κατανόησης, υλοποίησης, κλπ. το πόσο ισχυρή, (χρήση αλγορίθμων κρυπτογράφησης) είναι απέναντι σε κάθε ψηφιακή απειλή, την καθιστούν ιδανική απέναντι στους κινδύνους σε θέματα ασφαλείας και κυρίως ασφάλειας του διαδικτύου.

2.1.2. Η Ιστορία της αλυσίδας συστοιχιών

Η πρώτη φορά που έγινε αναφορά σε ένα πρωτόκολλο που μοιάζει με την αλυσίδα συστοιχιών έγινε το 1982 από τον κρυπτογράφο David Chaum στη διατριβή του με τίτλο “Computer Systems Established, Maintained and Trusted by Mutually Suspicious Groups” [10]. Στη συνέχεια το 1991 οι Stuart Haber και W. Scott Stornetta [11], έχοντας, ως στόχο να εφαρμόσουν ένα σύστημα στο οποίο οι χρονικές σημάσεις εγγράφων δε θα μπορούσαν να παραβιαστούν, περιέγραψαν μια κρυπτογραφικά ασφαλή αλυσίδα από μπλοκ. Ωστόσο, ο Satoshi Nakamoto το 2008 ήταν αυτός που δημιούργησε την πρώτη αποκεντρωμένη αλυσίδα συστοιχιών. Όμως, αποτελεί μέχρι σήμερα μυστήριο αν το όνομα αυτό αφορά συγκεκριμένο άτομο ή κάποια ερευνητική ομάδα [7].

2.1.3. Τεχνολογία Κατανεμημένου Λογιστικού Καταλόγου

Η αλυσίδα συστοιχιών βασίζεται στην Τεχνολογία Κατανεμημένου Λογιστικού Καταλόγου (DLT¹), η οποία είναι ικανή να διευθετήσει μία βάση δεδομένων σε ένα δίκτυο υπολογιστών, και όχι σε μία κεντρική τοποθεσία. Η πρόσβαση των χρηστών, των μελών δηλαδή του δικτύου αυτού, γίνεται ανάλογα με την εξουσιοδότηση που διαθέτουν. Επομένως, ορισμένα μέλη είναι σε θέση να προσθέτουν δεδομένα, σύμφωνα με τους αλγορίθμους συναίνεσης που εφαρμόζονται σε ένα blockchain. Η μέγιστη ασφάλεια των δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω σύνθετων μαθηματικών αλγορίθμων, οι οποίοι επιπλέον προστατεύουν την ακολουθία των μπλοκ και διασφαλίζουν την ακεραιότητα των δεδομένων αυτών. Η αλυσίδα συστοιχιών είναι η ολοκληρωμένη καταγραφή όλων των συναλλαγών που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων [5], [7].

Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην DLT διαθέτουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εκτέλεση αυτοματοποιημένων και προγραμματισμένων εργασιών (επιτρέπεται η καταγραφή, η κοινή χρήση και ο συγχρονισμός συναλλαγών και δεδομένων σε ένα κατανεμημένο δίκτυο διαφορετικών συμμετεχόντων στο δίκτυο).
- Ισχυρή κρυπτογράφηση.
- Διαφάνεια στις συναλλαγές.
- Αξιοπιστία στις συναλλαγές εφόσον προστατεύονται από ενδεχόμενες κακόβουλες προσπάθειες αλλοίωσης.
- Διασφάλιση της ιδιωτικότητας, αλλά και της ανωνυμίας στους συμμετέχοντες, καθώς δεν είναι απαραίτητο οι συναλλασσόμενοι να εμφανίζουν την πραγματική τους ταυτότητα.

Στην Εικόνα 2: *Αλυσίδα συστοιχίας και μπλοκ [3]*, δίνεται η σχηματική απεικόνιση τμήματος μίας αλυσίδας συστοιχιών. Να σημειωθεί ότι τα δεδομένα της εικόνας είναι τυχαία και ο σκοπός της είναι να παρατηρήσουμε το συσχετισμό που έχουν τα μπλοκ μεταξύ τους.

¹ Distributed Ledger Technology, είναι μια βάση δεδομένων - συναλλαγών που κοινοποιείται και συγχρονίζεται σε πολλούς υπολογιστές και τοποθεσίες, χωρίς κεντρικό έλεγχο. Κάθε συμβαλλόμενος κατέχει ένα πανομοιότυπο αντίγραφο του αρχείου, το οποίο ενημερώνεται αυτόματα μόλις γίνουν οι προσθήκες.



Εικόνα 2: Αλυσίδα συστοιχίας και μπλοκ [3].

Κάθε μπλοκ συνδέεται με το προηγούμενό του κρυπτογραφικά με άμεση συνέπεια μια οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής των δεδομένων ενός μπλοκ να είναι αδύνατη καθώς δε θα μπορεί να επιβεβαιωθεί κρυπτογραφικά από κανένα κόμβο στο σύνολο τους. Τα σημεία κλειδιά της διαδικασίας αυτής είναι τα εξής:

- Το hash του κάθε μπλοκ σχετίζεται με το hash του προηγούμενου μπλοκ και όχι με ένα διαδοχικό αριθμό, καταλήγοντας με αυτό τον τρόπο αναδρομικά στο πρώτο μπλοκ το οποίο ονομάζεται genesis block.
- Τα δεδομένα σε μία αλυσίδα συστοιχιών είναι εσωτερικά συνεπή, δηλαδή όταν αιτείται/προωθείται κάποια αλλαγή (συνήθως προσθήκη μπλόκ) γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι και μόνο όταν οι έλεγχοι αυτοί είναι επιτυχείς, τότε έχουμε την αντίστοιχη ενημέρωση όλης της αλυσίδας των μπλοκ σε όλους τους κόμβους [3].

2.1.4. Κατακερματισμός και Κρυπτογράφηση

Ο κατακερματισμός, δηλαδή η εφαρμογή της τεχνικής του κατακερματισμού στην αλυσίδα συστοιχιών, είναι μία τεχνική σύμφωνα με την οποία δημιουργείται ένα μοναδικό αναγνωριστικό από το συνδυασμό του αναγνωριστικού του κατακερματισμού της προηγούμενης εγγραφής με το αναγνωριστικό του κατακερματισμού της τρέχουσας εγγραφής, χρησιμοποιώντας μία μαθηματική διαδικασία που μας οδηγεί στη δημιουργία μίας τιμής κατακερματισμού, όπως για παράδειγμα η - τιμή 06DDFC0434561. Ο κατακερματισμός μπορεί να χαρακτηριστεί «μονόδρομος», αφού δεν υπάρχει αντίστοιχη

μαθηματική διαδικασία που να μπορεί να μετατρέψει το 06DDFC0434561 στην αρχική του μορφή [4].

Αυτό έχει ως συνέπεια ότι, αν και είναι δυνατή η προσθήκη νέων μπλοκ δεδομένων στην αλυσίδα των μπλοκ, τα προηγούμενα μπλοκ δε μπορούν να διαγραφούν ή να τροποποιηθούν κατανεμημένα σε όλη την αλυσίδα συστοιχιών. Αυτό σημαίνει ότι δε μπορεί κάποιος να στείλει στον εαυτό του 100.000 δολάρια σε κρυπτονομίσματα (Bitcoins) και να διαγράψει τη συναλλαγή. Κάθε συναλλαγή στην αλυσίδα των συστοιχιών επικυρώνεται με τη χρήση αυτού του μηχανισμού κατακερματισμού.

Επιπλέον, η εφαρμογή κρυπτογράφησης από τον Nakamoto έγινε με σκοπό να διασφαλίσει ότι τα κρυπτογραφημένα δεδομένα που αποθηκεύονται στην αλυσίδα των μπλοκ θα είναι ορατά από κάθε χρήστη, αλλά θα μπορούν να αποκρυπτογραφηθούν μόνο από εκείνους που έχουν τα κατάλληλα κλειδιά αποκρυπτογράφησης. Χωρίς το κατάλληλο κλειδί, το μόνο που θα δει κάποιος είναι μια ροή από ανούσιους χαρακτήρες [4].

2.1.5. Η Δομή της αλυσίδας συστοιχιών

Η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχίας είναι μια αλυσίδα από ψηφιακά μπλοκ που περιέχουν δεδομένα. Η σύνδεση του κάθε μπλοκ της ψηφιακής αυτής αλυσίδας τόσο με τον προηγούμενο, αλλά όσο και με τον επόμενο, πραγματοποιείται μέσω της κρυπτογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της σύνδεσης είναι το αδιάβλητο. Εφόσον αυτό επιτευχθεί, τότε είναι πιο εύκολη η διανομή των συναλλαγών χρησιμοποιώντας ασφαλή κανάλια επικοινωνίας. Η συναινετική εισαγωγή μπλοκ έρχεται με την σειρά της να εξασφαλίσει πως (σχεδόν) πάντοτε όλοι οι κόμβοι θα έχουν το ίδιο περιεχόμενο [7]. Η σύνδεση ενός μπλοκ τόσο με το προηγούμενο όσο και με το επόμενο στη σειρά, έχει πραγματοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε μία αλλαγή σε ένα από αυτά τα μπλοκ είναι να ικανή να προκαλέσει ασυμβατότητες μεταξύ των μπλοκ σε όλη την αλυσίδα συστοιχίας [7].

Θα μπορούσαμε να περιγράψουμε την τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχίας ως μία ακολουθία από μπλοκ, η οποία σχηματίζει έναν κατάλογο καταγραφής (ledger) (καθολικό) πληροφοριών. Με άλλα λόγια σκεφτείτε μια βάση δεδομένων με πληροφορίες αποθηκευμένες σε μπλοκ. Αυτές οι δεσμεύσεις μπορούν να αντιγραφούν σε πολλούς σε μεμονωμένους υπολογιστές / κόμβους. Όλα αυτά, τα περιεχόμενα των υπολογιστών σε σχέση με τον κατάλογο καταγραφής είναι ταυτόσημα και συγχρονισμένα μεταξύ τους. Όταν κάποιος προσθέτει ή αφαιρεί δεδομένα, αλλάζει τις πληροφορίες σε όλα τα μπλοκ. Η

καταγραφή των πληροφοριών στα μπλοκ και η τοποθέτηση των μπλοκ στην αλυσίδα γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε η οποιαδήποτε μεταβολή σε ένα και μόνο χαρακτηριστικό στις ήδη καταγεγραμμένες πληροφορίες να είναι απολύτως ανιχνεύσιμη.

Στην αλυσίδα συστοιχιών, η καταχώρηση και η επικύρωση των συναλλαγών πραγματοποιείται όλο το δίκτυο του blockchain. πως ένα σύνολο από κόμβους, οι ανθρακωρύχοι (miners) καταχωρούν τις συναλλαγές και με βάση τον αλγόριθμο συναίνεσης που εφαρμόζεται, ένας από αυτούς καθίσταται εκείνος που θα δημοσιεύσει το νέο μπλοκ στο blockchain. Μόλις γίνει αυτό, το μπλοκ επικυρώνεται από όλους τους κόμβους του δικτύου και έπειτα καταχωρείται στο blockchain. Το σύστημα της αλυσίδας των μπλοκ ουσιαστικά περιέχει μια βάση δεδομένων και ένα λογισμικό που προσθέτει τα νέα μπλοκ που δημοσιεύονται / ανακοινώνονται από τους ανθρακωρύχους, τα οποία επικυρώνονται, καθώς αυτές οι εγγραφές συμφωνούν με τους κανόνες και αναπαράγονται στους υπολογιστές του συστήματος – δικτύου, εξασφαλίζοντας ότι όλοι οι χρήστες έχουν τα ίδια δεδομένα στις βάσεις τους [7].

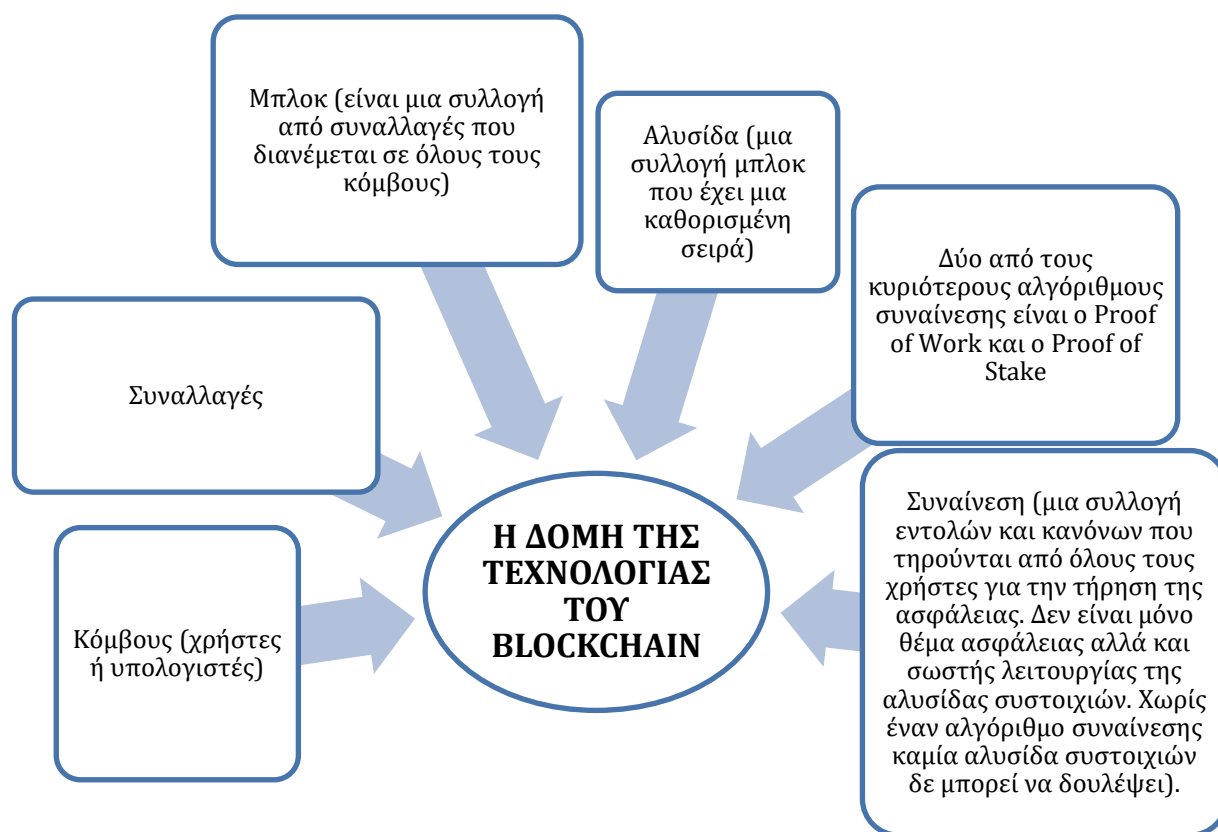
Κάθε μπλοκ αποτελείται από δύο τμήματα, τα εξής:

- Μία κεφαλίδα (header) που έχει σταθερό μέγεθος, 80 bytes. Η κεφαλίδα αυτή περιέχει τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ (hashprevblock), μια χρονική σήμανση, Nonce και τη ρίζα Merkle. Η ρίζα Merkle είναι ο κατακερματισμός ρίζας ενός δέντρου Merkle το οποίο αποθηκεύεται στο σώμα του μπλοκ.
- Τα δεδομένα των συναλλαγών, που δεν έχουν σταθερό μέγεθος.

Κάθε μπλοκ περιέχει διάφορες συναλλαγές και έναν κρυπτογραφημένο κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ, η τιμή του οποίου εμφανίζεται στην κεφαλίδα του μπλοκ. [7].

Σε μία αλυσίδα συστοιχιών, η τιμή κατακερματισμού για κάθε μπλοκ βασίζεται στην τιμή κατακερματισμού του προηγούμενου μπλοκ, η οποία βασίζεται στην τιμή κατακερματισμού του προηγούμενου μπλοκ, κ.ο.κ. μέχρι το μπλοκ 0 του Nakamoto. Η τιμή κατακερματισμού για οποιοδήποτε μπλοκ μπορεί να υπολογιστεί και να συγκριθεί με την τιμή κατακερματισμού που είναι αποθηκευμένη στο μπλοκ. Έτσι, γίνεται έλεγχος αν τα δεδομένα έχουν υποστεί αλλοίωση. [4].

Στην Εικόνα 3: Συνοπτικά η δομή της τεχνολογίας της αλυσίδας των μπλοκ [7]. παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή της τεχνολογίας της αλυσίδας συστοιχιών.



Εικόνα 3: Συνοπτικά η δομή της τεχνολογίας της αλυσίδας των μπλοκ [7].

2.1.6. Έγκριση Προσθήκης Μπλοκ

Κάθε μπλοκ της αλυσίδας ενσωματώνει κάποιες συναλλαγές, ενώ κάθε φορά που πραγματοποιείται και μια νέα συναλλαγή, νέες εγγραφές προστίθενται στο μπλοκ. Το κάθε μπλοκ έχει τη δυνατότητα να δεχτεί μέχρι ένα συγκεκριμένο αριθμό συναλλαγών και το μπλοκ δεν είναι πλέον ενεργό όταν ο αριθμός αυτός συμπληρωθεί. Στη συνέχεια το μπλοκ συνδέεται με έναν μοναδικό τρόπο με το προηγούμενο μπλοκ, οπότε εισέρχεται στην αλυσίδα.

Στην τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχίας δεν απαιτείται η διαχείριση και ο έλεγχος της αλυσίδας από κάποια αξιόπιστη κεντρική αρχή. Με άλλα λόγια, οι συναλλαγές που περιλαμβάνονται στην αλυσίδα δεν εποπτεύονται και δεν επικαιροποιούνται από κάποια ανεξάρτητη αρχή ώστε να γίνουν έπειτα αποδεχτές από όλους τους συναλλασσόμενους. Αναλυτικότερα, αν οι κανόνες για την αλυσίδα συστοιχίας έχουν ήδη αποφασιστεί, τότε απλώς οι χρήστες τους εφαρμόζουν ώστε η διαχείριση της αλυσίδας να πραγματοποιείται

σωστά αλλά με αποκεντρωμένο τρόπο. Αν οι χρήστες δεν συμφωνούν με αυτούς τους κανόνες, απλώς δεν συμμετέχουν στο δίκτυο.

Εφόσον το δίκτυο της αλυσίδας των μπλοκ είναι δημόσιο (public), τότε απαιτείται η συναίνεση όλων των χρηστών, ενώ αν το δίκτυο της αλυσίδας των μπλοκ είναι ιδιωτικό (private) ή κοινοτικό (consortium), τότε απαιτείται η συναίνεση των χρηστών με ειδικά δικαιώματα, για την προσθήκη ενός συγκεκριμένου μπλοκ [7]. Η συμφωνία / συναίνεση μεταξύ των χρηστών, είτε της δημόσιας είτε της ιδιωτικής αλυσίδας συστοιχίας επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός αλγορίθμου. Σύμφωνα με τον αλγόριθμο αυτό ρυθμίζεται η δημιουργία ενός μπλοκ με σαφή και δίκαιο τρόπο. Πρόκειται στην ουσία, για έναν ισχυρό μηχανισμό συναίνεσης βασισμένο στην κρυπτογράφηση που κωδικοποιεί πληροφορίες για λόγους ασφάλειας.

Για τη δημιουργία μίας αλυσίδας συστοιχιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά διαφορετικοί αλγόριθμοι συναίνεσης² με τους πιο συνηθισμένους να είναι οι εξής:

- **Proof of Work (PoW) ή απόδειξης εργασίας.** Στα δίκτυα που βασίζονται στον αλγόριθμο PoW, όλοι οι χρήστες ανταγωνίζονται μεταξύ τους αναζητώντας λύση σε δύσκολα μαθηματικά προβλήματα, όπως την επίλυση μίας διαφορικής εξίσωσης, τα οποία στη συνέχεια επαληθεύουν. Μόλις, λοιπόν, ένας από τους χρήστες λύσει την εξίσωση, σχηματίζει ένα νέο μπλοκ και προτείνει την προσθήκη του στο δίκτυο, ενώ οι υπόλοιποι το επαληθεύουν και μεγαλώνουν την αλυσίδα συστοιχιών. Ο χρήστης, ο επονομαζόμενος ανθρακωρύχος (miner), που λύνει την εξίσωση λαμβάνει σχετική ανταμοιβή [7].
- **Proof of Stake (PoS) ή απόδειξης συμμετοχής.** Η απόδειξη συμμετοχής είναι ένας τρόπος με τον οποίο αποφασίζεται ποιος χρήστης ή ποιοι χρήστες επικυρώνουν νέα μπλοκ συναλλαγών επιβραβεύοντάς τους με κρυπτονομίσματα για κάθε σωστή επικύρωση. Ως ασφάλεια κατά της απάτης, τα πρωτόκολλα απόδειξης συμμετοχής / στοιχήματος απαιτούν από τους επενδυτές να «ποντάρουν» μέρος του κρυπτονομίσματος τους ως εγγύηση, το οποίο στη συνέχεια κλειδώνεται σε κατάθεση. Εάν ένας επενδυτής προσθέσει μια συναλλαγή στην αλυσίδα συστοιχιών που άλλοι επικυρωτές θεωρούν άκυρη, μπορεί να χάσει ένα μέρος του πονταρίσματος.

² consensus mechanisms

Υπάρχει συνήθως ένα χαμηλότερο όριο στο πόσο που μπορούν να ποντάρουν οι επικυρωτές στον αλγόριθμο PoS. Μετά την υπέρβαση του ορίου αυτού, οι επικυρωτές μπορούν να ποντάρουν όσο θέλουν. Στην πραγματικότητα, όσο περισσότερο ποντάρει ένας επενδυτής, τόσο πιο πιθανό είναι να επιλεγεί από τον αλγόριθμο. Ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα για να διευκρινιστεί το θέμα: ας υποθέσουμε ότι υπάρχει μια νέα αλλαγή, δηλαδή ένα νέο μπλοκ στην αλυσίδα συστοιχιών που χρειάζεται επαλήθευση. Δέκα κόμβοι προσφέρονται εθελοντικά για να το επικυρώσουν και ο καθένας ποντάρει ένα κρυπτονόμισμα για το προνόμιο αυτό. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας έχει ίσες πιθανότητες 10 % να λάβει το έργο [7], [15]. Να σημειωθεί ότι η επιλογή γίνεται με βάση τον αλγόριθμο, ο οποίος ντετερμινιστικά διαλέγει τον κόμβο με το μεγαλύτερο ποντάρισμα (stake).

Τα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για την επιβεβαίωση της εγκυρότητα ενός μπλοκ είναι τα εξής:

- Σωστή δομή.
- Το hashprevblock έχει μέγεθος 32 byte και περιέχει έναν κατακερματισμό 256 bit της προηγούμενης κεφαλίδας μπλοκ. Ανανεώνεται όταν εισάγεται ένα νέο μπλοκ.
- Η «χρονosφραγίδα» (timestamp) του τρέχοντος μπλοκ είναι μεγαλύτερη από τη «χρονosφραγίδα» του προηγούμενου μπλοκ και μικρότερη από τη «χρονosφραγίδα» του επόμενου.
- Να είναι σωστοί οι αλγόριθμοι συναίνεσης, όπως για παράδειγμα ο proof of work (PoW). [7]

2.1.7. Τύποι αλυσίδας συστοιχιών

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι αλυσίδας συστοιχιών ανάλογα το ποιος έχει πρόσβαση σε αυτήν. Ειδικότερα, ανάλογα με το ποιοι κόμβοι έχουν πρόσβαση, επαληθεύουν και επικυρώνουν τις συναλλαγές στην αλυσίδα συστοιχιών, αυτή διακρίνεται σε:

- δημόσια αλυσίδα συστοιχιών (public blockchain),
- ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών (private blockchain) και
- κοινοπρακτική αλυσίδα συστοιχιών (consortium blockchain).

Σε μια δημόσια αλυσίδα συστοιχιών μπορεί να συμμετέχει οποιοσδήποτε κόμβος / χρήστης. Σε μία ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών η εγκυρότητα ελέγχεται από έναν μόνο κόμβο, τον υπερκόμβο. Μόνο επιλεγμένοι κόμβοι μπορούν να συμμετέχουν στη διαδικασία, καθιστώντας την πιο ασφαλή σε σχέση με τη δημόσια αλυσίδα συστοιχιών. Επομένως, μια ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών ουσιαστικά λειτουργεί σε ένα κλειστό δίκτυο. Μία κοινοπρακτική αλυσίδα συστοιχιών χρησιμοποιείται κι ελέγχεται από μία κοινότητα οργανισμών/κόμβων. Είναι ένας συνδυασμός δημόσιας και ιδιωτικής αλυσίδας συστοιχιών. [7]

2.1.7.1. Δημόσια αλυσίδα συστοιχιών

Η δημόσια αλυσίδα συστοιχιών προσπελαύνεται και επαληθεύεται από όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Συγκεκριμένα, δεν υπάρχει κάποια κεντρική αρχή η οποία θα πρέπει να δίνει κάποια άδεια ώστε οι χρήστες να μπορούν να πραγματοποιήσουν την δράση τους όπως οι ίδιοι επιθυμούν, δηλαδή να επαληθεύσουν συναλλαγές, να διατηρήσουν ένα τοπικό αντίγραφο της αλυσίδας των μπλοκ και να δημοσιεύσουν ένα νέο μπλοκ στην αλυσίδα [7].



Εικόνα 4: Δημόσια αλυσίδα συστοιχιών.[1]

Μία δημόσια αλυσίδα συστοιχιών χρησιμοποιείται ευρέως σε ανώνυμες συναλλαγές. Το βασικό μειονέκτημά της είναι οι χαμηλές ταχύτητες στην εκτέλεση των συναλλαγών. Αυτές οφείλονται στο γεγονός πως για την επικύρωση των συναλλαγών απαιτείται εντατικός υπολογισμός οπότε χρειαζόμαστε περισσότερη υπολογιστική ισχύ για να πραγματοποιηθεί πιο γρήγορα ο υπολογισμός αυτός για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας του μπλοκ όταν αυτό δημιουργείται και τοποθετείται στην αλυσίδα.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των δημόσιων αλυσίδων συστοιχιών είναι η διαφάνεια του δικτύου. Ειδικότερα, εφόσον η αλυσίδα συστοιχίας είναι δημόσια, ο οποιοσδήποτε μπορεί να δει όλες τις συναλλαγές του δικτύου, ενώ με τη δική του πρωτοβουλία μπορεί να προχωρήσει και στην έκδοση μπλοκ. Επιπλέον, εφόσον οι χρήστες ακολουθούν προσεκτικά τα πρωτόκολλα και τις μεθόδους ασφαλείας, οι δημόσιες αλυσίδες μπλοκ είναι ως επί το

πλείστο ασφαλείς. Το κρυπτονόμισμα είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής δημόσιας αλυσίδας συστοιχιών [7].

2.1.7.2. Ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών

Είναι δίκτυα στα οποία μία κεντρική αρχή παρέχει την άδεια για να λειτουργήσουν, ώστε να μπορούν να συμμετάσχουν οι χρήστες σε αυτά. Ενώ λειτουργεί ως ένα δίκτυο αλυσίδας συστοιχιών με την έννοια ότι χρησιμοποιεί P2P συνδέσεις, αυτός ο τύπος αλυσίδας συστοιχιών είναι σε πολύ μικρότερη κλίμακα σε σχέση με τον δημόσιο. Ειδικότερα, αντί να μπορεί οποιοσδήποτε να συμμετέχει και να παρέχει υπολογιστική ισχύ, οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ συνήθως λειτουργούν σε ένα μικρό δίκτυο μέσα σε μια εταιρεία ή οργανισμό. Για αυτό και είναι επίσης γνωστές ως επιτρεπόμενες αλυσίδες συστοιχιών (permissioned blockchain) ή εταιρικές αλυσίδες συστοιχιών.

Σε αυτό το είδος δικτύου «κλειστού τύπου» υπάρχει ένας κεντρικός ελεγκτής, ο οποίος παραχωρεί τα δικαιώματα πρόσβασης και επαλήθευσης των συναλλαγών. Επομένως, μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στις συναλλαγές της αλυσίδας συστοιχιών και να συμμετάσχουν στην εργασία για τη δημοσίευση νέων μπλοκ [7].



Εικόνα 5: Ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών. [1]

Τα πρωτόκολλα συναίνεσης εφαρμόζονται και στις ιδιωτικές αλυσίδες συστοιχιών. Στην περίπτωση αυτή, απαιτούν λιγότερη υπολογιστική ισχύ για την εκτέλεσή τους (λόγω του σχετικά μικρού μεγέθους του δικτύου). Ένας παράδειγμα εφαρμογής της ιδιωτικής αλυσίδας συστοιχιών μπορεί να θεωρηθεί η διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων από τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς τα οποία πρέπει να διασφαλίζονται, ώστε να μην είναι διαθέσιμα σε μη εξουσιοδοτημένα τρίτα μέρη [7].

Οι κίνδυνοι για κακόβουλες ενέργειες είναι υπαρκτοί και στην ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών αλλά έχουν μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης και πιο εύκολο και ταχύ τρόπο αντιμετώπισης σε σχέση με τη δημόσια αλυσίδα. Ειδικότερα, επειδή στο δίκτυο αυτό οι χρήστες είναι καταγεγραμμένοι υπάρχει μια σχετική εμπιστοσύνη μεταξύ τους ενώ το όλο δίκτυο ελέγχεται από τον υπερ – κόμβο. Επομένως, ο εντοπισμός και η ανάκληση

δικαιωμάτων είναι μία διαδικασία πιο εύκολη και γρήγορη ενώ μπορεί να υπάρχει μια στοχευμένη εφαρμογή μέτρων ασφαλείας και πολιτικών [7].

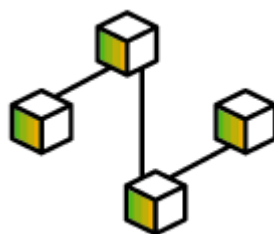
2.1.7.3. Αλυσίδες συστοιχίας Κοινοπραξίας

Η αλυσίδα συστοιχιών κοινοπραξίας (consortium blockchain) μοιάζει αρκετά με την ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών, αφού και τα δύο υποστηρίζουν δίκτυα αδειοδοτημένων (permissioned) κόμβων [7].

Μια κοινοπραξία αλυσίδας συστοιχιών είναι μια ιδιωτική αλυσίδα μπλοκ με περιορισμένη πρόσβαση σε μια συγκεκριμένη ομάδα, εξαλείφοντας τους κινδύνους που ενέχουν όταν μόνο μια οντότητα ελέγχει το όλο δίκτυο όπως σε μια ιδιωτική αλυσίδα μπλοκ.

Σε μία αλυσίδα συστοιχιών κοινοπραξίας, οι διαδικασίες συναίνεσης ελέγχονται από προκαθορισμένους κόμβους. Διαθέτει τους προκαθορισμένους κόμβους επικύρωσης, που αναφέρθηκαν πριν, τους οποίους εκκινεί, λαμβάνει και επικυρώνει συναλλαγές. Οι (απλοί) κόμβοι μελών μπορούν να λαμβάνουν ή να ξεκινούν συναλλαγές.

Μια κοινοπραξία αλυσίδας συστοιχιών τείνει να είναι πιο ασφαλής, επεκτάσιμη και αποτελεσματική από ένα δημόσιο δίκτυο αλυσίδας συστοιχιών. Ωστόσο, η αλυσίδα συστοιχιών κοινοπραξίας είναι λιγότερο διαφανή από τη δημόσια αλυσίδα συστοιχιών. Μπορεί ακόμα να παραβιαστεί εφόσον υπάρχει επιτυχής διείσδυση σε έναν κόμβο μέλους.



Εικόνα 6: Αλυσίδα Κοινοπραξίας. [1]

2.1.8. Πλεονεκτήματα της αλυσίδας συστοιχιών

Τα πλεονεκτήματα της αλυσίδας συστοιχίας είναι τα εξής:

- **Διαφάνεια:** Οι πληροφορίες στην αλυσίδα συστοιχιών είναι ορατές από όλους τους συμμετέχοντες και δεν μπορούν να τροποποιηθούν. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο και την απάτη, ενώ παράλληλα δημιουργεί εμπιστοσύνη.

- **Ασφάλεια:** Η διανεμημένη και κρυπτογραφημένη φύση της αλυσίδας συστοιχιών σημαίνει ότι είναι δύσκολο να χαλιναγωγηθεί. Αυτό αποτελεί μία σημαντική υπόσχεση για την ασφάλεια των επιχειρήσεων και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).
- **Καθόλου ενδιάμεσοι:** Η αλυσίδα συστοιχιών είναι ένα πραγματικό δίκτυο μεταξύ ομοτίμων που θα απομακρύνει την εξάρτηση από ορισμένους τύπους ενδιάμεσων / τρίτων, οπότε έχουμε αποτελεσματικότητα στις συναλλαγές (λιγότερο κόστος και ταχύτητα εκτέλεσης ειδικότερα διότι οι συναλλαγές μπορούν να πραγματοποιηθούν οποτεδήποτε και οπουδήποτε) ενώ σημαίνει λιγότερες ευκαιρίες για σφάλματα καταχώρισης δεδομένων καθώς και λιγότερες χρεώσεις συναλλαγών. Επίσης, εξαλείφεται η εξάρτηση και η ανάγκη εμπιστοσύνης σε ένα κοινό τρίτο μέρος, το οποίο μπορεί να είναι και δύσκολο να συμφωνηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις από τους συναλλασσόμενους.
- **Ιχνηλασιμότητα:** Επειδή οι δεδομένες αλυσίδες συστοιχιών είναι αμετάβλητες, είναι ιδανικό για την παρακολούθηση και ανίχνευση των συναλλαγών ή την προέλευσή τους μέσω σύνθετων αλυσίδων εφοδιασμού, για παράδειγμα.
- **Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και επιστροφή επένδυσης (Return of Investment – ROI):** Τα κατανεμημένα καθολικά παρέχουν γρήγορη απόδοση επένδυσης βοηθώντας τις επιχειρήσεις να δημιουργήσουν πιο λιτές, πιο αποδοτικές και πιο κερδοφόρες διαδικασίες.
- **Ταχύτερες διαδικασίες:** Η αλυσίδα συστοιχιών μπορεί να επιταχύνει την εκτέλεση της κύριας διεργασίας σε πολλαπλά σενάρια - και να επιτρέψει ταχύτερες συναλλαγές που δεν περιορίζονται από τις ώρες γραφείου.
- **Αυτοματοποίηση:** Η αλυσίδα συστοιχιών προγραμματίζεται και επιτρέπει την αυτόματη ενεργοποίηση ενεργειών, γεγονότων και πληρωμών μόλις ικανοποιηθούν οι συνθήκες, μέσω της χρήσης των έξυπνων συμβολαίων.
- **Προστασία προσωπικών δεδομένων:** Ενώ οι πληροφορίες επαληθεύονται και προστίθενται σε μία αλυσίδα συστοιχιών μέσω μιας διαδικασίας συναίνεσης, τα ίδια τα δεδομένα μεταφράζονται σε μια σειρά από γράμματα και αριθμούς από έναν κώδικα κατακερματισμού. Οι συμμετέχοντες στο δίκτυο δεν έχουν τρόπο να μεταφράσουν αυτές τις πληροφορίες χωρίς το απαραίτητο κλειδί [7].

2.1.9. Μειονεκτήματα της αλυσίδας συστοιχιών

Τα μειονεκτήματα τη αλυσίδας συστοιχίας είναι τα εξής:

- **Ζητήματα επεκτασιμότητας:** Λόγω της φύσης του σχεδιασμού της, η αλυσίδα συστοιχιών αντιμετωπίζει προκλήσεις επεκτασιμότητας, καθώς ο αριθμός των συναλλαγών αυξάνεται.
- **Υψηλή κατανάλωση ενέργειας:** Η εξόρυξη, μία διαδικασία που σχετίζεται με ορισμένες δημόσιες αλυσίδες όπως το κρυπτονόμισμα, περιλαμβάνει την επίλυση πολύπλοκων μαθηματικών γρίφων για την επικύρωση των συναλλαγών, που απαιτούν σημαντική υπολογιστική ισχύ και ενέργεια.
- **Νομικές και ρυθμιστικές προκλήσεις:** Η αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας συστοιχιών παρουσιάζει νομικές και ρυθμιστικές προκλήσεις. Χωρίς κεντρική αρχή, ζητήματα όπως η επίλυση διαφορών μπορεί να γίνουν πολύπλοκα. Επιπλέον το νομικό καθεστώς και το ρυθμιστικό πλαίσιο για την αλυσίδα συστοιχιών και τις σχετικές τεχνολογίες ποικίλλουν σημαντικά παγκοσμίως, δημιουργώντας αβεβαιότητα.
- **Δυνατότητα κακής χρήσης:** Ενώ η αλυσίδα συστοιχιών παρέχει ασφάλεια και ιδιωτικότητα, αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αξιοποιηθούν για παράνομες δραστηριότητες, όπως ξέπλυμα χρήματος ή παράνομο εμπόριο.
- **Τεχνική Πολυπλοκότητα:** Η τεχνική πολυπλοκότητα της αλυσίδας συστοιχιών μπορεί να το δυσκολεύσει για τον μέσο άνθρωπο να την κατανοήσει και να τη χρησιμοποιήσει [94].

2.1.10. Εφαρμογές της αλυσίδας συστοιχιών

Οι εφαρμογές της τεχνολογίας της αλυσίδας συστοιχιών δεν αφορούν πλέον τα κρυπτονομίσματα, διότι αυτή αρχίζει να επηρεάζει όλο και περισσότερους κλάδους, όπως:

- Φροντίδα υγείας
- Κυβέρνηση
- Χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες
- Τραπεζικές εργασίες
- Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης και ψυχαγωγία [96].

Στις μέρες μας μια από τις πιο συναρπαστικές τάσεις της τεχνολογίας είναι της αλυσίδας συστοιχιών. Μια τέτοια αλυσίδα μπορεί να λύσει προβλήματα σχετικά με την εμπιστοσύνη και την ασφάλεια των συναλλαγών. Αν και η αλυσίδα συστοιχιών είναι γνωστό ως η τεχνολογία πάνω στην οποία βασίστηκε το Bitcoin και τα κρυπτονομίσματα γενικότερα, ωστόσο, έχει πολλές περισσότερες χρήσεις, όπως για παράδειγμα τα ψηφιακά έξυπνα συμβόλαια και η εφοδιαστική αλυσίδα [5], [7].

Το blockchain είναι μια τεχνολογία γενικής χρήσης, που σημαίνει ότι είναι εφαρμόσιμη σε όλους τους τομείς, δήλωσε ο Χρήστος Μακρίδης, καθηγητής και ερευνητής στο Πολιτειακό Πανεπιστήμιο της Αριζόνα και ψηφιακός συνεργάτης στο MIT Initiative on the Digital Economy. "Για παράδειγμα, οι χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για τη δημιουργία έξυπνων συμβολαίων μεταξύ των καταναλωτών και του τραπεζικού τους ιδρύματος. Ομοίως, η υγειονομική περίθαλψη μπορεί να το χρησιμοποιήσει για τη σύνταξη έξυπνων συμβάσεων μεταξύ ασφαλιστών και νοσοκομείων καθώς και μεταξύ ασθενών και νοσοκομείων. Οι δυνατότητες είναι ατελείωτες." [96]

Η κύρια λειτουργία αυτών των προγραμμάτων είναι να αυτοματοποιούν την εκτέλεση των όρων της σύμβασης όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Ο κώδικας λογισμικού ακολουθεί σχετικά απλή λογική για να διασφαλίσει ότι όλα τα μέρη λαμβάνουν τα οφέλη ή τις ποινές που προβλέπονται στη σύμβαση. Η αλυσίδα συστοιχιών κάνει μια μόνιμη καταγραφή κάθε ενέργειας που σχετίζεται με τη συναλλαγή. [96]

Εφοδιαστική αλυσίδα

Προκειμένου να υπάρχει διαφάνεια στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας του προϊόντος η πληροφορία για την προέλευση και την πορεία κάθε προϊόντος στην εφοδιαστική αλυσίδα κρίνεται απαραίτητη. Επομένως, η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών χρησιμοποιείται από την εφοδιαστική αλυσίδα με σκοπό τον εντοπισμό των προϊόντων αλλά και καταγραφή της πορείας τους από την παραγωγή μέχρι τον πελάτη [5], [7].

Τροφική αλυσίδα

Ένας τομέας όπου η τεχνολογία της αλυσίδας των μπλοκ χρησιμοποιείται ευρέως είναι η τροφική αλυσίδα. Στον τομέα αυτόν η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών χρησιμοποιείται για τη διαφοροποίηση στην διαχείριση των ευπαθών προϊόντων και την έγκαιρη κατάληξή τους στο τραπέζι πριν την ημερομηνία λήξης τους. Μέσω μιας

επιτρεπόμενης (permissioned) αλυσίδας συστοιχιών, οι παραγωγοί τροφίμων έχουν τη δυνατότητα να προσκαλέσουν στο δίκτυο:

- φορείς συγκέντρωσης τροφίμων,
- βιώσιμους αγρότες, ή
- ακόμη και μεμονωμένους καλλιεργητές.

Κατά τη συγκομιδή, στο προϊόν αποδίδεται ένας κωδικός QR, κωδικός ο οποίος περιέχει πληροφορίες σχετικές με την προέλευση του προϊόντος, το όνομα του καλλιεργητή και το αν το προϊόν είναι οργανικό ή από εταιρεία εμπορίου. Τα δεδομένα κωδικοποιούνται στην αλυσίδα συστοιχιών και ενημερώνονται με νέες πληροφορίες καθώς μετακινούνται μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Υγειονομική αλυσίδα / Τομέας Υγείας

Η αντιμετώπιση της υγειονομικής κρίσης είναι ένα θέμα που θα συνεχίσει να μας απασχολεί και το 2024, ακόμη και αν αυτή έχει κριθεί πως έχει τυπικά λήξει. Η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά τόσο στην παρακολούθηση όσο και στη διανομή των εμβολίων, δηλαδή μπορεί να εξασφαλίσει την αυθεντικότητα των αποστολών εμβολίων και γενικότερα τη διανομή τους. Επιπλέον, μπορεί να διασφαλίσει την ακεραιότητα σε κάθε σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως για παράδειγμα στον τρόπο αποθήκευσης που πρέπει να γίνεται με συνέπεια, σε συγκεκριμένες συνθήκες και σε ορισμένες θερμοκρασίες.

Παραδείγματος χάριν, η IBM έχει δημιουργήσει ένα σύστημα που δίνει τη δυνατότητα στον συντονισμό πολλών διαφορετικών φορέων αλλά και υγειονομικών αρχών που σχετίζονται με τη διανομή εμβολίων, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών για να συγκεντρώσει πληροφορίες, σε μία βάση δεδομένων, σχετικές με την καταγραφή των ποσοστών εμβολιασμού και της αποτελεσματικότητας στα διάφορα εργαλεία και πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται [5], [7].

Με αυτόν τον τρόπο, εάν υπάρχει ανάκληση προϊόντος διότι είτε αυτό είναι επικίνδυνο για την υγεία είτε έχει λήξει η ημερομηνία χρήσης του, οι κατασκευαστές μπορούν να χρησιμοποιούν την αλυσίδα συστοιχιών στο σημείο στο οποίο επηρεάστηκαν οι παρτίδες, μειώνοντας έτσι τα απόβλητα και το κόστος μιας ευρείας κλίμακας ανάκλησης. Οπότε, μόλις τα προϊόντα παραδοθούν, τόσο οι λιανέμποροι όσο και οι καταναλωτές,

χρησιμοποιώντας τον κωδικό QR, έχουν τη δυνατότητα να δουν βασικές πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα.

Οι δυνατότητες για χρήση της αλυσίδας συστοιχιών στην υγειονομική περίθαλψη φαίνονται ατελείωτες. «Υπάρχουν πολλές πιθανές περιπτώσεις χρήσης: διαχείριση δεδομένων ηλεκτρονικών ιατρικών αρχείων, προστασία δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, προστασία γονιδιωματικών πληροφοριών και παρακολούθηση ασθενειών και εστιών», δήλωσε ο David Brown, διευθυντής επιστήμης και προγράμματος στο Qatar Precision Medicine Institute.

Το φάρμακο ακριβείας είναι το φάρμακο που ταιριάζει με τη γονιδιωματική του ασθενούς για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων και την ελαχιστοποίηση ή την εξάλειψη των παρενεργειών. Περιλαμβάνει επίσης φάρμακα με βάση το γονιδίωμα που είναι εξαιρετικά απαραίτητα καθώς οι μολυσματικοί παράγοντες γίνονται όλο και πιο ανθεκτικοί στα αντιβιοτικά.

«Η αλυσίδα συστοιχιών», εξήγησε ο Μπράουν, «επιτρέπει σε παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και ερευνητές να αναπτύξουν πρωτοποριακά φάρμακα και θεραπείες που βασίζονται σε γονιδιωματικά προφίλ».[96]

Τομέας ψυχαγωγίας & τυχερών παιχνιδιών

Η βιομηχανία των μέσων και της ψυχαγωγίας είναι μια πλούσια αρένα για χρήση της αλυσίδας συστοιχιών και οι εφαρμογές είναι τόσο ευφάνταστες όσο και η ίδια η βιομηχανία.

«Μια εταιρεία μπορεί να κόψει εισιτήρια για έναν αγώνα ποδοσφαίρου ή μια συναυλία σε μια μεγάλη περιοδεία καλλιτέχνη on-chain και να ορίσει παραμέτρους, έτσι ώστε, κάθε φορά που το εισιτήριο μεταπωλείται στην αγορά μεταχειρισμένων, η ομάδα ή ο καλλιτέχνης εισπράττει δικαιώματα για αυτές τις συναλλαγές που ορίζονται σε ένα ποσοστό που καθορίζουν κατά τη διαδικασία κοπής», είπε ο Rafferty.

Ένα άλλο παράδειγμα επιτυχημένης περίπτωσης χρήσης είναι το προϊόν της Microsoft που βασίζεται στην αλυσίδα συστοιχιών για δικαιώματα τυχερών παιχνιδιών και δικαιώματα διαχείρισης, το οποίο ο Δρ. Zur είπε ότι παρέχει ένα χρηματοοικονομικό σύστημα καταγραφής από τη δημιουργία συμβολαίου έως τη συμφωνία πληρωμών. Η Microsoft σχεδίαζε να χρησιμοποιήσει τις διευρυμένες λειτουργίες της αλυσίδας συστοιχιών για να «επιτρέψει στους συνεργάτες παιχνιδιών Xbox και στο δίκτυο

καλλιτεχνών, μουσικών, συγγραφέων και άλλων δημιουργών περιεχομένου να αποκτήσουν αυξημένη προβολή στην παρακολούθηση, τη διαχείριση και την επεξεργασία πληρωμών για συμβόλαια δικαιωμάτων εκμετάλλευσης».[96]

Οικονομικός & τραπεζικός τομέας

Ο Chen Zur, ηγέτης της αλυσίδας συστοιχιών κοινοπραξίας (consortium blockchain), είπε ότι αναμένει από επιχειρήσεις-πελάτες επιχειρήσεων που έχουν συμβατικά οδηγήσει πολυμερείς διανομές ταμειακών ροών να χρησιμοποιούν την αλυσίδα συστοιχιών για να αυτοματοποιούν τους υπολογισμούς και την επεξεργασία που σχετίζονται με συμβόλαια.

Αν και εξακολουθεί να θεωρείται ότι απέχει πολύ από μια ώριμη τεχνολογία, ο Δρ. Karur αναφέρει ότι η αλυσίδα συστοιχιών χρησιμοποιείται ήδη σε πολλές τραπεζικές εφαρμογές πραγματικού κόσμου, «συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης συμβολαίων, της διαφάνειας σε πραγματικό χρόνο, των υπολογισμών και των αναφορών, της διαχείρισης αποθεμάτων, των προμηθειών, της ιχνηλασιμότητας κεφαλαίων, του δανεισμού της ψηφιοποίησης περιουσιακών στοιχείων, των κρυπτονομισμάτων, τη συμφιλίωση και τους διακανονισμούς [για συναλλαγές τίτλων και εμπορευμάτων] και το ασφαλή κτηματολόγιο».[96]

Η αλυσίδα συστοιχιών χρησιμοποιείται σε πολλούς τύπους οικονομικών εφαρμογών. Η χρηματοδότηση του εμπορίου, για παράδειγμα, "είναι γεμάτη με πολλαπλά βήματα και ταυτόχρονες διαδικασίες που μπορούν να επιμηκύνουν δραματικά τα χρονοδιαγράμματα των συναλλαγών", είπε ο Δρ. Agarwal. Με την αλυσίδα συστοιχιών, η όλη διαδικασία απλοποιείται με μια αμφίδρομη ροή δεδομένων που εξορθολογίζει τη συναλλαγή χρηματοδότησης του εμπορίου για κάθε συμμετέχοντα και «μειώνει δραματικά τον χρόνο κλεισίματος από 10 με 12 εβδομάδες σε περίπου μία εβδομάδα».[96]

Κυβερνητικές εφαρμογές & υπηρεσίες

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις χρήσης της αλυσίδας συστοιχιών σε κυβερνητικούς φορείς, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών ψηφοφορίας και της ασφάλειας προσωπικής ταυτοποίησης.

Επειδή οι αλυσίδες συστοιχιών συνήθως δεν μπορούν να πλαστογραφηθούν ή να παραποιηθούν τα δεδομένα τους, μπορούν να έχουν ψηφιακά αναγνωριστικά, πιστοποιητικά κάθε είδους, ακόμη και διαβατήρια, είπε ο Rafferty. «Αυτά τα δεδομένα

μπορούν να προσπελαστούν και να προβληθούν ανά πάσα στιγμή με απόλυτα διαφανή τρόπο, κάτι που θα ενισχύσει τις διεθνείς ταξιδιωτικές βιομηχανίες».

Ομοίως, η ψηφοφορία με έναν πραγματικά αποκεντρωμένο, διαφανή και ασφαλή τρόπο σε μία αλυσίδα συστοιχιών βοηθά στην εξάλειψη της απάτης.[96]

2.2. Υπηρεσίες Ιστού

2.2.1. Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική

2.2.1.1. Ορισμός της Υπηρεσιοστρεφούς Αρχιτεκτονικής

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική (Service – Oriented Architecture – SOA) αποτελεί ένα σχεδιαστικό πρότυπο. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό τα επιμέρους τμήματα μιας εφαρμογής είναι υπηρεσίες που προσφέρουν λειτουργικότητα σε άλλα τμήματα μέσω ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας πάνω από κάποιο δίκτυο όπως το Διαδίκτυο. Οι αρχές που διέπουν την Υπηρεσιοστρεφή Αρχιτεκτονική είναι ανεξάρτητες οποιουδήποτε προμηθευτή, τεχνολογίας ή προϊόντος. [28]

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική αποτελεί μια καθιερωμένη αρχιτεκτονική για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση των επιχειρησιακών εφαρμογών και διαδικασιών. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα οργανωτικό και τεχνικό πλαίσιο που επιτρέπει στην επιχείρηση να μεταδώσει μια αυτό-περιγραφική και ανεξάρτητη πλατφόρμας επιχειρησιακή λειτουργικότητα παρέχοντας έναν τρόπο καταμερισμού των λειτουργιών, κατά κανόνα επιχειρηματικών λειτουργιών, με έναν ευρέως διαδεδομένο και ευέλικτο τρόπο. [28]

Οι υπηρεσίες Ιστού, ο βασικός κορμός της SOA, διευκολύνουν όχι μόνο την υλοποίηση των δραστηριοτήτων των επιχειρηματικών διαδικασιών αλλά και την ενοποίησή τους. Μια ενοποίηση που είναι επιτακτική λόγω πολλών διαφορετικών ιδιοκτητων διεπαφών που κατέχουν οι οργανισμοί. Επομένως, χωρίς την ύπαρξη των υπηρεσιών που παρέχουν προτυποποιημένες διεπαφές, η επένδυση που απαιτείται από τους οργανισμούς για την ενοποίηση των συστημάτων με τις προϋπάρχουσες διεπαφές, τόσο εντός του οργανισμού όσο και με τους συνεργάτες τους, είναι πολύ υψηλή. [97]

Μια υπηρεσία, εφόσον είναι αρκετά σύνθετη, ενδέχεται επίσης να υλοποιείται από μία ή περισσότερες επιχειρησιακές διαδικασίες. Σε αυτήν την περίπτωση, η ροή των διαδικασιών (process flows) αναπαρίσταται από τη σειρά εκτέλεσης των συστατικών (ουσιαστικά υποκείμενων υπηρεσιών με τη λιγότερη πολυπλοκότητα) που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της υπηρεσίας. Συνεπώς, οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στις επιχειρησιακές διαδικασίες (π.χ. αλλαγές στο μοντέλο της διαδικασίας) επηρεάζουν άμεσα τις υπηρεσίες (π.χ. την απόδοσή τους) και το ανάποδο

(π.χ. αλλαγές στα συστατικά που συνιστούν μια υπηρεσία μπορεί να οδηγήσουν στην αλλαγή της ροής εκτέλεσης της διαδικασίας που ενσωματώνει την υπηρεσία αυτή). Επιπλέον, οι υπηρεσίες μπορούν να παίξουν καθοριστικό λόγο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών. [97]

Από διάφορους οργανισμούς, όπως οι W3C, OASIS Group και Open Group, δίνονται οι παρακάτω ορισμοί για την Υπηρεσιοστρεφή Αρχιτεκτονική. Μια απόδοση τους στα ελληνικά παρατίθεται παρακάτω:

- Από W3C: Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική είναι ένα σύνολο στοιχείων που μπορούν να επικληθούν, και των οποίων οι περιγραφές της διεπαφής μπορούν να δημοσιευθούν και να ανακαλυφθούν. [28]
- Από OASIS Group, 2006: Αποτελεί ένα παράδειγμα για την οργάνωση και χρησιμοποίηση κατανεμημένων δυνατοτήτων που μπορεί να είναι υπό τον έλεγχο διαφορετικών οργανισμών (ownership domains). Παρέχει ένα ομογενοποιημένο τρόπο για την προσφορά, ανακάλυψη και αλληλεπίδραση με τις προσφερόμενες από τους οργανισμούς δυνατότητες, στοχεύοντας στην παραγωγή συνεπών αποτελεσμάτων με μετρήσιμες προϋποθέσεις και προσδοκίες. [28]
- Από Open Group, 2007: Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική αποτελεί ένα αρχιτεκτονικό στυλ που υποστηρίζει τον προσανατολισμό στις υπηρεσίες. Ο προσανατολισμός στις υπηρεσίες είναι ένας τρόπος σκέψης με όρους υπηρεσιών, αφορά την ανάπτυξη με βάση υπηρεσίες και το έργο που επιφέρουν οι υπηρεσίες αυτές. [28]
 - Μια υπηρεσία:
 - Είναι η λογική απεικόνιση μιας επαναλαμβανόμενης επιχειρηματικής δραστηριότητας που δίνει συγκεκριμένο αποτέλεσμα (πχ. έλεγχος υπολοίπου πελάτη, παροχή δεδομένων καιρού)
 - Μπορεί να είναι συνθέσιμη / πολύπλοκη δηλαδή μπορεί να αποτελείται από άλλες υπηρεσίες.
 - Για τον καταναλωτή της αποτελεί ένα «μαύρο κουτί». Ο καταναλωτής δε γνωρίζει τον πηγαίο κώδικά της αλλά με βάση την τεχνική της διεπαφής μπορεί να την καλέσει και να καταναλώσει τη λειτουργικότητά της. [28]

Μπορούμε να θεωρήσουμε πως οι τρεις παραπάνω ορισμοί είναι συμπληρωματικοί και παρατιθέμενοι συνθέτουν την πλήρη εικόνα για το τι είναι η SOA.

2.2.1.2. Οφέλη της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική προέκυψε ως άμεση συνέπεια συγκεκριμένων επιχειρηματικών και τεχνολογικών κατευθύνσεων. Σημαντικοί παράγοντες όπως η παγκοσμιοποίηση της οικονομία αλλά και οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού, αναγκάζουν τις επιχειρήσεις στην υιοθέτηση καινοτόμων και ευέλικτων λύσεων ώστε να παρέχουν βέλτιστες λειτουργίες στον τομέα της τεχνολογίας όπου συμμετέχουν.

Από επιχειρηματικής πλευράς, σημαντικές τάσεις, όπως η ανάθεση των μη βασικών λειτουργιών σε εξωτερικούς συνεργάτες και η σημασία του ανασχεδιασμού των επιχειρηματικών διαδικασιών, αποτέλεσαν βασικές επιρροές, οι οποίες οδήγησαν στην εμφάνιση της Υπηρεσιοστρεφούς Αρχιτεκτονικής ως σημαντικής αρχιτεκτονικής προσέγγισης στην Τεχνολογία των Πληροφοριών για τις επιχειρήσεις.

Τα οφέλη της SOA:

- **Αποτελεσματική και εύκολη επέκταση των επιχειρησιακών διαδικασιών**

Η SOA ένα σύνολο αρθρωτών στοιχείων λογισμικού (που ονομάζονται υπηρεσίες), όπου το καθένα αντιστοιχεί σε μια κοινή διαδικασία αποθήκης (όπως απόθεση, συλλογή ή διαχείριση αποθεμάτων). Αυτές οι υπηρεσίες οργανώνονται για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μιας αποθήκης. Επειδή πρόκειται για κοινώς αναγνωρισμένες υπηρεσίες, όταν ένα εξωτερικό σύστημα ενσωματώνεται, οι πληροφορίες σχετικά με αυτές τις διεργασίες μοιράζονται και αυτές που είναι ήδη σε ισχύ προσδιορίζονται ως «υλοποιημένες».

- **Μοναδική και παγκοσμίως αναγνωρισμένη αρχιτεκτονική επικοινωνίας**

Η SOA είναι ένα διεθνές πρότυπο αναγνωρισμένο από τις κύριες τεχνικές κοινότητες σε όλο τον κόσμο. Τα περισσότερα ERP (Enterprise Resource Planning) είναι πλέον ικανά να ενσωματωθούν και να ενσωματωθούν σε SOA. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να γεφυρώσει το τεχνικό χάσμα μεταξύ των δύο συστημάτων. Επιπλέον, δεν απαιτείται και τα δύο συστήματα να χρησιμοποιούν την ίδια γλώσσα προγραμματισμού ή ακόμη και να μοιράζονται τα ίδια στοιχεία

ενδιάμεσου λογισμικού (όπως συστήματα αρχείων ή βάσεις δεδομένων) για την ανταλλαγή δεδομένων, επειδή η μεταφορά δεδομένων πραγματοποιείται στο δίκτυο, γεγονός που μειώνει τις καθυστερήσεις από παρωχημένα πρόσθετα εξαρτήματα.

- **Υψηλή ταχύτητα στην κυκλοφορία πληροφοριών μεταξύ συστημάτων**

Η SOA, σε συνδυασμό με μοτίβα που βασίζονται σε συμβάντα (θα αναφερθούμε σε περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με αυτό στην επόμενη ανάρτηση ιστολογίου – αλλά ουσιαστικά είναι η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιεί την παραγωγή, την ανίχνευση, την κατανάλωση και την αντίδραση σε γεγονότα για να σχηματίσει μοτίβα κατά τη λήψη ενεργειών), αυξάνει την ταχύτητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων συστημάτων.

- **Μειωμένο κόστος διαχείρισης και αναβαθμίσεων λογισμικού**

Η αρθρότητα (modularity) της SOA βοηθά τους διαχειριστές λογισμικού να μειώσουν το κόστος στον κύκλο ζωής του λογισμικού. Οποιοσδήποτε ενημερώσεις ή τροποποιήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς να επηρεαστεί η σωστή λειτουργία άλλων υπηρεσιών, πράγμα που σημαίνει ότι η αποθήκη αντιμετωπίζει σημαντικά μειωμένο χρόνο διακοπής λειτουργίας ενώ το λογισμικό ενημερώνεται, τροποποιείται ή συντηρείται. Εάν ένας οργανισμός επιθυμεί να αναβαθμίσει ή να τροποποιήσει την αποθήκη του, μπορούν να προστεθούν νέες υπηρεσίες για την επέκταση ή την αλλαγή της λειτουργικότητας του συστήματος, χωρίς να επηρεαστεί καμία από τις υπάρχουσες υπηρεσίες.

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική αποτελεί μια προσέγγιση που υπόσχεται την εναρμόνιση της τεχνολογίας στις επιχειρήσεις, την επαναχρησιμοποίηση πόρων, την διαλειτουργικότητα καθώς και αισθητή μείωση στο κόστος ανάπτυξης. Ως εκ τούτου, η προσέγγιση αυτή πέρα από τα οφέλη που την διέπουν κρύβει και αμέτρητες προκλήσεις. [28]

2.2.1.3. Παράδειγμα της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική βρίσκεται ακόμα και στο σαλόνι του σπιτιού μας. Ένα παράδειγμα είναι η συσκευή CD. [28]

Όταν θέλει κάποιος να ακούσει μουσική από ένα CD, το βάζει σε μια συσκευή (ανάγνωσης) CD και αυτό αναπαράγει τη μουσική. Η συσκευή CD προσφέρει μια υπηρεσία αναπαραγωγής μουσικής από τα CDs. Το σημαντικό είναι ότι μπορεί να γίνει αντικατάσταση της συσκευής CD με μια άλλη φορητή, η οποία μπορεί να ακούσει τα CD είτε στο αυτοκίνητο είτε στο στερεοφωνικό σύστημα στο σπίτι. Και οι δύο συσκευές προσφέρουν την ίδια υπηρεσία αλλά με διαφορετική ποιότητα η καθεμιά και με διαφορετικούς περιορισμούς (π.χ. χωρικούς).

Η ιδέα της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής διαφέρει από αυτή του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού η οποία θέλει τα δεδομένα μαζί με την επεξεργασία τους. Η αντιστοιχία αυτού στο παράδειγμα με το CD, θέλει το κάθε ψηφιακό δισκάκι να συνοδεύεται με τη συσκευή του.

Επίσης, το αποτέλεσμα μιας υπηρεσίας συνήθως επηρεάζει την κατάσταση του καταναλωτή. Εναλλακτικά, μπορεί να επηρεάζει την κατάσταση του παρόχου (της υπηρεσίας) ή και των δύο (δηλαδή του καταναλωτή και του παρόχου). Στο παράδειγμα με το CD, αυτό αντιστοιχεί στη μεταβολή της διάθεσης του χρήστη, ας πούμε από μελαγχολική σε χαρούμενη, λόγω της αναπαραγωγής συγκεκριμένης μουσικής από το CD που του ανεβάζει τη ψυχική διάθεση. [28]

Το παραπάνω παράδειγμα με το CD δεν μπορεί να δείξει ότι επηρεάζονται τόσο ο καταναλωτής όσο και ο πάροχος από την υπηρεσία. Αλλά μπορούμε να φανταστούμε περιστάσεις όπου μία συσκευή CD είναι προβληματική, πράγμα το οποίο μπορεί να επηρεάσει τον πελάτη / καταναλωτή (έκφραση δυσαρέσκειας) αλλά και τον πάροχο διότι μπορεί να ζημιωθεί με την αντικατάσταση της προβληματικής συσκευής με νέα, πλήρως λειτουργική στο χώρο του πελάτη.

2.2.1.4. Οι υπηρεσίες στον πραγματικό κόσμο

Καθημερινά συναντάμε γύρω μας την έννοια της υπηρεσίας όπως υπηρεσίες όπως ύδρευσης, αερίου, τηλεφώνου, ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και υπηρεσίες πιστωτικών καρτών, μέσων μεταφοράς, ταξιδιωτικών πρακτόρων, άμεσης ανταλλαγής μηνυμάτων (SMS), παρόχων Διαδικτύου, μηχανών αναζήτησης, κ.ο.κ..

Όλες οι υπηρεσίες που συναντούμε στην καθημερινότητα μας, αντιπροσωπεύουν κάποιου είδους λειτουργικότητας που απευθύνεται στο κοινό.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι υπηρεσίες που προσφέρονται μπορεί να είναι σύνθετες. Ένα παράδειγμα σύνθετης υπηρεσίας είναι ένας ταξιδιωτικός πράκτορας. Αυτός συνθέτει υπηρεσίες των μέσων μεταφοράς (αεροπλάνων, λεωφορείων κτλ), διαμονής και πιστωτικών καρτών.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι η πραγματική χρήση μιας υπηρεσίας βασίζεται σε μια συμφωνημένη σύμβαση (contract) με τον πάροχο. Η συμφωνία περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με το τι παρέχεται και ποιες είναι οι παράμετροι ποιότητας, όπως η διαθεσιμότητα, κόστος και άλλες καθορισμένες συνθήκες που διέπουν τη χρήση της υπηρεσίας.

Όσον αφορά τις λεπτομέρειες του τρόπου υλοποίησης ή παροχής, ο χρήστης χρειάζεται ελάχιστη ή και καθόλου γνώση, λόγω της απλότητας σύνδεσης και χρήσης της υπηρεσίας. Για παράδειγμα, μια υπηρεσία ηλεκτρικού ρεύματος δε χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη γνώση. Εφόσον γίνει η σύνδεση, το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται άμεσα π.χ. στην οικία του πελάτη μέσω της χρήσης οικιακών συσκευών.

Επομένως, η έννοια της υπηρεσίας στην καθημερινότητα έχει ιδιαίτερες ομοιότητες με την λογισμική εκδοχή των υπηρεσιών που πραγματεύεται η τρέχουσα διπλωματική εργασία.

2.2.1.5. Βασικές αρχές της Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής

Δεν υπάρχουν πρότυπα που να καθορίζουν την Υπηρεσιοστρεφή Αρχιτεκτονική αφού μιλάμε για αρχιτεκτονική και όχι για κάποιο πρωτόκολλο. Όμως για να ονομαστεί μια αρχιτεκτονική Υπηρεσιοστρεφής πρέπει να διαθέτει κάποια ιδιαίτερα οφέλη καθώς και να υπακούει σε κάποιους κανόνες: [28]

1. Τυποποιημένη σύμβαση παροχής υπηρεσιών

Η SOA υλοποιήθηκε αρχικά χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο SOAP, το οποίο βασίζεται σε άλλα πρωτόκολλα για να επιτρέψει τη χρήση των υπηρεσιών. Επίσης, το SOAP απαιτεί τη χρήση ενός αρχείου WSDL για την περιγραφή και επακόλουθη χρήση της υπηρεσίας. Από την άλλη μεριά, το αρχιτεκτονικό στυλ REST απλοποιεί αυτό το μοντέλο κάνοντάς το πιο εύχρηστο. Ειδικότερα, το REST χρησιμοποιεί ένα απλό μοντέλο αίτησης-απόκρισης και το ευρέως υποστηριζόμενο πρωτόκολλο HTTP για τη μετάδοση δεδομένων με ένα σύνολο πόρων (δηλαδή επιχειρηματικών οντοτήτων) και ρημάτων (που καθορίζουν την ενέργεια διαχείρισης που αιτείται να εφαρμοστεί στο αιτούμενο πόρο) [95].

2. Χαλαρή σύζευξη

Ένα πρωταρχικό όφελος του SOA είναι η ευελιξία που προκαλείται από τη χαλαρή σύζευξη μέσω υπηρεσιών για τους πελάτες που αλληλοεπιδρούν με τους παρόχους που τους υποστηρίζουν. Αντί να συνδέεται μια εφαρμογή-πελάτη απευθείας σε ένα σύστημα έκδοσης εισιτηρίων, μπορεί να τοποθετηθεί βάζετε μια υπηρεσία ενδιάμεσα που αποσυνδέει τα δύο συστήματα και διακόπτει την άμεση εξάρτηση [95].

3. Αφαίρεση

Μια υπηρεσία κρύβει την υποκείμενη τεχνολογία της από τον καταναλωτή. Η αφαίρεση (abstraction) επιτρέπει στην επιχείρηση να ορίσει την επιθυμητή τεχνολογία που επιθυμεί να εφαρμόσει στο πλαίσιο μιας επιχειρηματικής διαδικασίας (που μπορεί να καταναλώνει την υπηρεσία αυτή). Η αφαίρεση σπάει τις εξαρτήσεις σε συγκεκριμένες τεχνολογίες και εφαρμογές και εισάγει την ευκινησία (agility / flexibility). Στο μοντέλο MuleSoft API-Led Connectivity, ένα API συστήματος (δηλαδή μια RESTful υπηρεσία) μπορεί να αφαιρέσει μια παρουσία SAP. Με αυτόν τον τρόπο, οι πελάτες δεν χρειάζεται να ασχολούνται με τη γλώσσα του SAP, του IDocs και του BAPI [95].

4. Αυτονομία

Οι υπηρεσίες πρέπει να στέκονται μόνες τους και να αφαιρούν τυχόν εξαρτήσεις. Οι καταναλωτές χρειάζονται τις καθορισμένες μεθοδολογίες δέσμευσης συμβάσεων υπηρεσιών για να αλληλοεπιδράσουν με την υπηρεσία και τίποτε άλλο. Ειδικότερα, δεν υπάρχει τίποτα για εγκατάσταση, τίποτα για εγγραφή εκτός από τον έλεγχο πρόσβασης. Σε ένα μοντέλο REST, ένας καταναλωτής μπορεί να διαβάσει τις προδιαγραφές RAML ή Open API και να γνωρίζει τι απαιτείται για να αλληλοεπιδράσει με την υπηρεσία [95]. Στην περίπτωση SOAP υπηρεσιών, η WSDL περιγραφή παρέχει παρόμοια γνώση για την κατάλληλη κατανάλωση της υπηρεσίας.

5. Composability (συνθεσιμότητα υπηρεσιών)

Μια υπηρεσία ασχολείται με στιγμές στο χρόνο. Δεν έχει μνήμη. Εάν ένας πελάτης ζητήσει δεδομένα, η υπηρεσία ανταποκρίνεται. Αλλά εν γένει μια υπηρεσία δεν παρακολουθεί ούτε αποθηκεύει δεδομένα σχετικά με τη σύνοδο με τον πελάτη. Εάν η

διατήρηση κατάστασης είναι απαραίτητη για τις επόμενες κλήσεις, το βάρος αυτό βαρύνει τον πελάτη (πχ. Μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί την υπηρεσία) για τη διαχείρισή της. Μπορείτε να αποθηκεύσετε δεδομένα προσωρινής αποθήκευσης, αλλά αυτή είναι μια δυνατότητα που η υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιήσει ως επιλογή, αλλά δεν θα εξαρτάται από αυτήν. Δεν είναι μέρος της υπηρεσίας [95].

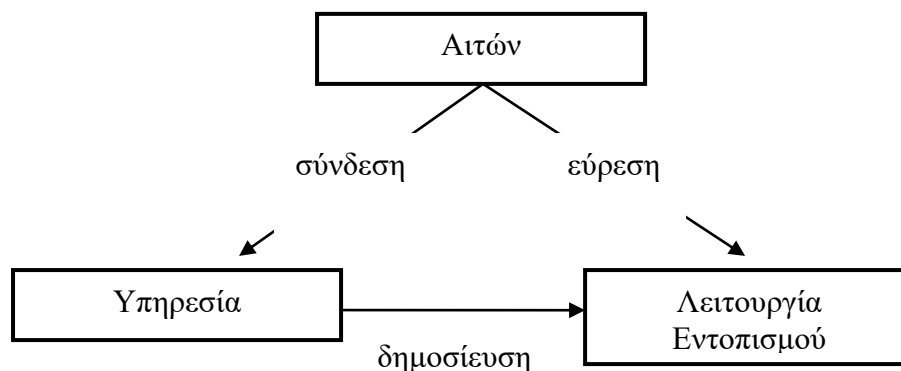
6. Discoverability

Για να υποστηριχθεί η επαναχρησιμοποίηση, μια υπηρεσία πρέπει να μπορεί να εντοπισθεί από έναν καταναλωτή. Θα ήταν χρήσιμο να τονίσουμε την ανάγκη ύπαρξης ενός αποθετηρίου υπηρεσιών, το οποίο προσφέρει υπηρεσίες ανακάλυψης υπηρεσιών που επιτρέπουν σε πελάτες να εντοπίσουν τις υπηρεσίες που τους ενδιαφέρουν και να λάβουν πληροφορίες για αυτές που θα τους βοηθήσουν στην σωστή αλληλεπίδραση με αυτές. Το MuleSoft Exchange και το MuleSoft API Community Manager επιτρέπουν μια τέτοια δυνατότητα εντοπισμού. Μια πύλη ανακάλυψης προωθεί την επαναχρησιμοποίηση των υπηρεσιών μέσω σαφούς και συνοπτικής αναζήτησης και τεκμηρίωσης. Επιταχύνουν την υιοθέτηση των υπηρεσιών μέσω δειγμάτων ωφέλιμου φορτίου (sample payloads) με τη μορφή εύκολων στην κατανάλωση υπηρεσιών mocking (mocking services) [95].

2.2.1.6. Το τρίγωνο της Υπερσειοστρεφούς Αρχιτεκτονικής

Στην

Εικόνα 7 παρουσιάζεται το διάγραμμα με τις βασικές λειτουργίες στις οποίες στηρίζεται η Υπερσειοστρεφής Αρχιτεκτονική.



Εικόνα 7: Το τρίγωνο SOA [28].

Απαραίτητος είναι ένας αφηρημένος ορισμός της υπηρεσίας, ο οποίος θα πρέπει να περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες που θα επιτρέπουν στον καθένα που θέλει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία, να συνδεθεί (bind) κατάλληλα μαζί της.

Επομένως, οι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να δημοσιεύουν λεπτομέρειες τέτοιες που να αποσαφηνίζουν τον σκοπό της υπηρεσίας αλλά και πληροφορίες απαραίτητες για τη χρήση και τη σύνδεση στην υπηρεσία.

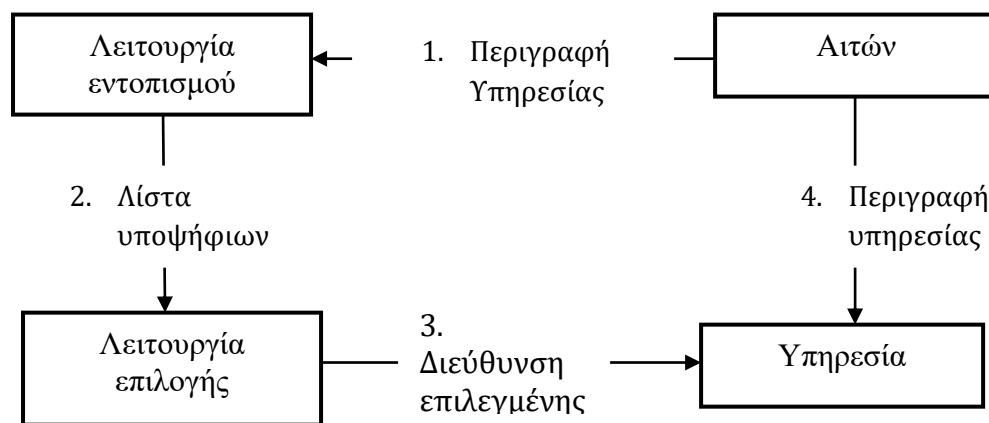
Από την άλλη μεριά, οι καταναλωτές των υπηρεσιών, δηλαδή εκείνοι που ζητούν μια υπηρεσία πρέπει να έχουν ένα τρόπο να εντοπίζουν υπηρεσίες διαθέσιμες που να ικανοποιούν τις ανάγκες τους. Ένας τέτοιος τρόπος αφορά την ανάγκη ύπαρξης ενός αποθετηρίου υπηρεσιών (service registry), το οποίο θα προσφέρει λειτουργίες / υπηρεσίες αναζήτησης και δημοσίευσης υπηρεσιών (ιστού).

Για να λειτουργήσει καλά αυτή η προσέγγιση της σύνδεσης/δημοσίευσης/εντοπισμού πρέπει να καθοριστούν πρότυπα που θα διέπουν τους μηχανισμούς που θα είναι υπεύθυνοι για αυτές τις λειτουργίες. Η τεχνολογία των Υπηρεσιών Ιστού το αντιμετωπίζει αυτό. [28]

Το μοντέλο λειτουργίας των ΥΙ αποτελείται από τρία βασικά συστατικά, τα οποία είναι τα εξής:

- **Το μητρώο (registry) ή ο μεσάζων (service broker)**: λειτουργεί ως μια υπηρεσία αναζήτησης και δημοσίευσης ΥΙ ενώ υλοποιείται με το UDDI.
- **Τον πάροχο της υπηρεσίας (service provider)**: δημοσιεύει τις υπηρεσίες του στο μητρώο. Για την ακρίβεια, δημοσιεύει την περιγραφή των υπηρεσιών του, δηλαδή την WSDL, καθώς και την αναφορά για το πού βρίσκεται η υπηρεσία. Επίσης δυνητικά δημοσιεύονται περισσότερα πράγματα για μια υπηρεσία όπως για παράδειγμα, ο τύπος υπηρεσίας με βάση κάποιο κατάλογο/ιεραρχία τύπων υπηρεσιών. Στο UDDI δημοσιεύονται πράγματι πληροφορίες καταλόγου (δηλ. μεταδεδομένα) για μια υπηρεσία καθώς το WSDL αρχείο της υπηρεσίας.
- **Τον αιτούντα των υπηρεσιών (service request) ή, αλλιώς, πελάτη**: αναζητά υπηρεσίες στο μητρώο, λαμβάνει την περιγραφή της υπηρεσίας που τον ενδιαφέρει και, με βάση αυτήν την περιγραφή, συνδέεται στην υπηρεσία, ώστε να στείλει αιτήσεις στον πάροχο, ο οποίος απαντά επίσης με μηνύματα SOAP. [13]

Στην *Εικόνα 8: Επιλογή υπηρεσιών και σύνδεση [28].*, παρουσιάζεται διάγραμμα με τα διάφορα βήματα και στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο δυναμικό εντοπισμό μιας υπηρεσίας και τη σύνδεση σε αυτή.



Εικόνα 8: Επιλογή υπηρεσιών και σύνδεση [28].

2.2.1.7. Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική και Υπηρεσίες Ιστού

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική (Service – Oriented Architecture, SOA) και οι Υπηρεσίες Ιστού σχετίζονται στενά αλλά επίσης διαφέρουν και κατά τρόπο σημαντικό. [28]

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική, αντιπροσωπεύει μια αφηρημένη έννοια. Αποτελεί μια προσέγγιση στην κατασκευή συστημάτων λογισμικού, βασισμένη σε χαλαρά συνδεδεμένα συστατικά στοιχεία (υπηρεσίες), τα οποία έχουν περιγραφεί με έναν ομοιόμορφο τρόπο καθώς και μπορούν να εντοπισθούν και να συνδεθούν προς χρήση / εκμετάλλευσή τους. [28]

Οι Υπηρεσίες Ιστού δεν αποτελούν μια αφηρημένη έννοια αλλά σύμφωνα με μια θεώρηση τους αντιπροσωπεύουν μια σημαντική προσέγγιση στην υλοποίηση μιας Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονικής. [28]

2.2.2. Ορισμός Υπηρεσίας Ιστού

Στο χώρο του παγκόσμιου ιστού έχει προκύψει η ανάγκη για αλληλεπίδραση μεταξύ εφαρμογών που φιλοξενούνται σε απομακρυσμένα μεταξύ τους συστήματα. Οι εφαρμογές αυτές μπορεί να εκτελούνται σε ετερογενή συστήματα ή/και να υλοποιούνται από διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού. Οι υπάρχουσες κατακεκομμένες τεχνολογίες (π.χ. οι CORBA, RMI και DCOM) είναι πολύπλοκες και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την

υλοποίηση του εκάστοτε κατασκευαστή, ενώ παρουσιάζουν προβλήματα ασφάλειας στην επικοινωνία μέσω του διαδικτύου, αφού απαιτούν να είναι ανοικτές, μη πρότυπες θύρες στα τείχη προστασίας (firewall).[13], [14]

Ταυτόχρονα, οι εφαρμογές πρέπει να εμφανίζουν ανοικτότητα ως προς την περιγραφή τους, την κλήση τους και την επαναχρησιμοποίησή τους. Έτσι, η Κοινοπραξία του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web Consortium/W3C) όρισε ένα πρότυπο, τις Υπηρεσίες Ιστού - ΥΙ (WS), προκειμένου να ξεπεραστούν προβλήματα ετερογένειας, ανοικτότητας και διαλειτουργικότητας των συστημάτων. Οι Υπηρεσίες Ιστού (ΥΙ) χρησιμοποιούν ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα και προδιαγραφές (HTTP, XML), με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν περαιτέρω πολυπλοκότητα. Χρησιμοποιούν πρωτόκολλα κατανοητά από όλα τα συστήματα και γλώσσες προγραμματισμού, προσφέροντας έτσι διαλειτουργικότητα. Χάρη στη χρήση του πρωτοκόλλου HTTP, είναι ιδανικές για επικοινωνία μέσω του διαδικτύου και δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα με τα τείχη προστασίας.

Οι ΥΙ είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από πλατφόρμες και γλώσσες προγραμματισμού. Είναι διεπαφές λογισμικού, οι οποίες περιγράφουν μια συλλογή λειτουργιών που μπορεί να προσπελαστούν σε ένα δίκτυο μέσω τυποποιημένων μηνυμάτων XML³. Μια υπηρεσία ιστού προσφέρει μια διεπαφή από λειτουργίες που μπορούν να προσπελαστούν από άλλες υπηρεσίες ή εφαρμογές ιστού. Αυτό σημαίνει πως λογικά μια υπηρεσία ιστού είναι μια υλοποίηση της έννοιας της υπηρεσίας στην SOA. Προφανώς, μια υπηρεσία ιστού μπορεί να καλύπτει το (λειτουργικό) μέρος μιας εφαρμογής (ιστού) ή όλη την λειτουργικότητά της. [13], [15]

Οι ΥΙ μετατρέπουν τις τεχνικές λειτουργίες σε προσανατολισμένες στην επιχείρηση (business oriented) υπολογιστικές μονάδες. Επομένως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την υλοποίηση της λειτουργικότητας των επιχειρηματικών διαδικασιών. Επίσης, δίνουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του λογισμικού των εφαρμογών. [13], [16]

Σε ένα πιο εννοιολογικό επίπεδο, μπορούμε να θεωρήσουμε τις υπηρεσίες ιστού ως μονάδες εργασίας (modules), καθεμία από τις οποίες χειρίζεται συγκεκριμένο λειτουργικό έργο (functional task). Χρησιμοποιώντας την XML για τη μεταφορά δεδομένων, οδηγούμαστε προς χαλαρά συνδεδεμένες (loosely - coupled) εφαρμογές. Οι ΥΙ μπορούν να επανεκτιμούν, να τροποποιούν ή να χειρίζονται τύπους δεδομένων δυναμικά κατ'

³ Αυτό βέβαια εξαρτάται από την υλοποίηση. Μπορεί τα μηνύματα να είναι και σε μορφή JSON (στην περίπτωση RESTful υπηρεσιών ιστού).

απαίτηση (on demand), επιτρέποντας τη δυναμική ενοποίηση εφαρμογών που χειρίζονται ετερογενή δεδομένα με την ίδια σημασιολογία.

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω, μια υπηρεσία ιστού είναι ένα κομμάτι λογισμικού που υλοποιεί συγκεκριμένη επιχειρησιακή λειτουργία και την κάνει διαθέσιμη μέσω του διαδικτύου με βάση μια τεχνική διεπαφή.

Με την αυξανόμενη διαθεσιμότητα τεχνολογιών όπως APIs σχεσιακών βάσεων δεδομένων, μεγάλοι παραγωγοί λογισμικού όπως η Microsoft και η Sun, άρχισαν να προσφέρουν λογισμικό έτοιμο να ολοκληρωθεί σε περιβάλλον Ιστού και να παρέχει σχετικές υπηρεσίες.

Στον **Error! Reference source not found.** που ακολουθεί παραθέτονται κάποια παραδείγματα Υπηρεσιών Ιστού.

Πίνακας 1: Παραδείγματα Υπηρεσιών Ιστού [13].

| Υπηρεσίες | Παραδείγματα |
|--|---|
| Απλές υπηρεσίες ιστού: απαντούν σε απλές ερωτήσεις για πληροφορία ή επιτελούν κάποιες απλές λειτουργίες | Ενημέρωση για την τρέχουσα τιμή μιας χρηματιστηριακής μετοχής |
| | Ενημέρωση για τον καιρό σε μια περιοχή |
| | Μετατροπή από ένα νόμισμα σε ένα άλλο |
| Σύνθετες υπηρεσίες ιστού: συνδυάζουν πληροφορίες και λειτουργικότητα που προέρχεται από πολλές υπηρεσίες ιστού, προκειμένου να διεκπεραιώσουν μια συγκεκριμένη επιχειρησιακή διεργασία (business process) | Χρέωση για μια παραγγελία |
| | Διαχείριση Πελατειακών Σχέσεων (Customer Relationship Management – CRM) |

2.2.3. Υπηρεσίες Ιστού vs. Ιστότοποι

Μια υπηρεσία Ιστού είναι ένα στοιχείο εφαρμογής Ιστού που χρησιμοποιεί μια τυποποιημένη μορφή, όπως, για παράδειγμα, την XML⁴ για να αλληλοεπιδρά με άλλες εφαρμογές Ιστού μέσω του Διαδικτύου.

⁴ Αυτό βέβαια εξαρτάται από την υλοποίηση. Μπορεί τα μηνύματα να είναι και σε μορφή JSON (στην περίπτωση RESTful υπηρεσιών ιστού)

Ένας ιστότοπος είναι μια συλλογή ιστοσελίδων στις οποίες η πρόσβαση γίνεται μέσω ενός προγράμματος περιήγησης Ιστού (web browser). Στον **Error! Reference source not found.**, παρουσιάζονται οι διαφορές ανάμεσα στις Υπηρεσίες Ιστού και στους Ιστότοπους.

Πίνακας 2: Υπηρεσίες Ιστού vs. Ιστότοποι [13].

| Υπηρεσίες Ιστού | Ιστότοποι |
|---|---|
| Προσανατολισμένες στην προσφορά λειτουργιών | Προσανατολισμένοι στην προσφορά πληροφορίας |
| Προορίζονται κυρίως για χρήση από συστήματα | Προσανατολισμένοι για χρήση από χρήστες (ανθρώπους) |
| Αυτοπεριγραφόμενες | Χωρίς διαθέσιμες περιγραφές |
| Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες υπηρεσίες | Μπορούν να προσφέρουν πληροφορία από πολλές πηγές |

2.2.4. Οι δυνατότητες των Υπηρεσιών Ιστού

Οι Υπηρεσίες Ιστού παρουσιάζουν τις εξής δυνατότητες:

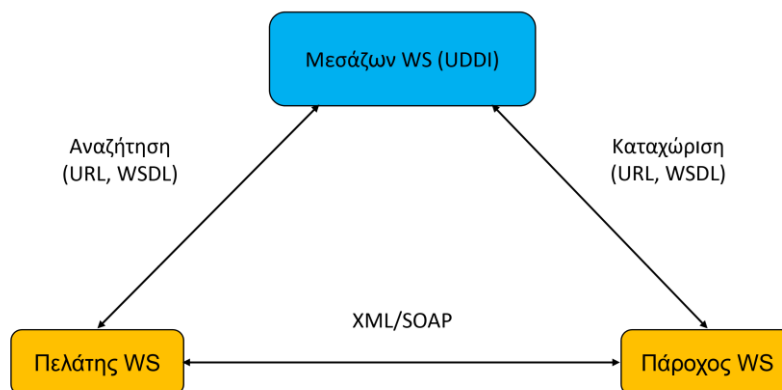
- αλληλεπίδραση μεταξύ υπηρεσιών ή μεταξύ εφαρμογών / συστημάτων και υπηρεσιών σε οποιαδήποτε πλατφόρμα και ανεξαρτήτως γλώσσας προγραμματισμού.
 - Οι υπηρεσιές Ιστού είναι ανεξάρτητες από τη γλώσσα προγραμματισμού. Μια εφαρμογή Java μπορεί να καταναλώσει μια υπηρεσία web που έχει υλοποιηθεί σε PHP.
 - Οι υπηρεσίες Ιστού βασίζονται σε ανοιχτά πρότυπα όπως XML, HTTP. Αυτά λοιπόν προσφέρουν ανεξαρτησία αφού είναι ανεξάρτητα λειτουργικά συστήματα.
- δημιουργία ροών υπηρεσιών ιστού, προσομοιώνοντας ροές εργασίας επιχειρησιακών περιβαλλόντων, με ευέλικτη προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και ανάγκες.
- χαλαρή σύνδεση (loose - coupling) των υπηρεσιών, όπου η χαλαρή σύζευξη είναι μια προσέγγιση για τη διασύνδεση των στοιχείων σε ένα σύστημα, δίκτυο ή εφαρμογή λογισμικού, έτσι ώστε αυτά τα στοιχεία, να εξαρτώνται το ένα από το

άλλο στο λιγότερο δυνατό βαθμό. Η σύζευξη αναφέρεται στο βαθμό άμεσης γνώσης που έχει ένα στοιχείο για ένα άλλο. Η χαλαρή σύζευξη μειώνει τον κίνδυνο μια αλλαγή που γίνεται σε ένα συστατικό, όπως μια βάση δεδομένων ή διεπαφή χρήστη, να δημιουργήσει απρόβλεπτες αλλαγές σε άλλα συστατικά μιας εφαρμογής ή συστήματος. Ο περιορισμός των διασυνδέσεων μπορεί να βοηθήσει στην απομόνωση προβλημάτων όταν τα πράγματα πάνε στραβά και να απλοποιήσει τις διαδικασίες δοκιμών, συντήρησης και αντιμετώπισης προβλημάτων. Ο καταναλωτής ή ο πελάτης της υπηρεσίας Ιστού συνδέεται χαλαρά με την υπηρεσία Ιστού. Έτσι, οι υπηρεσίες Ιστού μπορούν να ενημερώσουν ή να αλλάξουν την υποκείμενη λογική τους χωρίς να τροποποιήσουν τη διεπαφή τους επομένως δεν επηρεάζουν τον καταναλωτή σε αυτή την περίπτωση.

- παροχή διεπαφών υπηρεσιών σε εφαρμογές λογισμικού κληρονομιάς (legacy), προσφέροντάς τους τη δυνατότητα να λειτουργούν πλήρως μέσα στο περιβάλλον της συγκεκριμένης υπηρεσίας, δηλαδή το περιτύλιγμα (wrapping) των legacy εφαρμογών κληρονομιάς μέσω υπηρεσιών Ιστού.
- Οι υπηρεσίες Ιστού μπορούν να δημοσιευτούν μέσω Διαδικτύου για να καταναλωθούν από άλλες εφαρμογές Ιστού.

2.2.5. Η οικογένεια πρωτοκόλλων και προδιαγραφών των υπηρεσιών Ιστού

Στην *Εικόνα 10*: Η *στοίβα πρωτοκόλλων των ΥΙ [13]*. παρουσιάζεται το μοντέλο λειτουργίας των ΥΙ.



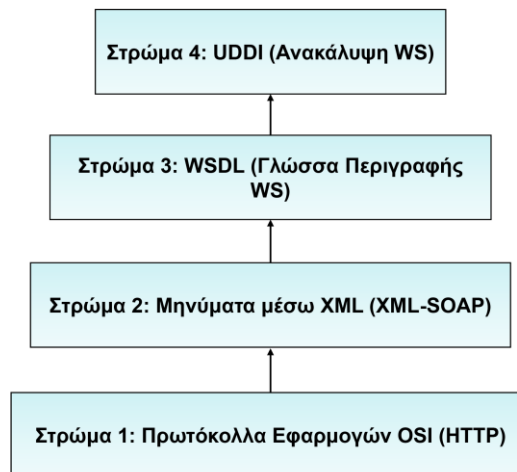
Εικόνα 9: Το μοντέλο λειτουργίας των ΥΙ [13].

Η τεχνολογία των ΥΙ προκειμένου να περιγράψει, να διανέμει και να αλληλεπιδρά με υπηρεσίες εμπεριέχει μια οικογένεια πρωτοκόλλων και προδιαγραφών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9: *Το μοντέλο λειτουργίας των ΥΙ [13]*. Η οικογένεια αυτή ομαδοποιείται βάσει κοινών λειτουργιών και χρήσεων σε υποομάδες [13], [20]. Η ομαδοποίηση αυτή διακρίνεται στις εξής λειτουργίες / χρήσεις:

- Χειρισμός ζητημάτων που αφορούν τα μηνύματα, την περιγραφή των διεπαφών, τη διευθυνσιοδότηση και τη διανομή
 - η XML, για την αναπαράσταση των δεδομένων των μηνυμάτων
 - το SOAP, για τη δόμηση των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται πάνω από πρωτόκολλα όπως το HTTP
 - την WSDL, για τον προσδιορισμό των διεπαφών
 - την HTTP, για τη μεταφορά των μηνυμάτων
 - την WS-Addressing, για τον προσδιορισμό του τρόπου αναγνώρισης και διευθυνσιοδότησης μίας ΥΙ σε μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική
 - JAX-WS & JAX-RS που αφορούν την ανάπτυξη υπηρεσιών ιστού στη Java.
- προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο οι υπηρεσίες γνωστοποιούν τον εαυτό τους και εντοπίζουν η μία την άλλη
 - το UDDI, για τον εντοπισμό και την παροχή πρόσβασης σε υπηρεσίες
- παροχής προδιαγραφών για εφαρμογές και επιχειρηματικές διαδικασίες:
 - Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS), για τον καθορισμό των λειτουργιών της ροής εργασιών (μιας επιχειρηματικής διαδικασίας)
 - WS-Transaction και WS-Coordination, οι οποίες χρησιμοποιούνται μαζί για το χειρισμό κατανεμημένων δοσοληψιών (distributed transactional processing)
- ασχολούνται με την ασφάλεια των ΥΙ:
 - τη WS-Security, για ασφαλείς επικοινωνίες. Η WS-Security είναι μια προδιαγραφή που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται τα μέτρα ασφαλείας σε υπηρεσίες ιστού για την προστασία τους από εξωτερικές επιθέσεις. Πρόκειται για ένα σύνολο πρωτοκόλλων που εξασφαλίζουν την

ασφάλεια των μηνυμάτων με βάση το SOAP, εφαρμόζοντας τις αρχές της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της αυθεντικότητας.

Στην Εικόνα 10: Η στοίβα πρωτοκόλλων των ΥΙ [13]. παρουσιάζεται η στοίβα πρωτοκόλλων των ΥΙ. Η στοίβα αυτή αναλύεται στη συνέχεια.



Εικόνα 10: Η στοίβα πρωτοκόλλων των ΥΙ [13].

2.1.5.1. Το πρωτόκολλο SOAP

Το SOAP αποτελεί ένα ελαφρύ πρωτόκολλο, το οποίο προορίζεται για την ανταλλαγή δομημένων πληροφοριών σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον. Χρησιμοποιεί τεχνολογίες XML, για να καθορίσει ένα επεκτάσιμο πλαίσιο ανταλλαγής μηνυμάτων, το οποίο παρέχει μια δομή μηνυμάτων που μπορεί να ανταλλαχθεί πάνω από ποικίλα δικτυακά πρωτόκολλα.

Το πλαίσιο έχει σχεδιαστεί για να είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε μοντέλο προγραμματισμού και σημασιολογία υλοποίησης. Καθορίζει ένα σύνολο κανόνων κωδικοποίησης για τα δεδομένα και μια σύμβαση για την παραγωγή απομακρυσμένων κλήσεων διαδικασίας (Remote Procedure Call/RPC). [13], [21]

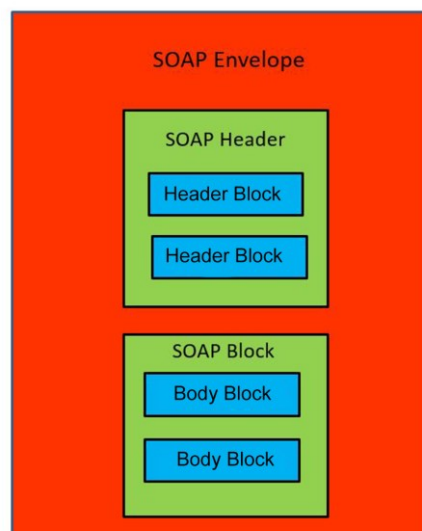


Εικόνα 11: Επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου SOAP [13].

Τα μέρη που περιέχει ένα μήνυμα SOAP είναι τα εξής: [13], [22].

- *Envelope*: είναι το βασικό στοιχείο σε κάθε μήνυμα SOAP και περιέχει δύο θυγατρικά στοιχεία, ένα προαιρετικό στοιχείο <Header> και ένα υποχρεωτικό στοιχείο <Body>.
- *Header*: είναι ένα προαιρετικό στοιχείο σε ένα μήνυμα SOAP. Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών που πρόκειται να υποβληθούν σε επεξεργασία από κόμβους SOAP κατά μήκος της διαδρομής μηνύματος.
- *Body*: το στρώμα που περιλαμβάνει / εμπεριέχει το κύριο περιεχόμενο του μηνύματος προς αποστολή, δηλαδή τις υποχρεωτικές πληροφορίες, οι οποίες προορίζονται για τον δέκτη των μηνυμάτων.

Το SOAP καθορίζει μερικά χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποδείξουν ποιος πρέπει να ασχοληθεί με ένα συγκεκριμένο στοιχείο και εάν είναι προαιρετικό ή υποχρεωτικό. Τα μηνύματα SOAP μπορεί να σταλούν χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα HTTP, SMTP, TCP κτλ. Για παράδειγμα, η προδιαγραφή WS-Routing ορίζει συνδέσεις για τα μηνύματα SOAP, μέσω των πρωτοκόλλων TCP και UDP.

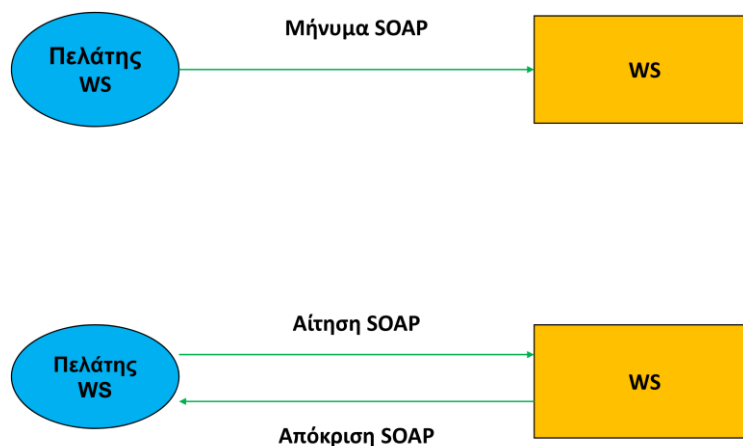


Εικόνα 12: Δομή μηνυμάτων στο SOAP [13].

Επιγραμματικά, οι χρήσεις των μηνυμάτων SOAP είναι οι εξής:

- Το SOAP είναι ένα πρωτόκολλο πάνω στο οποίο μπορεί να χτιστούν άλλα πρωτόκολλα, ώστε να παρέχουν υπηρεσίες που απαιτούνται από ασφαλή και αξιόπιστα περιβάλλοντα μηνυμάτων.

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο WS-Security, για να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα και η εμπιστευτικότητα των μηνυμάτων SOAP. Το πρωτόκολλο αυτό περιγράφει βελτιώσεις στα μηνύματα SOAP για την παροχή ποιότητας προστασίας μέσω της ακεραιότητας του μηνύματος, της εμπιστευτικότητας του μηνύματος και του ελέγχου ταυτότητας ενός μηνύματος. Οι μηχανισμοί WS-Security μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλοξενήσουν μια μεγάλη ποικιλία μοντέλων ασφαλείας και τεχνολογιών κρυπτογράφησης. Το SOAP καθορίζει ένα μοντέλο για την επεξεργασία των μηνυμάτων ανά κατεύθυνση (δηλαδή από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη και το ανάποδο). Επίσης, μπορεί να συνδυαστούν πολλαπλά μηνύματα σε μία και μόνο ανταλλαγή μηνυμάτων.
- Το SOAP επιτρέπει οποιονδήποτε αριθμό προτύπων ανταλλαγής μηνυμάτων (Message Exchange Patterns/MEP), όπου το ζευγάρι αίτησης/απόκρισης (request/response) είναι μόνο ένα.



Εικόνα 13: Χρήσεις του SOAP. Στο επάνω μέρος της εικόνας η υπηρεσία απλώς καλείται χωρίς την ανάγκη λήψης απάντησης. Ενώ στο κάτω μέρος μια τέτοια λήψη είναι εφικτή. [13]

2.2.5.2. Η γλώσσα περιγραφής YI

Ένα αρχείο WSDL είναι ένα έγγραφο XML στο οποίο περιγράφεται:

- ένα σύνολο μηνυμάτων SOAP και ο τρόπος ανταλλαγής αυτών των μηνυμάτων.
- ένα σύνολο από λειτουργίες όπου κάθε λειτουργία περιλαμβάνει την ανταλλαγή μηνυμάτων (εισόδου και εξόδου) SOAP.
- η τεχνική διεπαφή μιας υπηρεσίας ως ένα σύνολο από λειτουργίες και δεσμεύσεων (bindings) αυτών των λειτουργιών σε συγκεκριμένα endpoints.

Εφόσον το WSDL είναι κώδικας XML, μπορεί να διαβαστεί και να μετατραπεί, αλλά τις περισσότερες φορές παράγεται και καταναλώνεται αυτόματα από το λογισμικό. Ένα WSDL αρχείο χρησιμοποιείται για την περιγραφή της λειτουργικότητας μιας υπηρεσίας ιστού, συνήθως βασισμένη στο SOAP, με σαφή σημειογραφία⁵. Η σημειογραφία που χρησιμοποιεί ένα αρχείο WSDL για την περιγραφή μορφών μηνύματος βασίζεται στο πρότυπο XML Schema, δηλαδή είναι ουδέτερη των προγραμματιστικών γλωσσών και καθίσταται κατάλληλη για την περιγραφή των τεχνικών διεπαφών των ΥΙ, που είναι προσπελάσιμες από ένα μεγάλο σύνολο πλατφορμών και προγραμματιστικών γλωσσών. Η WSDL καθορίζει πού βρίσκεται διαθέσιμη η υπηρεσία και ποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας χρησιμοποιείται για την εκτέλεσή της. [13], [22]

Το αρχείο WSDL καθορίζει ό,τι χρειάζεται ένα πρόγραμμα για να συνεργαστεί με μια ΥΙ. Ένα έγγραφο WSDL χρησιμοποιείται για να περιγράψει τι μπορεί να κάνει μια ΥΙ, πού βρίσκεται και πώς μπορεί κάποιος να την καλέσει. [13] Η WSDL είναι μια μορφή XML για την περιγραφή των ΥΙ ως ένα σύνολο τελικών σημείων που εκτελούν και ενδεχομένως απαντούν σε μηνύματα που περιέχουν πληροφορίες είτε προσανατολισμένες σε έγγραφα είτε προσανατολισμένες στη διαδικασία. Οι λειτουργίες και τα μηνύματα περιγράφονται αφηρημένα και στη συνέχεια συνδέονται σε συγκεκριμένο πρωτόκολλο δικτύου και μορφή μηνύματος για να ορίσουν ένα τελικό σημείο. Τα σχετικά συγκεκριμένα τελικά σημεία συνδυάζονται σε αφηρημένα τελικά σημεία (υπηρεσίες).

Η WSDL είναι επεκτάσιμη για να επιτρέπει την περιγραφή των τελικών σημείων και των μηνυμάτων τους ανεξάρτητα από τις μορφές μηνυμάτων ή τα πρωτόκολλα δικτύου που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία. Ωστόσο, οι μόνες συνδέσεις που επιτρέπονται αφορούν τον τρόπο χρήσης της WSDL σε συνδυασμό με το SOAP 1.1, το HTTP και ιδιαίτερα τις μεθόδους / ρήματα GET/POST και το MIME. [13]

Τα βασικότερα στοιχεία ενός εγγράφου WSDL είναι τα εξής:

- <operation>: οι λειτουργίες της ΥΙ, οι οποίες συνθέτουν τη διεπαφή (interface) μιας υπηρεσίας. Οι λειτουργίες περιλαμβάνουν μηνύματα εισόδου και εξόδου / επιστροφής.
- <message>: τα μηνύματα που χρησιμοποιούνται από τις λειτουργίες της ΥΙ,

⁵ Επίσης, δεν είναι αναγκαστικό πως τα μηνύματα είναι τύπου SOAP. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και κάποιο άλλο πρωτόκολλο.

- <types>: οι τύποι δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα μηνύματα. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τυχόν σύνθετους τύπους δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο έγγραφο WSDL. Όταν χρησιμοποιούνται απλοί τύποι, το έγγραφο δεν χρειάζεται να έχει ενότητα τύπων.
- <service>: Ουσιαστικά αντιστοιχεί δεσμεύσεις (υπηρεσιών) (bindings) σε τελικά σημεία (end points).
- <binding>: αντιστοιχεί ή δεσμεύει μια διεπαφή (interface) που παρέχεται από μια υπηρεσία με το στυλ δέσμευσης για το SOAP (RPC / Document) και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας προς χρήση. Συνήθως περιλαμβάνει τη σύναψη του HTTP (ως πρωτόκολλο μεταφοράς) με το SOAP.

Ένα έγγραφο XML UDDI περιέχει τα εξής στοιχεία:

- *BusinessEntity*: Δίνει στοιχεία για τις πραγματικές επιχειρήσεις ή τους πραγματικούς οργανισμούς που παρέχουν οι ΥΙ (όνομα, στοιχεία επικοινωνίας κτλ.).
- *BusinessService*: Υποστοιχείο του businessEntity, που δίνει μη τεχνικές πληροφορίες, όπως η κατηγορία της υπηρεσίας ιστού.
- *BindingTemplate*: Υποστοιχείο του businessService, που δίνει πληροφορίες για το πώς και από πού υπάρχει πρόσβαση στην ΥΙ.
- *Tmodel*⁶: Παρέχει τις τεχνικές προδιαγραφές της ΥΙ.

2.2.5.3. Το πρότυπο UDDI

Το UDDI είναι ο «χρυσός οδηγός» των ΥΙ. Μέσω μιας τέτοιας υπηρεσίας μπορεί κάποιος να αναζητήσει εταιρείες, οι οποίες προσφέρουν τις υπηρεσίες που χρειάζεται, να ενημερωθεί για τις προσφερόμενες υπηρεσίες και να επικοινωνήσει με κάποιον (ως σημείο επικοινωνίας) για περισσότερες πληροφορίες.

Μια ΥΙ μπορεί να προσφερθεί χωρίς να καταχωρηθεί σε ένα UDDI, αλλά το τελευταίο χρειάζεται για να μπορούν να την εντοπίζουν οι δυνητικοί πελάτες της. Μια καταχώρηση καταλόγου UDDI είναι ένα αρχείο XML, το οποίο περιγράφει μια επιχείρηση και τις υπηρεσίες που αυτή προσφέρει. Περιλαμβάνει τρία μέρη: τις white pages (λευκές σελίδες), οι οποίες περιγράφουν την εταιρεία που προσφέρει την υπηρεσία, τις yellow pages

⁶ Το tmodel αναφέρεται παντού.

(κίτρινες σελίδες), οι οποίες περιέχουν βιομηχανικές κατηγορίες, και τις green pages (πράσινες σελίδες), οι οποίες περιγράφουν τη διεπαφή της υπηρεσίας.

Οι υπηρεσίες καθορίζονται μέσω ενός τύπου δεδομένων UDDI, που ονομάζεται Type Model ή tModel⁷. [12], [22] Συχνά, ένα tModel μπορεί να περιέχει το περιεχόμενο ενός αρχείου WSDL, το οποίο περιγράφει μια διεπαφή SOAP για μια ΥΙ. Αλλά ένα tModel μπορεί δυνητικά να καλύψει διάφορες πλευρές περιγραφής μιας υπηρεσίας, ακόμη και τις μη λειτουργικές.

Ο κατάλογος UDDI περιέχει επίσης διάφορους τρόπους αναζήτησης των υπηρεσιών που χρειάζονται για την κατασκευή μιας εφαρμογής. Μπορεί να γίνει αναζήτηση των παρόχων μιας υπηρεσίας σε καθορισμένη γεωγραφική τοποθεσία ή μιας επιχείρησης ενός συγκεκριμένου είδους.

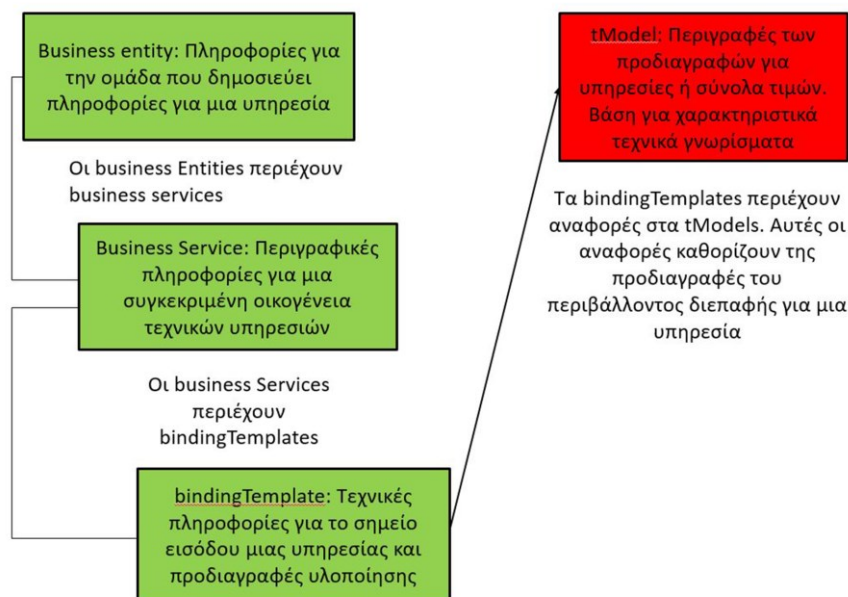
Οι υπηρεσίες Ιστού περιγράφονται γενικά κάτω από τους πυλώνες τριών βασικών όρων -- SOAP, WSDL & UDDI -- οι οποίοι χρησιμοποιούνται για το πρωτόκολλο ωφέλιμου (μεταφοράς) φορτίου, το μηχανισμό δέσμευσής του και τη διαδικασία ανακάλυψης, αντίστοιχα.

Στο άλλο άκρο του φάσματος, η ανακάλυψη των υπηρεσιών Ιστού μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω μιας πολύ απλοϊκής διαδικασίας: Οι υπηρεσίες μπορεί να καταγράφονται σε ένα έγγραφο κειμένου με τις διευθύνσεις URL τους ή ακόμη και να προτείνονται προφορικά από ένα διαχειριστή ή προγραμματιστή. Αν και αυτή η απλή προσέγγιση μπορεί να αποδειχθεί λειτουργική, απέχει πολύ από τις δυνατότητες που προσφέρει το UDDI.

Για να έχουν νόημα οι ΥΙ, πρέπει οι εν δυνάμει χρήστες τους να ξέρουν πού βρίσκονται ή, ισοδύναμα, να ξέρουν πού μπορούν να βρουν τις απαιτούμενες πληροφορίες, για να τις χρησιμοποιήσουν. Αν και άρχισαν ως πρότυπο για το διαδίκτυο, τα μητρώα UDDI, που ήταν δημόσια εκτεθειμένα στο διαδίκτυο, έπαψαν πλέον να υπάρχουν, αφού κατακλύστηκαν από μη έγκυρες πληροφορίες. Σήμερα, χρησιμοποιούνται κυρίως σε ενδοδίκτυα μεγάλων οργανισμών. [13]

⁷ είναι μια δομή δεδομένων που μπορεί να περιγράφει ιδιότητες μιας υπηρεσίας (εν γένει μιας οντότητας διότι μπορεί να καλύψει και τις εταιρείες). Λογικά, με αυτό τον τρόπο μπορεί να περιγραφεί και το αρχείο WSDL (ως μια τιμή εγγραφής τύπου tModel).

Στην Εικόνα 14: Δομή του UDDI [13]. φαίνεται το μοντέλο δεδομένων (data model) UDDI, καθώς και οι κατηγορίες των διαφορετικών ειδών σελίδων, με τις αντίστοιχες λειτουργίες τους.



Εικόνα 14: Δομή του UDDI [13].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες του UDDI.

Πίνακας 3: Βασικές λειτουργίες του UDDI [13], [20].

| ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ |
|--|---|
| White Pages: Πληροφορίες όπως το όνομα, η διεύθυνση, το τηλέφωνο και τα άλλα στοιχεία επικοινωνίας για μία επιχείρηση. | Publish: Χρησιμοποιείται για την καταχώρηση πληροφοριών για έναν πάροχο (υπηρεσιών) |
| Yellow Pages: Πληροφορίες που κατηγοριοποιούν υπηρεσίες/επιχειρήσεις, με βάση υπάρχοντα πρότυπα (μη ηλεκτρονικά) | Find ⁸ : Χρησιμοποιείται για την αναζήτηση υπηρεσιών ιστού |
| Green Pages: Τεχνικές πληροφορίες που παρέχονται από μία επιχείρηση για τις ΥΙ. | |

2.2.6. Συσχέτιση και Σύγκριση των ΥΙ με άλλες τεχνολογίες

Στη συνέχεια, αναφέρεται μια σειρά συσχετίσεων των ΥΙ με άλλες τεχνολογίες:

- Οι ΥΙ είναι ανεξάρτητες της γλώσσας προγραμματισμού, με αποτέλεσμα να μπορούν να υλοποιηθούν σε πολλές γλώσσες, όπως είναι οι Java, C#, Python και Perl.

⁸ Δεν υποστηρίζεται το Find για αναζήτηση επιχειρήσεων.

- Οι περισσότερες ΥΙ βασίζονται σε προγράμματα που τρέχουν σε περιβάλλοντα εξυπηρετητών εφαρμογών (application servers), όπως είναι οι Glassfish, WebSphere και Apache Tomcat.
- Η τεχνολογία πλέγματος (grid) έχει υιοθετήσει τις ΥΙ ως μέρος της αρχιτεκτονικής Open Grid Services.
- Οι ΥΙ έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως και στα περιβάλλοντα υπολογιστικής νέφους (cloud computing) για την κατανάλωση των διαφόρων ειδών υπηρεσιών που προσφέρονται στο νέφος. [13]

Οι περισσότερες ΥΙ χρησιμοποιούν για τη μετάδοση μηνυμάτων το πρωτόκολλο HTTP. Αυτό είναι μεγάλο πλεονέκτημα, για την κατασκευή μιας εφαρμογής ιστού, δεδομένου ότι οι περισσότεροι διαμεσολαβητές διαδικτύου (Internet proxies) και τα τείχη προστασίας δεν ασχολούνται με το πρωτόκολλο HTTP.

Οι ΥΙ παρουσιάζουν έλλειψη ευελιξίας, καθώς επιτρέπουν μόνο μερικές πολύ βασικές μορφές κλήσεων υπηρεσίας, ενώ, για παράδειγμα, η CORBA παρέχει στους προγραμματιστές πολλές υποστηρικτικές υπηρεσίες, όπως είναι η επιμονή (persistence), οι ειδοποιήσεις (notifications), η διαχείριση κύκλου ζωής (lifecycle management) και οι δοσοληψίες (transactions)⁹. [13]

Η τεχνολογία των Υπηρεσιών Ιστού διαφοροποιείται από άλλες αντίστοιχες τεχνολογίες στα εξής:

- Είναι Firewall – friendly, διότι χρησιμοποιεί HTTP για τη μεταφορά δεδομένων
- Είναι γενικού σκοπού¹⁰ και ευρέως αποδεκτή σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες, όπως DCOM ή CORBA που θεωρούνται πια παλιές [27]
- Είναι πιο κατανοητή από τα πρωτόκολλα DCOM ή CORBA που είναι δυαδικά (binary)
- ευρέως διαδεδομένη
- Υποστηρίζει τη διαλειτουργικότητα διότι βασίζεται σε και κοινά αποδεκτά πρότυπα όπως:
 - HTTP για τη μεταφορά δεδομένων
 - XML και JSON για την περιγραφή δεδομένων
- η υπηρεσία ιστού είναι ένας τύπος API

⁹ Υπάρχουν όμως τα WS-* πρότυπα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

¹⁰ μπορεί να είναι και ειδικού σκοπού ως προς την λειτουργικότητά της.

- όλες οι υπηρεσίες ιστού πρέπει να έχουν πρόσβαση μέσω του δικτύου
- οι υπηρεσίες ιστού επιτρέπουν στις μηχανές να επικοινωνούν
- μία υπηρεσία ιστού ακολουθεί περίπλοκη και παλαιού τύπου προσέγγιση υλοποίησης
- οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να χρησιμοποιούν REST, SOAP και XML-RPC για επικοινωνία.
- η υπηρεσία ιστού είναι «βαρύτερη» σε σύγκριση με το API καθώς χρησιμοποιεί SOAP και XML για ανταλλαγή δεδομένων

2.2.7. Εφαρμογές των Υπηρεσιών Ιστού

Οι πρώτες Υπηρεσίες Ιστού σκόπευαν να είναι πηγές πληροφορίας, δηλαδή υπηρεσίες utility, τις οποίες μπορεί κανείς πολύ εύκολα να ενσωματώσει στις εφαρμογές του. Για παράδειγμα τιμές μετοχών, προβλέψεις καιρού ή αποτελέσματα αθλητικών παιχνιδιών. Είναι εύκολο να φανταστεί κανείς μια ολόκληρη κατηγορία εφαρμογών που μπορεί να κατασκευάσει ώστε να αναλύει και να συνδυάζει την πληροφορία που τον ενδιαφέρει και να την παρουσιάζει με διάφορους τρόπους.

Επίσης, εκθέτοντας ήδη υπάρχουσες εφαρμογές ως Υπηρεσίες Ιστού θα επιτρέψει στους χρήστες να κατασκευάσουν νέες, πιο σημαντικές λειτουργικότητες προστιθέμενης αξίας, οι οποίες χρησιμοποιούν τις Υπηρεσίες Ιστού σαν δομικά στοιχεία. [13]

Η Amazon, μια από τις πιο δημοφιλείς εμπορικές διαδικτυακές επιχειρήσεις παρέχει μια σειρά από ενδιαφέρουσες λειτουργίες. Οι δυνατότητες ποικίλλουν από απλά ερωτήματα από τους καταλόγους της Amazon έως πλήρεις ιστοσελίδες ηλεκτρονικού εμπορίου που λειτουργούν σε συνεργασία με την Amazon μέσω του προγράμματος θυγατρικών της Amazon της εταιρείας. [98]

Επιπλέον, ο μηχανισμός που χρησιμοποιεί η Amazon για την επέκταση των διαδικτυακών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων της βασίζεται σε υπηρεσίες Ιστού. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες υπηρεσιών Ιστού που περιγράφονται σε αυτήν την αναφορά, οι Υπηρεσίες Ιστού της Amazon (AWS) παρέχουν πρόσβαση στην τεχνική υποδομή της Amazon, υλοποιώντας το μοντέλο παράδοσης νέφους υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure – as – a – Service – IaaS). Οι ΥΙ AWS, ενώ μπορούσαν να υλοποιηθούν

χρησιμοποιώντας SOAP η πλειονότητα των υλοποιήσεών τους ακολουθεί την απλούστερη προσέγγιση REST. [98]

Οι πύλες πληρωμών (Payment gateways) χρησιμεύουν ως μεσάζοντες μεταξύ πελατών (χρήστες που θέλουν να αγοράσουν ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία στο Διαδίκτυο), επιχειρήσεων (καταστήματα και λιανοπωλητές που πωλούν τα αγαθά τους μέσω Διαδικτύου) και επεξεργαστών πληρωμών (payment processors) που χειρίζονται συναλλαγές. Μετά την τοποθέτηση της παραγγελίας, η πύλη πληρωμής πρέπει να επαληθεύσει εάν τα στοιχεία της κάρτας του χρήστη είναι ασφαλή και εάν είναι διαθέσιμο το απαιτούμενο χρηματικό ποσό. Μια ηλεκτρονική συναλλαγή μεταβαίνει μέσω μιας πύλης πληρωμής στον επεξεργαστή πληρωμών, στην τράπεζα και, τέλος, τα χρήματα εμφανίζονται στον τραπεζικό λογαριασμό του λιανοπωλητή.

Οι ιστότοποι ταξιδιωτικών κρατήσεων και τα διαδικτυακά ταξιδιωτικά γραφεία διανέμουν ταξιδιωτικά προϊόντα (πτήσεις, διαμονή, εκδρομές κ.λπ.), παρέχοντας στους πελάτες τους μια ποικιλία επιλογών για να διαλέξουν. Δεν χρειάζεται ένας ταξιδιωτικός διανομέας να επικοινωνήσει με κάθε αεροπορική εταιρεία ή ξενοδοχείο ξεχωριστά μέσω email για να ελέγξει τη διαθεσιμότητα και τις τιμές. Χρησιμοποιεί υπηρεσίες ιστού ταξιδιών και κρατήσεων και API που προσφέρονται που προσφέρονται από αθροιστές, όπως τα Παγκόσμια Συστήματα Διανομής, για να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα ευρύ ταξιδιωτικό απόθεμα. Λειτουργώντας ως γέφυρα μεταξύ μιας εφαρμογής κρατήσεων και άλλων πόρων (προμηθευτές πτήσεων/ξενοδοχείων και τα API τους), οι υπηρεσίες ιστού ταξιδιών και κρατήσεων παρέχουν στους διανομείς όλες τις πληροφορίες σχετικά με τις υπάρχουσες τιμές, βοηθούν στη διαχείριση των τιμών και εμφανίζουν ταξιδιωτικές προσφορές.

Για παράδειγμα, η Amadeus, είναι μια μεγάλη εταιρεία traveltech που προσφέρει ταξιδιωτικά δεδομένα και online κρατήσεις εισιτηρίων. Το σύνολο των διαδικτυακών υπηρεσιών της επιτρέπει στους διανομείς να ανακτούν ταξιδιωτικά δεδομένα από εκατοντάδες ταξιδιωτικούς παρόχους και να επιτρέπουν στους ταξιδιώτες να κάνουν κράτηση για αυτές τις υπηρεσίες.

Η ηλεκτρονική τραπεζική είναι ένα είδος τραπεζικής στην οποία ο πλουτοκράτης μεταδίδεται χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά σήματα και όχι μετρητά, επιταγές ή άλλα χαρτιά. Ο πλουτοκράτης μεταφέρεται μεταξύ δημοσιονομικών πραγματικοτήτων όπως οι τράπεζες και οι πιστωτικές ενώσεις. Μπορούν επίσης να είναι μεταξύ χρηματοπιστωτικών

ιδρυμάτων και επιχειρηματικών ιδρυμάτων όπως λιανοπωλητές. Ο πλουτοκράτης μεταδίδεται μέσω ηλεκτρονικής τραπεζικής κάθε φορά που κάποιος κάνει ανάληψη μετρητών από ένα ΑΤΜ ή πληρώνει για τα παντοπωλεία με μια κάρτα μειονεξίας (η οποία παίρνει το ποσό που οφείλεται στον διακινητή από έναν λογαριασμό ταμειυτηρίου ή όψεως). Βασίζεται σε πολύπλοκα συστήματα υπολογιστών που επικοινωνούν μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Αυτά τα συστήματα υπολογιστών παρακολουθούν τις μεταφορές και την ισχύ του πλουτοκράτη, καθώς και τα μέσα που χρησιμοποιούν οι επισκέπτες και οι επιχειρήσεις για να το πάρουν στα χέρια τους. Ένας νόμος πρόσβασης, παρόμοιος με έναν συγκεκριμένο αριθμό αναγνώρισης (Leg) που χρησιμοποιείται για ανάληψη μετρητών από μηχάνημα ΑΤΜ, είναι ένα τυπικό μέσο πρόσβασης (ή ταυτότητας).

Η μέθοδος που σχετίζεται με την αγορά εργασίας και προϊόντων από προμηθευτές μέσω του Διαδικτύου είναι γνωστή ως αγορές μέσω Ιστού. Οι πωλητές προσπάθησαν να διαφημίσουν τα προϊόντα τους σε άτομα που επενδύουν ενέργεια στο διαδίκτυο από την αρχή του Παγκόσμιου Ιστού. Οι πελάτες μπορούν να αγοράσουν από την παρηγοριά του σπιτιού τους ενώ κάθονται μπροστά στον υπολογιστή. Ή, πάλι, μπορούμε να πούμε ότι η αναζήτηση και η αγορά εργασίας και προϊόντων μέσω του Διαδικτύου χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα περιήγησης στο Διαδίκτυο είναι γνωστή ως διαδικτυακές αγορές ή επιχειρήσεις που βασίζονται στο Διαδίκτυο. Η βασική γοητεία των αγορών μέσω διαδικτύου είναι ότι επιτρέπει στους πελάτες να βρίσκουν και να αγοράζουν αντικείμενα που χρειάζονται (τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται στην μπροστινή τους είσοδο) χωρίς να βγαίνουν ποτέ από τα σπίτια τους. Σχεδόν τα πάντα μπορούν πλέον να αγοράζονται μέσω διαδικτύου, φέρνοντας ετήσιες προσφορές δισεκατομμυρίων δολαρίων. Μερικοί οργανισμοί απλώς προτείνουν τα πράγματά τους στον Ιστό και μπορεί να μην έχουν μια πραγματική περιοχή. Η Amazon, η TigerDirect και η NewEgg, για παράδειγμα, κάνουν όλες τις δουλειές τους στον Ιστό.

Η ηλεκτρονική διοίκηση, αλλιώς αποκαλούμενη ηλεκτρονική διοίκηση, είναι ο συνδυασμός της τεχνολογία της Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Information and Communications Technology – ICT) σε όλες τις δραστηριότητες που προσδιορίζονται να εργαστούν για την ικανότητα της δημόσιας αρχής να πληροί τις δημόσιες προϋποθέσεις. Ο βασικός στόχος της ηλεκτρονικής διοίκησης είναι να κάνει τις διαδικασίες πιο απλές για όλους, συμπεριλαμβανομένης της κυβέρνησης, των κατοίκων, των επιχειρήσεων και

άλλων, σε επίπεδο δημόσιου, κράτους και γειτονιάς. Η δημόσια αρχή σημαίνει να επεκτείνει τη συμπερίληψη και τη φύση των δεδομένων και των διοικήσεων που παρέχονται στο συνολικό πληθυσμό χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ με βασικό, οικονομικά κατατοπιστικό και αποτελεσματικό τρόπο μέσω της ηλεκτρονικής διοίκησης. Ο κύκλος είναι εξαιρετικά περίπλοκος και απαιτεί τη σωστή ρύθμιση του εξοπλισμού, τον προγραμματισμό, την οργάνωση και, μερικές φορές, τον πλήρη επανασχεδιασμό όλων των κύκλων για την περαιτέρω ανάπτυξη της μεταφοράς διαχείρισης.

2.3. Επιχειρηματική Διαδικασία

2.3.1. Ορισμός

Κάθε οργανισμός ανεξαρτήτως του είδους του, είτε πρόκειται για μια μη κερδοσκοπική οργάνωση είτε για μια επιχείρηση, καλείται να διαχειριστεί ένα σύνολο από διαδικασίες. Η διαδικασία που ακολουθείται από μια επιχείρηση προκειμένου να παραχθεί ένα προϊόν ή μια υπηρεσία ονομάζεται επιχειρησιακή διαδικασία [29], [30]. Συγκεκριμένα, μια επιχειρησιακή διαδικασία είναι ένα σύνολο από δραστηριότητες, συνήθως συνδεδεμένες μεταξύ τους, οι οποίες εκτελούνται από διάφορα μέλη της επιχείρησης με σκοπό την παράδοση του προϊόντος στον πελάτη χωρίς να γνωστοποιείται σε αυτόν το ρίσκο και το κόστος παραγωγής [29], [31].

Ο παραπάνω ορισμός θα μπορούσε να επεκταθεί για να περιλαμβάνει και άλλα είδη υπηρεσιών (όπως υποστηρικτικές διαδικασίες). Αλλά και αυτά τα είδη θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κύριες διαδικασίες για έναν άλλο οργανισμό (που προσφέρεται για να εξυπηρετήσει τους οργανισμούς).

2.3.2. Συστατικά μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελούνται από γεγονότα (events) και δραστηριότητες (activities). Τα γεγονότα είναι ενέργειες ή πράγματα που συμβαίνουν στιγμιαία, δηλαδή δεν έχουν χρονική διάρκεια. Αναλόγως την περίπτωση αποτελούν την προϋπόθεση για την έναρξη της εκτέλεσης μιας δραστηριότητας, συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και προκαλούν αλλαγή στην πορεία της ή σηματοδοτούν το τέλος της δραστηριότητας.

Σε αντίθεση με τα γεγονότα, οι δραστηριότητες έχουν χρονική διάρκεια. Δραστηριότητα είναι μια ενέργεια (σύνθετη ή απλή) που μπορεί να επιτελείται με διάφορους τρόπους (χειρωνακτικά, ημι-αυτοματοποιημένα ή πλήρως αυτοματοποιημένα) από διάφορους δρώντες (άτομα, υπολογιστικά συστήματα ή υπηρεσίες ή απλά προγράμματα τύπου script). Αν μια δραστηριότητα είναι σύνθετη, τότε μπορεί να αντιστοιχιστεί και να οριστεί πλήρως με την μορφή μιας (υπο-)διαδικασίας.

Το επόμενο συστατικό των “Επιχειρησιακών Διαδικασιών” είναι τα σημεία απόφασης (decision points). Τα σημεία απόφασης αποτελούν χρονικά σημεία κατά τη διάρκεια

εκτέλεσης της Επιχειρησιακής Διαδικασίας όπου παρουσιάζεται η ανάγκη λήψης μιας απόφασης, συνήθως ως αποτέλεσμα μιας δραστηριότητας της διαδικασίας που έχει ήδη εκτελεσθεί, η οποία θα επηρεάσει το υπόλοιπο της εκτέλεσης. [29]

Μια επιχειρησιακή διαδικασία περιλαμβάνει και ανθρώπους (ή οργανισμούς ή κάποιο υπολογιστικό σύστημα) που εκτελούν τις δραστηριότητες και οι οποίοι αναφέρονται ως δρώντες (actors). Ως ανθρώπινος παράγοντας θεωρείται και ο πελάτης, ο οποίος καταναλώνει το προϊόν που παράγεται στο τέλος της διαδικασίας. Επίσης περιλαμβάνονται υλικά αντικείμενα (π.χ. εξοπλισμός ενός συνεργείου, εξυπηρετητές) αλλά και άυλα αντικείμενα (π.χ. ψηφιακά αρχεία,).

Οι διαδικασίες, χρησιμοποιούν πόρους για να αναπτύξουν προϊόντα και υπηρεσίες, οι οποίες ικανοποιούν τον πελάτη. Οι διαδικασίες σχεδιάζονται και αναπτύσσονται με βάση τεχνικές, μεθοδολογίες και εργαλεία ενώ μπορεί να περιλαμβάνουν υπηρεσίες από πληροφοριακά συστήματα καθώς και παρεμβάσεις από ανθρώπους.

Μία επιχειρησιακή διαδικασία, μπορεί να εμπεριέχει άλλες επιχειρησιακές διαδικασίες, ή και να αποτελεί η ίδια υποσύνολο μίας μεγαλύτερης επιχειρησιακής διαδικασίας. Για παράδειγμα, οι επιχειρησιακές διαδικασίες έλεγχος παραγγελίας και αποστολή παραγγελίας, αποτελούν υποσύνολα της ευρύτερης επιχειρησιακής διαδικασίας παραγγελίας προϊόντος.

Μια επιχειρησιακή διαδικασία μπορεί να υλοποιείται αποκλειστικά στο εσωτερικό ενός οργανισμού, οπότε αποτελεί μία ενδοεπιχειρησιακή διαδικασία (intra – organizational process). Μπορεί όμως να απαιτεί και τη συμμετοχή του εξωτερικού περιβάλλοντος ή και τη συμμετοχή άλλων οργανισμών για την ολοκλήρωσή της, οπότε συνιστά μία δια-επιχειρησιακή διαδικασία (inter – organizational process). Για παράδειγμα, το διατραπεζικό σύστημα ΔΙΑΣ προσφέρει δια-επιχειρησιακές διαδικασίες, η λειτουργία των οποίων απαιτεί τη συνεργασία διαφορετικών τραπεζικών οργανισμών, με στόχο την απόδοση προστιθέμενης αξίας στους πελάτες των τραπεζών. [99]

Μια επιχειρησιακή διαδικασία αρχικά μοντελοποιείται και έπειτα τροφοδοτείται σε μια Μηχανή Εκτέλεσης Ροών Εργασίας (MEPE) (Workflow Execution Engine). Όταν έρθει η ώρα της εκτέλεσής της, δημιουργείται ένα στιγμιότυπό της, το οποίο αρχίζει να εκτελείται. Στα πλαίσια της εκτέλεσης αυτής, η MEPE αναλαμβάνει να εκτελέσει τις δραστηριότητες της διαδικασίας με τη σωστή σειρά με βάση τον ορισμό της. Οι δραστηριότητες που αφορούν

υπηρεσίες εκτελούνται άμεσα. Ενώ αυτές που απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση παραμένουν pending μέχρι να τελεστούν από το κατάλληλο άτομο/ρόλο.

2.3.3. BPMN για την Περιγραφή των Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Το Business Process Model and Notation (BPMN) είναι ένα πρότυπο για τη δημιουργία οπτικών μοντέλων επιχειρηματικών διαδικασιών.

Το BPMN επιτρέπει:

γραφική αναπαράσταση επιχειρηματικών διαδικασιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τεκμηρίωσης διαδικασίας που είναι εύκολο να κατανοηθεί και να ακολουθηθεί. Χρησιμοποιείται για την **τεκμηρίωση** και την **κοινοποίηση** των βημάτων που εμπλέκονται σε μια διαδικασία, καθώς και για τους διαφορετικούς ρόλους και τις αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων. Αποτελεί ισχυρό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη **βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας**. [100]

Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των τραπεζών, των ασφαλειών, της υγειονομικής περίθαλψης και της μεταποίησης. Η δημιουργία ενός διαγράμματος BPMN, διευκολύνει τη γρήγορη και εύκολη επικοινωνία των βημάτων που περιλαμβάνονται σε μια διαδικασία, καθώς και τον εντοπισμό πιθανών τομέων προς βελτίωση. Ειδικότερα, δημιουργώντας ένα οπτικό μοντέλο μιας διαδικασίας, είναι ευκολότερο να εντοπιστούν πιθανά σημεία συμφόρησης και να βελτιστοποιηθούν οι επιδόσεις. [100]

Το BPMN αποτελείται από ένα σύνολο γραφικών στοιχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας οπτικής αναπαράστασης μιας επιχειρηματικής διαδικασίας. [100]

Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν:

- Αντικείμενα ροής (Flow Objects)
 - Γεγονότα (Events)
 - **Start (Εκκίνησης)**: Χρησιμοποιείται για να σηματοδοτήσει την έναρξη μιας διαδικασίας. Τα γεγονότα αυτού του είδους μπορούν να ενεργοποιηθούν χειροκίνητα (manually) ή αυτόματα. [100]
 - **Intermediate (Ενδιάμεσα)**: Τα ενδιάμεσα συμβάντα χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν ότι κάτι συνέβη κατά τη

διάρκεια (εκτέλεσης) της διαδικασίας, το οποίο μπορεί να επηρεάσει τη ροή εκτέλεσής της. [100]

- **Time (Χρονικά)**: Γεγονότα που σηματοδοτούν την έναρξη μιας δραστηριότητας με βάση την ολοκλήρωση ενός χρονικού διαστήματος ή την άφιξη σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τα χρονικά γεγονότα διακρίνονται σε γεγονότα χρονοδιακόπτη (timer events), γεγονότα διάρκειας (duration events), γεγονότα ημερομηνίας και ώρας (data & time events), γεγονότα κυκλικού χρόνου (cycle time events) και γεγονότα τύπου catch – up. [100]
- **End (Τερματισμού)**: Ένα τέτοιο γεγονός χρησιμοποιείται για τον τερματισμό μιας διαδικασίας, δηλαδή υποδεικνύει ότι η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Η ολοκλήρωση της εκτέλεσης μιας διαδικασίας οδηγεί σε ένα ή περισσότερα πιθανά αποτελέσματα (outcomes). Στην περίπτωση όπου με το τέλος της εργασίας έχει επιτευχθεί ο σκοπός της, δηλαδή η παραγωγή του προϊόντος, το αποτέλεσμα κρίνεται θετικό. Αντίθετα στην περίπτωση όπου το προϊόν παραχθεί ή αποδειχθεί ελαττωματικό, το αποτέλεσμα κρίνεται αρνητικό [29],[30]. Αυτό σημαίνει πως μπορούμε να έχουμε τόσο θετικές όσο και αρνητικές τελικές καταστάσεις. [100]
- Δραστηριότητες (Activities)
 - **Task (Λειτουργία)**: Ο πιο βασικός τύπος δραστηριότητας στο BPMN που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει μια εργασία που πρέπει να γίνει. Μπορεί να είναι οτιδήποτε, από απλές χειροκίνητες εργασίες έως πολύπλοκες αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Ουσιαστικά υπάρχουν διάφορα είδη εργασιών: χρήστη (user tasks), υπηρεσίας (service tasks), script (script tasks), επιχειρησιακού κανόνα (business rule task) και χειροκίνητο (manual). [100]
 - **Sub-process (Υπό – διαδικασία)**: Ένας τύπος εργασίας που περιέχει τη δική του εσωτερική λογική και δραστηριότητα. Οι υποδιεργασίες (sub-processes) χρησιμοποιούνται συχνά για τη

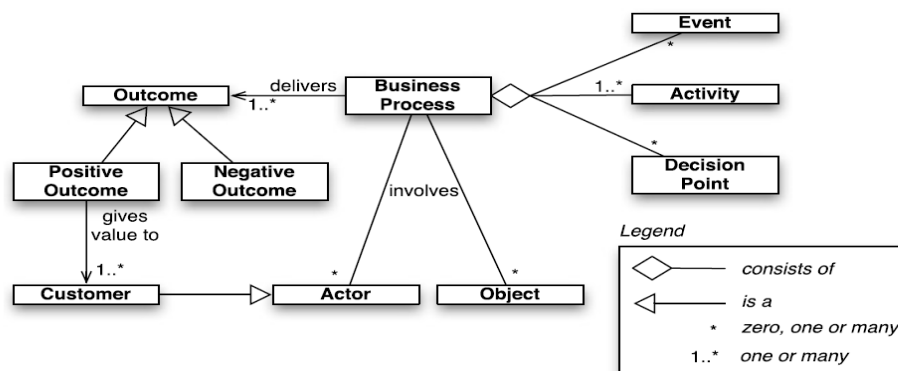
μοντελοποίηση πολύπλοκων ροών εργασίας και την ομαδοποίηση (συσχετιζόμενων) εργασιών. [100]

- **Call activity (Επίκλησης)**: είναι ένα είδος δραστηριότητας που οδηγεί στην επίκληση μιας άλλης υπό – διαδικασίας ή (καθολικής) διαδικασίας. Ουσιαστικά αναπαριστά ένα σημείο όπου ο έλεγχος στη διαδικασία μεταφέρεται σε μια άλλη διαδικασία, οπότε η εκτέλεση της τρέχουσας διαδικασίας προσωρινά διακόπτεται μέχρι η κληθείσα διαδικασία να ολοκληρώσει την εκτέλεσή της. [100]
- Πύλες (Gateways)
 - **Exclusive (Αποκλειστική)**: Η αποκλειστική πύλη (ή πύλη XOR) χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση αποφάσεων όπου μπορεί να ληφθεί μόνο μία διαδρομή. Για παράδειγμα, μια αποκλειστική πύλη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αποφασιστεί εάν μια διαδικασία πρέπει να συνεχίσει εφόσον πληρείται μια σχετική προϋπόθεση. Ειδικότερα, μπορεί κάποιος να φανταστεί την περίπτωση όπου η διαδικασία περιλαμβάνει έναν υπολογισμό που μπορεί να επαναλαμβάνεται μέχρι τον παράγωγό του να ικανοποιήσει μια συγκεκριμένη συνθήκη / περιορισμό ποιότητας. [100]
 - **Parallel (Παράλληλη)**: χρησιμοποιείται για την οδήγηση της διαδικασίας σε πολλαπλές παράλληλες διαδρομές. Ουσιαστικά, επιτρέπει την οπτικοποίηση της ταυτόχρονης εκτέλεσης δραστηριοτήτων ή μονοπατιών. [100]
 - **Inclusive (Περιληπτική)**: Χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση αποφάσεων όπου μπορούν να ακολουθηθούν περισσότερα από ένα μονοπάτια. [100]
 - **Event – based (Με βάση γεγονότα)**: Οι πύλες που βασίζονται σε συμβάντα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διαδικασίας βάσει συμβάντων. [100]

- **Exclusive Event - based (Αποκλειστική με βάση γεγονότα)**: Οι εναλλακτικές / αποκλειστικές διαδρομές καθορίζονται από συνθήκες που αποτιμώνται με βάση γεγονότα που έχουν συμβεί (για παράδειγμα διάφορα μηνύματα ή σήματα) και όχι με βάση δεδομένα που έχουν παραχθεί ή παραδοθεί από κάποια οντότητα / ρόλο. [100]
- Συνδεόμενα Αντικείμενα (Connecting Objects)
 - **Sequence Flow (Ροή ακολουθίας)**: Εμφανίζει τη σειρά των δραστηριοτήτων που πρέπει να εκτελεστούν. Εμφανίζεται ως ευθεία γραμμή με ένα βέλος που συνήθως συνδέει τη δραστηριότητα που προηγείται και αυτήν που ακολουθεί στη σειρά εκτέλεσης. [100]
 - **Message Flow (Ροή μηνύματος)**: Προσδιορίζει την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ δύο εμπλεκόμενων μερών σε μια διαδικασία, επιτρέποντας την ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ τους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση δραστηριοτήτων ή γεγονότων στη διαδικασία του εμπλεκόμενου μέρους που λαμβάνει το αποσταλμένο μήνυμα. Η διαδρομή ροής μηνυμάτων είναι μια διακεκομμένη γραμμή που συνδέει τα εμπλεκόμενα μέρη. [100]
 - **Association (Συσχέτιση)**: Εικονογραφείται με διακεκομμένη γραμμή και χρησιμοποιείται για να συσχετίσει ένα τεχνούργημα, ένα αντικείμενο δεδομένων ή επιπρόσθετη πληροφορία με αντικείμενα ροής, όπως ένα γεγονός, δραστηριότητα ή πύλη. Για παράδειγμα, εάν θέλουμε να γράψουμε ένα σχόλιο ή πρόσθετες πληροφορίες σε μια δραστηριότητα, μπορούμε να συνδέσουμε αυτό το πλαίσιο κειμένου με τη γραμμή συσχέτισης. Υπάρχουν διάφορα είδη συσχετίσεων που υποστηρίζονται από την BPMN: δεδομένων (συσχετίζουν αντικείμενα δεδομένων με τις δραστηριότητες που τα παράγουν ή τα χρησιμοποιούν), κειμενικές (παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες για ένα αντικείμενο ροής), και ομαδοποίησης (συσχετίζουν στοιχεία / αντικείμενα με μια ομάδα που μπορεί να αναπαριστά μια λογική κατηγορία ή μια μεγάλη μονάδα εργασίας). [100]

- Πισίνες και Swimlanes (Pools and Swimlanes)
 - **Pool (Πισίνα):** Αναπαριστά έναν συμμετέχοντα / εμπλεκόμενο σε μια διαδικασία που μπορεί να είναι οντότητα εξωτερική στη διαδικασία. Η πισίνα αναπαρίσταται με ένα μεγάλο ορθογώνιο που μπορεί να περιλαμβάνει το μέρος της διαδικασίας που είναι υπεύθυνο να διεκπεραιώσει ο εμπλεκόμενος.
 - **Swimlanes:** Βοηθά στον εντοπισμό και την παρακολούθηση των ρόλων και των αντίστοιχων ευθυνών σε μια διαδικασία από τη μεριά ενός εμπλεκόμενου, καθώς και του τρόπου με τον οποίο οι διάφορες εργασίες σχετίζονται μεταξύ τους. Για αυτό το λόγο, ένα pool που αφορά έναν ολόκληρο εμπλεκόμενο συνήθως μπορεί να περιλαμβάνει πολλά swimlanes, τα οποία προσδιορίζουν συγκεκριμένους ρόλους / υπευθυνότητες οπότε σπάνε την εργασία του εμπλεκόμενου στο πλαίσιο της τρέχουσας διαδικασίας σε μέρη που είναι ειδικά προς ένα ρόλο (ένα ανά swimlane). Κάθε τέτοιο μέρος, ένα swimlane, αναπαρίσταται ως μια κάθετη ή οριζόντια λωρίδα στο ορθογώνιο του αντίστοιχου pool. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των Swimlanes είναι πως διευκολύνουν επίσης την εμφάνιση πιθανών σημείων συμφόρησης και ζητημάτων σε μια διαδικασία, ειδικότερα από τη μεριά ενός εμπλεκόμενου. Ειδικότερα, όταν σχεδιάζεται μια διαδικασία χρησιμοποιώντας πισίνες και swimlanes είναι δυνατός ο εντοπισμός περιοχών όπου υπάρχει σπατάλη ή διπλή προσπάθεια. [100]
- Τεχνουργήματα (Artifacts): Τα τεχνουργήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συμπεριλάβουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με μια διαδικασία. Τα τεχνουργήματα επιτρέπουν την αναπαράσταση οπτικών αντικειμένων έξω από την πραγματική διαδικασία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση εργασιών ή διαδικασιών ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση δεδομένων ή σημειώσεων που εξηγούν τη διαδικασία. Συνήθως χρησιμοποιούνται για λόγους τεκμηρίωσης της διαδικασίας, αποσαφήνισης απαιτήσεων και την αποτελεσματική επικοινωνία σημαντικής πληροφορίας / γνώσης στα εμπλεκόμενα μέρη. [100]

Οι σχέσεις μεταξύ των συστατικών μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας αποτυπώνονται στην παρακάτω Εικόνα 15:



Εικόνα 15: Σχέσεις μεταξύ των συστατικών μιας Επιχειρησιακής Διαδικασίας. [29]

2.3.4. Η σημασία των Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Η σχεδίαση και η εκτέλεση των επιχειρησιακών διαδικασιών επηρεάζει τόσο την «ποιότητα της υπηρεσίας» που οι πελάτες λαμβάνουν όσο και την αποτελεσματικότητα με την οποία η υπηρεσία αυτή παράγεται. Συνεπώς, ένας οργανισμός μπορεί να ξεπεράσει έναν ανταγωνιστή οργανισμό, ο οποίος προσφέρει παρόμοιες υπηρεσίες, έχοντας καλύτερα σχεδιασμένες διαδικασίες και εκτελώντας τις αποδοτικότερα, λογικά και με μικρότερο κόστος.

Η άμεση εξάρτηση μεταξύ της απόδοσης των επιχειρησιακών διαδικασιών μιας επιχείρησής και της ικανότητάς της να επιτυγχάνει τους οικονομικούς και στρατηγικούς στόχους της οδήγησε στην εμφάνιση της “Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών” (Business Process Management) ως ακαδημαϊκή έννοια. [29], [30]

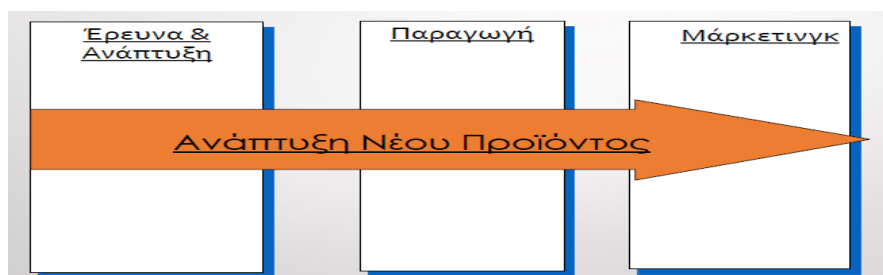
Κάποιες ενδεικτικές επιχειρηματικές διαδικασίες είναι οι εξής:

- Κατασκευή και παραγωγή προϊόντος.
- Σχεδιασμός, συναρμολόγηση προϊόντος.
- Έλεγχος ποιότητας προϊόντος.
- Πωλήσεις και μάρκετινγκ.
- Εντοπισμός πελατών.
- Ενημέρωση πελατών για κάποιο προϊόν.
- Πώληση, τιμολόγηση προϊόντος.
- Εκτέλεση παραγγελιών και μεταφορά προϊόντων.
- Οικονομικά και λογιστήριο.

- Πληρωμή πιστωτών.
- Έκδοση χρηματοοικονομικών καταστάσεων.
- Ανθρώπινοι πόροι.
- Πρόσληψη εργαζομένων.
- Αξιολόγηση εργασιακής απόδοσης εργαζομένων.
- Διαχείριση προγραμμάτων παροχών. [39]

2.3.5. Ταξινομήσεις Επιχειρησιακών Διαδικασιών

- **Απλές (single - function):** Αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες που εκτελούνται από ένα ορισμένο τμήμα ενός οργανισμού
- **Δια-λειτουργικές (cross - functional):** Διατρέχουν διάφορες λειτουργίες ή τμήματα ενός οργανισμού, Εικόνα 16.
- **Δι-επιχειρησιακές (inter - organizational):** Απεικονίζουν αμφίδρομη επικοινωνία ανάμεσα σε διαφορετικούς οργανισμούς [39]. Λογικά αφορούν ένα είδος συνεργασίας για την παραγωγή ενός προϊόντος που μπορεί να απαιτεί την χρήση δυνατοτήτων από πολλούς οργανισμούς και όχι μόνο έναν. Επομένως, οι δι-επιχειρησιακές διαδικασίες πλαισιώνουν αυτή την συνεργασία και την μετουσιώνουν. Συχνός κλάδος για τέτοιες περιπτώσεις διαδικασιών είναι αυτός της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain).



Εικόνα 16: Δια-λειτουργική. [39]

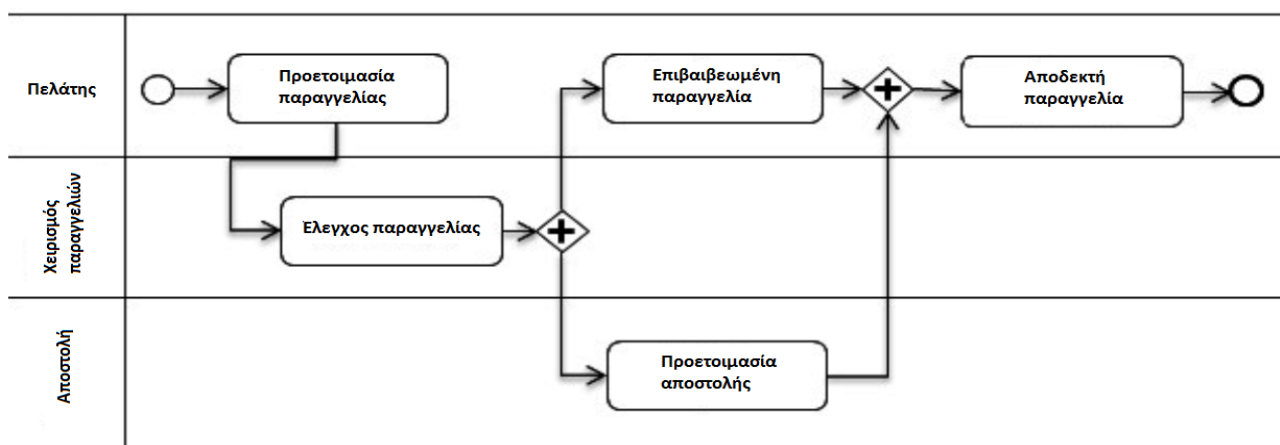
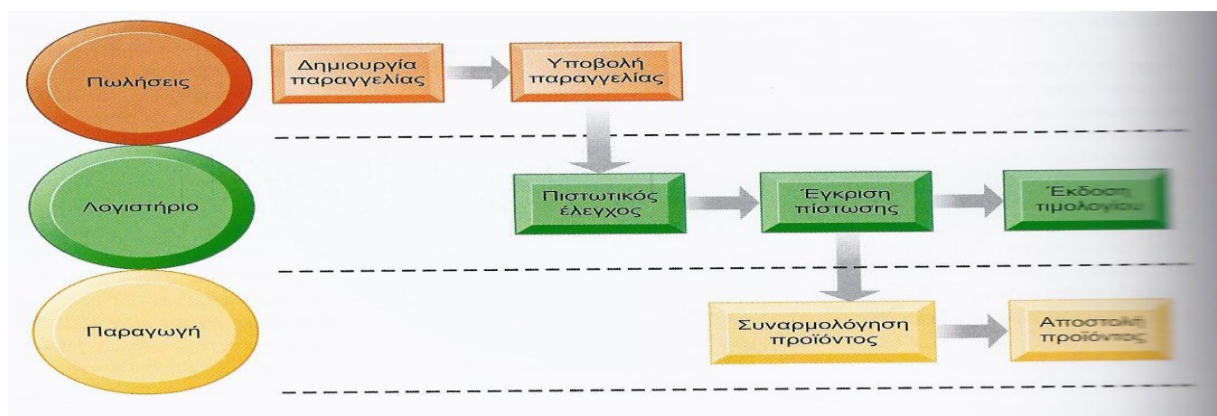
- **Εσωτερικές (Internal)** είναι οι διαδικασίες που αναφέρονται στη διαχείριση ροής εγγράφων και εργασιών στο εσωτερικό ενός οργανισμού.
- **Δημόσιες (Public).** Μια διαδικασία είναι δημόσια εφόσον είναι ορατή σε ένα πελάτη / επιχείρηση. Συνεπώς, μια τέτοια διαδικασία μπορεί να εκτελεστεί από τους πελάτες. Εσωτερικά, προφανώς μια τέτοια διαδικασία μπορεί να εκτελεί άλλες διαδικασίες του οργανισμού (πχ. εσωτερικές).

- **Καθολικές (Global):** Μια καθολική επιχειρηματική διαδικασία αναφέρεται σε μια επιχειρηματική διαδικασία που λειτουργεί σε πολλαπλές γεωγραφικές τοποθεσίες, οργανικές μονάδες ή δικαιοδοσίες μέσα σε μια εταιρεία ή σε διαφορετικούς οργανισμούς. Αυτές οι διαδικασίες συνήθως περιλαμβάνουν συντονισμό, συνεργασία και ενοποίηση δραστηριοτήτων και πόρων σε διάφορες τοποθεσίες ή οντότητες.
- **Λειτουργικές Διαδικασίες (Operational Processes):** Οι επιχειρησιακές διαδικασίες είναι οι βασικές διαδικασίες που σχετίζονται άμεσα με την παροχή της κύριας αξίας ενός οργανισμού. Αυτές οι διαδικασίες επικεντρώνονται συνήθως στις καθημερινές δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή αγαθών ή την παροχή υπηρεσιών στους πελάτες. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν διαδικασίες παραγωγής, διαδικασίες πωλήσεων, διαδικασίες εξυπηρέτησης πελατών, διαδικασίες προμηθειών και διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών.
- **Διαδικασίες Διαχείρισης (Management Processes):** Οι διαδικασίες διαχείρισης είναι υπεύθυνες για τη διακυβέρνηση και τον έλεγχο των λειτουργικών διαδικασιών ενός οργανισμού. Αποσκοπούν στον καθορισμό στόχων, στον προγραμματισμό πόρων, στην κατανομή προϋπολογισμών, στην παρακολούθηση της απόδοσης και στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής λειτουργίας της επιχείρησης. Παραδείγματα περιλαμβάνουν στρατηγικό σχεδιασμό, προϋπολογισμό, διαχείριση απόδοσης, διαχείριση κινδύνου και διαδικασίες διαχείρισης ποιότητας.
- **Υποστηρικτικές διαδικασίες (Supporting Processes):** Οι υποστηρικτικές διαδικασίες, γνωστές και ως διαδικασίες ενεργοποίησης, παρέχουν την απαραίτητη υποστήριξη και υποδομή για την ομαλή λειτουργία τόσο των λειτουργικών όσο και των διαχειριστικών διαδικασιών. Αυτές οι διαδικασίες συχνά δεν συμβάλλουν άμεσα στην πρόταση βασικής αξίας του οργανισμού, αλλά είναι απαραίτητες για τη συνολική λειτουργία του. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τη διαχείριση ανθρώπινων πόρων, την υποστήριξη τεχνολογίας πληροφοριών, τη διαχείριση εγκαταστάσεων, την εκπαίδευση και ανάπτυξη και νομικές διαδικασίες και διαδικασίες συμμόρφωσης.

2.3.6. Ενδεικτικό Παράδειγμα Επιχειρηματικής Διαδικασίας

2.3.6.1. Η διαδικασία της διεκπεραίωσης παραγγελιών

Η διεκπεραίωση της παραγγελίας ενός πελάτη περιλαμβάνει ένα πολύπλοκο σύνολο βημάτων, που απαιτεί τον στενό συντονισμό των τμημάτων των πωλήσεων, του λογιστηρίου και της παραγωγής (δείτε Εικόνα 17) [39]. Το πρώτο στάδιο αφορά το τμήμα των Πωλήσεων, όπου δημιουργείται η παραγγελία, η οποία στη συνέχεια υποβάλλεται ώστε να εκτελεστεί. Πριν την έναρξη της παραγωγής της παραγγελίας, η παραγγελία «περνάει» από το τμήμα του λογιστηρίου, όπου γίνεται ο πιστωτικός έλεγχος, η έγκριση πίστωσης και η έκδοση τιμολογίου. Όταν ολοκληρωθεί η έγκριση πίστωσης η παραγγελία οδηγείται στο τμήμα της παραγωγής όπου γίνεται η συναρμολόγηση του προϊόντος της παραγγελίας και τέλος η αποστολή του προς τον πελάτη.

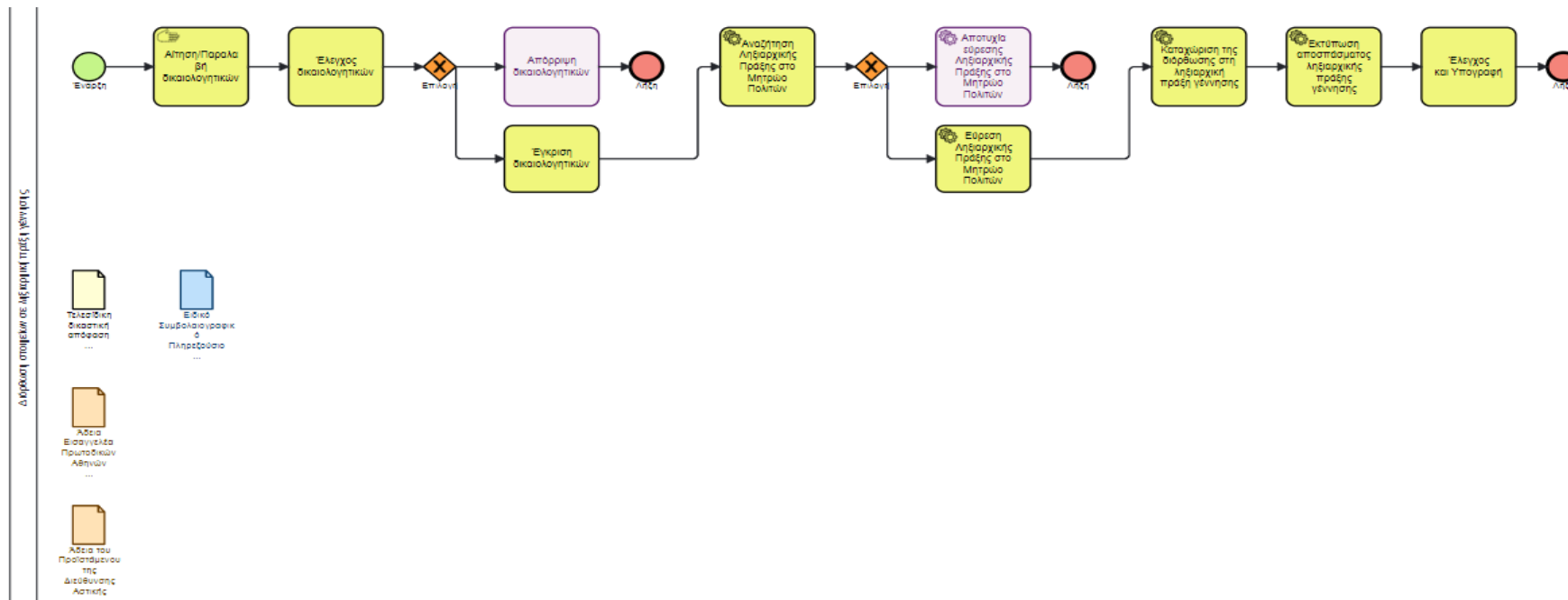


Εικόνα 17: Το πάνω σχήμα είναι ένα διάγραμμα διεκπεραίωσης παραγγελίας ενός πελάτη [39]. Το κάτω σχήμα είναι ένα BPMN διάγραμμα διεκπεραίωσης παραγγελίας ενός πελάτη [101].

2.3.6.2. Η διεργασία της διεκπεραίωσης ληξιαρχικών πράξεων

Πίνακας 4: Παράδειγμα διεργασίας διεκπεραίωσης ληξιαρχικών πράξεων. [39]

| Παράδειγμα Επιχειρησιακής Διαδικασίας Βήματα | Περιγραφή |
|--|---|
| 1 | Παραλαβή δικαιολογητικών από τον πολίτη |
| 2 | Έλεγχος δικαιολογητικών από τον αρμόδιο υπάλληλο του τμήματος Γεννήσεων –Βαπτίσεων ή Γάμων –Θανάτων). Ο έλεγχος αφορά στη νομιμότητα των δικαιολογητικών και στη διασταύρωση της ορθότητάς τους με αυτά των ταυτοτήτων, διαβατηρίων, και λοιπών πιστοποιητικών |
| 3 | Σε περίπτωση που εμφανίζονται διαφορές κατά τη διασταύρωση η υπηρεσία προβαίνει σε επικοινωνία με Δημοτολόγια, Μητρόπολη, Γραφείο Αλλοδαπών του Δήμου ή και άλλων Δήμων. Αν δεν εμφανίζονται διαφορές, τότε η διαδικασία προχωρά κανονικά στην ενέργεια 4, αλλιώς δεν ολοκληρώνεται |
| 4 | Ο ενδιαφερόμενος κάνει ηλεκτρονική εγγραφή του ονοματεπώνυμό του στο Ευρετήριο |
| 5 | Ο ληξιαρχος προβαίνει στη σύνταξη της Ληξιαρχικής Πράξης, ο οποίος υπογράφει τη Ληξιαρχική Πράξη και την καταχωρεί στο αρχείο. Ο ληξιαρχος εκδίδει το αντίγραφο της Ληξιαρχικής Πράξης. |
| 6 | Ο προϊστάμενος του τμήματος υπογράφει τη Ληξιαρχική Πράξη |
| 7 | Ο ληξιαρχος παραδίδει το αντίγραφο της Ληξιαρχικής Πράξης στον πολίτη |



Εικόνα 18: BPMN διάγραμμα έκδοσης ληξιαρχικής πράξης γεννήσεως. [102]

2.4. Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών

2.4.1. Ορισμός

Το Business Process Management (BPM) συνδυάζει εργαλεία και λύσεις BPM που βοηθούν τους οργανισμούς να επιτύχουν ευελιξία μέσω της αυτοματοποίησης, διαχείρισης και βελτιστοποίησης διαδικασιών. Η τεχνολογία BPM στοχεύει στη συνεχή βελτίωση, επεκτασιμότητα και λειτουργική αποτελεσματικότητα χρησιμοποιώντας μια ολιστική προσέγγιση μοντέλων και αναλύοντας, βελτιστοποιώντας και βελτιώνοντας από άκρο σε άκρο επιχειρηματικές διαδικασίες σε έναν οργανισμό για να βοηθήσει στην επίτευξη στρατηγικών επιχειρηματικών στόχων, όπως η βελτίωση του πλαισίου εμπειρίας πελατών. [106]

Η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών ορίζεται επίσης ως μια οργανωτική πειθαρχία όπου μια εταιρεία κάνει ένα βήμα πίσω και εξετάζει όλες αυτές τις διαδικασίες ξεχωριστά. Αναλύει την τρέχουσα κατάσταση και προσδιορίζει τομείς βελτίωσης για τη δημιουργία μιας πιο αποδοτικής και αποτελεσματικής οργάνωσης.

Κάθε τμήμα σε μια εταιρεία είναι υπεύθυνο να πάρει κάποια πρώτη ύλη ή δεδομένα και να τα μετατρέψει σε κάτι άλλο. Μπορεί να υπάρχουν δώδεκα ή περισσότερες βασικές διαδικασίες που χειρίζεται κάθε τμήμα. [106]

2.4.2. Γιατί είναι σημαντικό το BPM;

Η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών βοηθά τους οργανισμούς να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την παραγωγικότητα και την ευελιξία. Περιλαμβάνει τον καθορισμό, το σχεδιασμό, την εκτέλεση και τη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών των οργανισμών για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών. Με τον εξορθολογισμό των διαδικασιών και την εξάλειψη των σημείων συμφόρησης, οι οργανισμοί μπορούν να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών τους. Επιπλέον, η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών βοηθά τους οργανισμούς να ανταποκρίνονται περισσότερο στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των πελατών και της αγοράς και να προσαρμοστούν γρήγορα στις νέες τεχνολογίες και επιχειρηματικά μοντέλα. Οι οργανισμοί μπορούν να γίνουν πιο ανταγωνιστικοί και να επιτύχουν μακροπρόθεσμη επιτυχία με την αποτελεσματική διαχείριση των διαδικασιών τους. [106]

2.4.3. Βήματα του κύκλου ζωής της BPM

Βήμα 1: Μοντελοποίηση

Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα μετά τη λήψη μιας στρατηγικής απόφασης για τον επανασχεδιασμό του οργανωτικού περιβάλλοντος μιας επιχείρησης. Με βάση τους συνολικούς στόχους, αναφέρονται οι περιορισμοί για τη διαδικασία που θα επιλεγεί και συνιστώνται παράγοντες επιτυχίας. Επιλέγονται οι επιχειρηματικές διαδικασίες που πρόκειται να επανασχεδιαστούν, καθορίζονται οι στόχοι ανασχεδιασμού και επιλέγεται μια μεθοδολογία επανασχεδιασμού. Επιπλέον, λαμβάνουν χώρα οι δραστηριότητες αρχικής συλλογής και ανάλυσης πληροφοριών σχετικά με τις επιλεγμένες επιχειρηματικές διαδικασίες. [106]

Βήμα 2: Διαμόρφωση

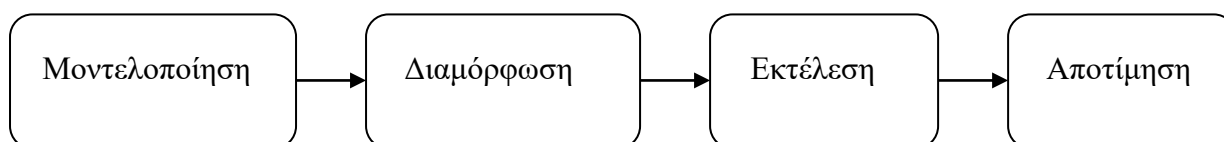
Σύμφωνα με την επιλεγμένη μεθοδολογία, δημιουργείται μια λεπτομερής εικόνα των επιλεγμένων διαδικασιών που καταδεικνύει όλες τις δραστηριότητες, τους δεσμούς και τις σχέσεις τους, τα εμπλεκόμενα άτομα και τις συνδέσεις με το εξωτερικό περιβάλλον. Όλες αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να μοντελοποιηθούν και να αναλυθούν προσεκτικά σύμφωνα με τις μετρήσεις αξιολόγησης, οι οποίες ορίζονται εδώ. [106]

Βήμα 3: Εκτέλεση

Ο κύριος στόχος εδώ είναι η διαχείριση μιας εφαρμογής BPMS. Μετά από δοκιμαστικές εκτελέσεις και πρόσθετες διορθωτικές ενέργειες, οι διαδικασίες εκτελούνται σε «πραγματικό» χρόνο και τοποθεσία. Αυτή η εκτέλεση δημιουργεί δεδομένα απαραίτητα για τη διαδικασία αξιολόγησης που ακολουθεί. Για να μειωθούν οι κίνδυνοι αποτυχίας, θα πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί εντατική εκπαίδευση των εργαζομένων. [106]

Βήμα 4: Αποτίμηση

Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που λαμβάνεται από την υλοποίηση και την εκτέλεση μιας Εφαρμογής BPMS δομείται και αξιολογείται ποιοτικά και ποσοτικά. Αυτά τα αποτελέσματα αποτελούν μια ανεκτίμητη συμβολή τόσο για τη στρατηγική προσαρμογή όσο και για τον επιχειρησιακό επανασχεδιασμό. [106]



Εικόνα 19: Ο κύκλος ζωής BPM. [106]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Μεθοδολογία Επισκόπησης

3.1. Βήματα μεθοδολογίας και σχετικά αποτελέσματα

Το κύριο ερώτημα στο οποίο προσπαθεί να απαντήσει η τρέχουσα διπλωματική εργασία είναι το εξής: «Ποια είναι η τρέχουσα κατάσταση της έρευνας που συνδέει την τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών με τη Διαχείριση Επιχειρηματικών Διαδικασιών και Υπηρεσιών»;

Για την απάντηση στο παραπάνω ερώτημα πραγματοποιήθηκε μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση για την ανάκτηση σχετικών άρθρων στο πεδίο της έρευνας που να καλύπτουν θεματικά τα εξής: (α) πως συσχετίζεται η αλυσίδα συστοιχιών με την SOA & BPM και (β) πως οι τελευταίες μπορούν να επωφεληθούν από την αλυσίδα συστοιχιών. Με βάση το στόχο και το εύρος της ανασκόπησης μας, αναπτύξαμε μια στρατηγική αναζήτησης για να δημιουργήσουμε ένα ολοκληρωμένο δείγμα βιβλιογραφίας.

Αφού καθορίσαμε το πεδίο εφαρμογής στις ανασκόπησης και εννοιολογήσαμε το πεδίο αυτό, ξεκινήσαμε την αναζήτηση στις βιβλιογραφίες, που αποτελείται από τις εξής φάσεις:

- Εντοπισμός βιβλιογραφικών βάσεων δεδομένων,
- Προσδιορισμός λέξεων-κλειδιών και μοτίβων αναζήτησης και
- Διενέργεια της αναζήτησης.

Στην πρώτη φάση εντοπίστηκαν τέσσερις βάσεις δεδομένων, οι οποίες είναι ευρέως γνωστές. Οι τέσσερις αυτές βάσεις δεδομένων είναι οι εξής:

- Springer Link
- ACM
- IFIP
- Elsevier

Στη δεύτερη φάση, προσδιορίζονται οι λέξεις-κλειδιά. Αυτά προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από την προαναφερόμενη εννοιολόγηση του θέματος. Οι λέξεις-κλειδιά, τα μοτίβα αναζήτησης που χρησιμοποιηθήκαν και η προκύπτουσα ποσότητα άρθρων που προέκυψε από την Τρίτη φάση φαίνονται στον **Error! Reference source not found..** Συνολικά, βρέθηκαν 150 άρθρα (συν 44 διπλότυπα).

Πίνακας 5: Αποτελέσματα αναζήτησης μέσα από διάφορες βάσεις δεδομένων, σύμφωνα με τις λέξεις κλειδιά.

| Βάση Δεδομένων | Λέξεις κλειδιά | Αποτελέσματα |
|----------------|---|--------------|
| Springer Link | (Blockchain OR "Smart Contract*") AND ("Business Process" OR "Service") AND ("Management" OR "Design" OR "Configuration" OR "Composition" OR "Execution" OR "Assessment" OR "Monitoring") | 87 |
| ACM | (Blockchain OR "Smart Contract*") AND ("Business Process" OR "Service") AND ("Management" OR "Design" OR "Configuration" OR "Composition" OR "Execution" OR "Assessment" OR "Monitoring") | 46 |
| IFIP | (Blockchain OR "Smart Contract*") AND ("Business Process" OR "Service") AND ("Management" OR "Design" OR "Configuration" OR "Composition" OR "Execution" OR "Assessment" OR "Monitoring") | 22 |
| Elsevier | (Blockchain OR "Smart Contract*") AND ("Business Process" OR "Service") AND ("Management" OR "Design" OR "Configuration" OR "Composition" OR "Execution" OR "Assessment" OR "Monitoring") | 39 |
| Σύνολο | | 194 |

Στη συνέχεια από τα 194 άρθρα αφαιρέσαμε τα διπλότυπα, οπότε έμειναν συνολικά 150 άρθρα. Κατόπιν, εξετάσαμε τους τίτλους τις περιλήψεις και το περιεχόμενο των άρθρων για να τα φιλτράρουμε με βάση κριτήρια συμπερίληψης και αποκλεισμού. Με τον τρόπο αυτό, διατηρήθηκαν εν τέλει 38 άρθρα στα οποία στηρίχθηκε η μελέτη μας.

Τα κριτήρια αποκλεισμού ήταν τα ακόλουθα:

- Μη συνάφεια με το αντικείμενο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Εφόσον, η συνθήκη αυτή δεν καλύπτεται, προφανώς η αντίστοιχη μελέτη θα πρέπει να αφαιρεθεί.
- Μελέτες που δεν είναι γραμμένες στην Αγγλική γλώσσα.

Τα κριτήρια συμπερίληψης που εφαρμόστηκαν ήταν τα ακόλουθα:

- Μελέτες που δημοσιεύτηκαν μεταξύ 2009 έως 2022. Το διάστημα αυτό επιλέχθηκε με βάση το γεγονός πως η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχίας εισήχθη για πρώτη φορά το 2008 (Nakamoto 2008). Οπότε, δεν είναι λογικό να βρεθεί κάποιο συναφές άρθρο νωρίτερα από το 2009.
- Μελέτες που δημοσιεύτηκαν σε έγκριτα περιοδικά, συνέδρια και workshop.

3.2. Ποσοτική ανάλυση άρθρων

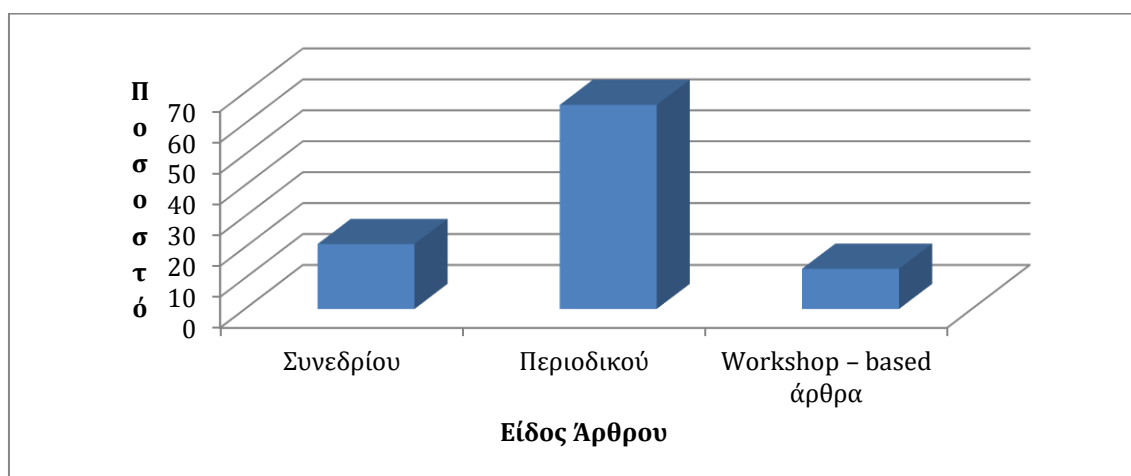
3.2.1. Ποσοστά άρθρων ανά είδος και εκδότη

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά των άρθρων ανά είδος. Αναλυτικότερα στον πίνακα αυτό παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των άρθρων όσο αφορά αν είναι άρθρο συνεδρίου, περιοδικού ή workshop – based άρθρο.

Πίνακας 6: Ποσοστά των άρθρων ανά είδος.

| Άρθρα ανά είδος | Ποσοστό |
|------------------------|-------------------------------|
| Συνεδρίου | $\frac{25}{38} = 0.66 = 66\%$ |
| Περιοδικού | $\frac{8}{38} = 0.21 = 21\%$ |
| Workshop – based άρθρα | $\frac{5}{28} = 0.13 = 13\%$ |
| Σύνολο | 100% |

Από τα ποσοστά του παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της παρούσας εργασίας είναι άρθρα συνεδρίων με ποσοστό της τάξης του 66%, με τη δεύτερη θέση να καταλαμβάνουν τα άρθρα επιστημονικών περιοδικών με ποσοστό 21% και στην τρίτη θέση τα άρθρα από workshop με ποσοστό 13%. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σε ραβδόγραμμα – ιστόγραμμα τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα.



Εικόνα 20: Διάγραμμα κατηγοριοποίησης άρθρων ανά είδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά των άρθρων ως προς τον εκδότη τους. Αναλυτικότερα στον πίνακα αυτόν παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των άρθρων

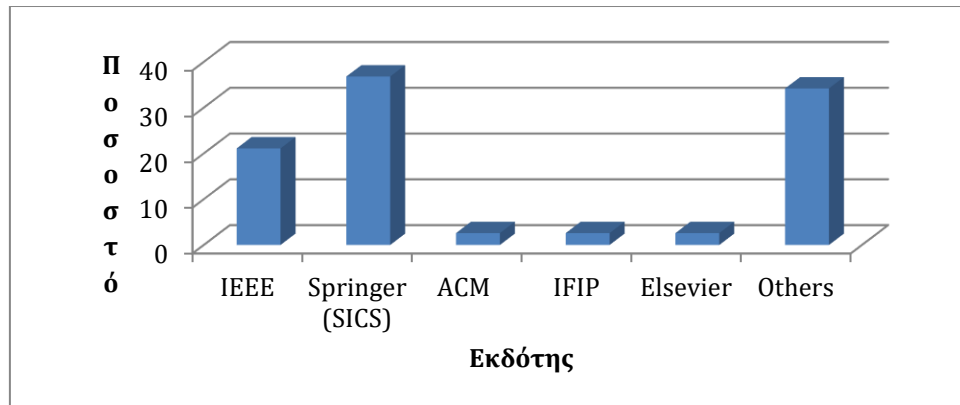
όσο αφορά αν ένα άρθρο έχει εκδοθεί από την IEEE, το Springer, την ACM και άλλες εκδοτικές αρχές.

Πίνακας 7: Ποσοστά των άρθρων ως προς τον εκδότη τους, IEEE, ACM, Springer, Elsevier και IFIP.

| Άρθρα από εκδότες | Ποσοστό |
|-------------------|----------------------------------|
| IEEE | $\frac{8}{38} = 0.211 = 21.1\%$ |
| Springer (SICS) | $\frac{14}{38} = 0.368 = 36.8\%$ |
| ACM | $\frac{1}{38} = 0.026 = 2.6\%$ |
| IFIP | $\frac{1}{38} = 0.026 = 2.6\%$ |
| Elsevier | $\frac{1}{38} = 0.026 = 2.6\%$ |
| Others | $\frac{13}{38} = 0.342 = 34.2\%$ |
| Σύνολο | 100% |

Παρατηρούμε πως το ποσοστό των άρθρων από IEEE, ACM, Springer, Elsevier και IFIP που χρησιμοποιήθηκαν είναι περίπου 65,8%, ενώ το υπόλοιπο 34,2% είναι άρθρα από άλλους εκδότες.

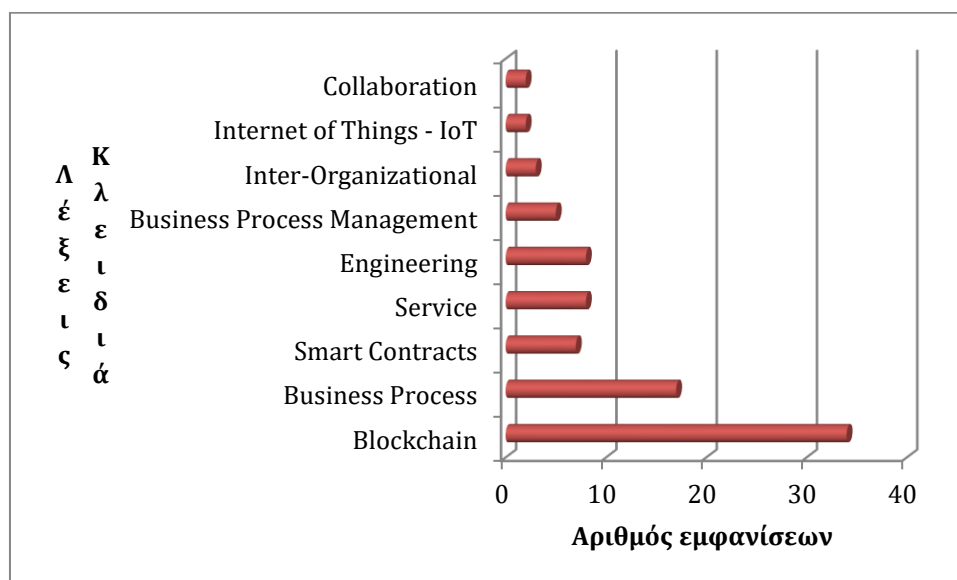
Από τα ποσοστά του Πίνακα 7 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της παρούσας εργασίας είναι άρθρα που εκδόθηκαν από τη Springer με ποσοστό της τάξης του 37%, με τη δεύτερη θέση να καταλαμβάνουν τα άρθρα που εκδόθηκαν από την IEEE, με ποσοστό, περίπου 21%. Σε ποσοστό 2.6% έχουμε άρθρα που εκδόθηκαν από τη ACM, την IFIP και την Elsevier, αντίστοιχα. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σε ραβδόγραμμα – ιστόγραμμα τα στοιχεία του Πίνακα 7.



Εικόνα 21: Διάγραμμα κατηγοριοποίησης άρθρων ως προς τον εκδότη τους

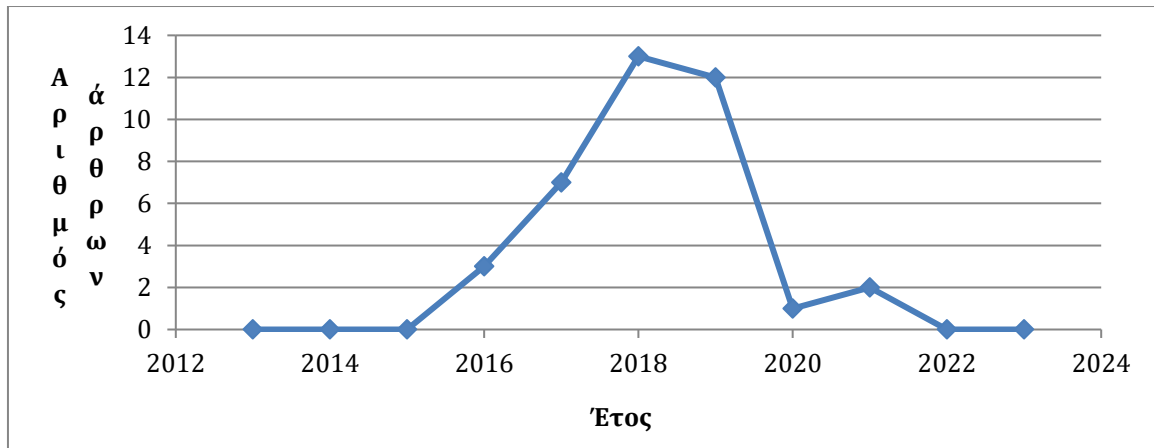
3.2.2 Λέξεις κλειδιά και Χρονολόγιο

Προκειμένου να αποκτηθεί από τον αναγνώστη μια αρχική κατανόηση του θέματος αλυσίδας συστοιχιών στο επιχειρηματικό πλαίσιο, οι λέξεις-κλειδιά που εμφανίζονται πιο συχνά παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 22: Διάγραμμα επικρατέστερων λέξεων-κλειδιών.

Εκτός από την εξέταση των λέξεων-κλειδιών, εξετάζουμε τα έτη δημοσίευσης στην ποσοτική ανάλυση. Αυτά παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 23: Χρονολόγιο δημοσιεύσεων έως το 2022.

Αν και η αλυσίδα συστοιχιών μπήκε στην αντίληψη του κοινού το 2008, μόλις το 2016 οι επιστήμονες άρχισαν να αντιμετωπίζουν το ζήτημα της εκτέλεσης επιχειρηματικών διαδικασιών μεταξύ πολλών συμμετεχόντων στη διαδικασία χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών.

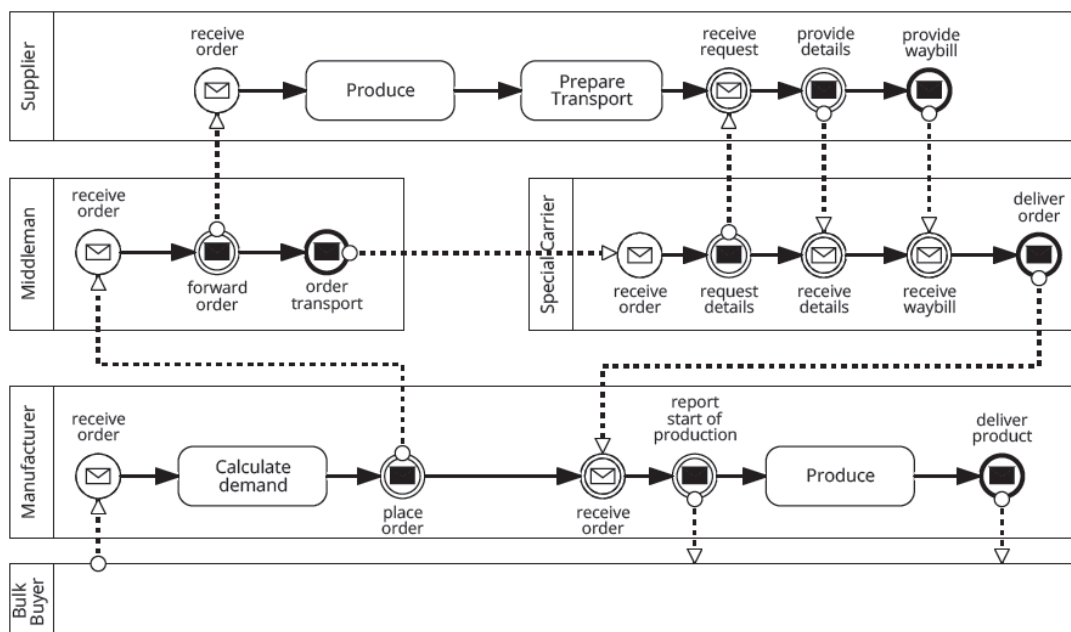
Παρατηρείται επίσης πως υπήρχε μια πτώση στον αριθμό των άρθρων από το 2019 και έπειτα. Η πτώση αυτή φθάνει στον αριθμό 0 το 2022. Ο αριθμός αυτός όμως ενδέχεται να μην είναι απόλυτα σωστός διότι πολλές φορές ο ευρητηριασμός των άρθρων καθυστερεί μετά την δημοσίευσή τους. Δυστυχώς, η πτώση αυτή δεν μπορεί να δικαιολογηθεί εύκολα, ιδιαίτερα λόγω του γεγονότος πως όπως θα δούμε στη συνέχεια, υπάρχουν πολλά ερευνητικά κενά και προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπισθούν στο μέλλον, παρέχοντας σημαντικές ευκαιρίες για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο ερευνητικό αντικείμενο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Επιχειρηματικές διαδικασίες και τεχνολογία Αλυσίδας Συστοιχιών

Δεν είμαστε οι πρώτοι που προσδιορίζουμε τις δυνατότητες εφαρμογής της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών σε επιχειρηματικές διαδικασίες. Στην πραγματικότητα, αρκετές αλυσίδες συστοιχιών υιοθετούνται επί του παρόντος σε διάφορους τομείς για τη διευκόλυνση της λειτουργίας (νέων) επιχειρηματικών διαδικασιών. Για παράδειγμα, οι Mendling κ.α. (2018), καθώς και οι Nofer κ.α. (2017) απαριθμούν εφαρμογές στον χρηματοπιστωτικό τομέα, συμπεριλαμβανομένων συναλλαγών κρυπτονομισμάτων, συναλλαγών και διακανονισμού τίτλων και ασφάλειες, καθώς και μη οικονομικές εφαρμογές, όπως συμβολαιογραφικές υπηρεσίες, διανομή μουσικής και διάφορες υπηρεσίες, όπως απόδειξη γνησιότητας ή αποθήκευσης. Άλλα άρθρα περιγράφουν σενάρια εφαρμογών που περιλαμβάνουν την εφαρμογή της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών σε διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας, για παράδειγμα στον αγροτικό τομέα [41]. Μια πρόταση για υποστήριξη δια-οργανωσιακών διαδικασιών μέσω της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών περιγράφεται στα [41], [44]: μεγάλα τμήματα της ροής ελέγχου και της επιχειρησιακής λογικής των δια-οργανωσιακών επιχειρηματικών διαδικασιών μπορούν να συγκεντρωθούν από μοντέλα διαδικασιών σε έξυπνα συμβόλαια που διασφαλίζουν ότι η κοινή διαδικασία εκτελείται σωστά. Τα επονομαζόμενα στοιχεία ενεργοποίησης (trigger components) επιτρέπουν τη σύνδεση αυτών των δια-οργανωσιακών υλοποιήσεων διαδικασιών με υπηρεσίες ιστού και εσωτερικές υλοποιήσεις διαδικασιών.

Αυτοί οι ενεργοποιητές χρησιμεύουν ως γέφυρα μεταξύ της αλυσίδας συστοιχιών και των εταιρικών εφαρμογών. Η ιδέα του κρυπτονομίσματος επιτρέπει την προαιρετική εφαρμογή της υπό συνθήκης πληρωμής και της ενσωματωμένης διαχείρισης (built – in escrow management) σε καθορισμένα σημεία της διαδικασίας, όπου αυτό είναι επιθυμητό και εφικτό. Για την απεικόνιση αυτών των δυνατοτήτων, η Εικόνα 24: Ένα απλοποιημένο σενάριο αλυσίδας εφοδιασμού, όπου ένας αγοραστής παραγγέλνει χύμα αγαθά από έναν κατασκευαστή [41], [44]. δείχνει ένα απλοποιημένο σενάριο αλυσίδας εφοδιασμού, όπου ένας αγοραστής παραγγέλνει χύμα αγαθά από έναν κατασκευαστή. Ο κατασκευαστής, με τη σειρά του, παραγγέλνει προμήθειες μέσω μεσάζοντα, τα οποία αποστέλλονται από τον προμηθευτή στον κατασκευαστή μέσω ειδικού μεταφορέα. Χωρίς συνολική

παρακολούθηση, κάθε συμμετέχων έχει περιορισμένη ορατότητα της συνολικής προόδου. Αυτό μπορεί κάλλιστα να είναι μια βάση για παρεξηγήσεις και μετατόπιση ευθυνών σε περιπτώσεις σύγκρουσης. [41], [44].



Εικόνα 24: Ένα απλοποιημένο σενάριο αλυσίδας εφοδιασμού, όπου ένας αγοραστής παραγγέλνει χύμα αγαθά από έναν κατασκευαστή [41], [44].

4.1 Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών

Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της διαφάνειας ενός συστήματος, η επιλογή μιας λύσης blockchain είναι μια σοφή επιλογή. Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μία λεπτομερής αναφορά για τους λόγους για τους οποίους πρέπει να υιοθετηθεί το blockchain από μια επιχείρηση. Θα διερευνηθούν πλεονεκτήματα όπως η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας μέσω της αποκέντρωσης, η αύξηση της διαφάνειας μέσω αμετάβλητων αρχείων, ο εξορθολογισμός των διαδικασιών και η μείωση των διαμεσολαβητών καθώς και η βελτίωση της ασφάλειας των δεδομένων και η πρόληψη δόλιων δραστηριοτήτων.

4.1.1. Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών στις υπηρεσίες

Ενώ η προσέγγιση με επίκεντρο τις υπηρεσίες υποστηρίζει την πανταχού παρούσα κινητικότητα υπηρεσιών και την καλή επεκτασιμότητα, χρειάζεται όντως κάποιου είδους κεντρικές υποδομές για την δημοσίευση υπηρεσιών, την ενημερωμένη ανακάλυψη υπηρεσιών και τη δρομολόγηση τους [45 - 47]. Αν και αυτές οι υποδομές μπορούν να

παρέχονται από παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου (ISP) ή χρησιμοποιώντας υπάρχοντα συστήματα όπως το DNS, η κεντρική λειτουργία εκτίθεται σε πιθανούς κινδύνους κακόβουλων επιθέσεων και παρεμβατικής επιτήρησης. Επίσης, η δημοσιευμένη υπηρεσία δε μπορεί να επαληθευτεί αξιόπιστα, γεγονός που βλάπτει αρκετά τα κέρδη των τελικών χρηστών με τη χρήση εγγεγραμμένων κακόβουλων υπηρεσιών [45 - 47].

Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα είναι το μοντέλο κινήτρων, όπου αν δεν υπάρχει κίνητρο δε θα γίνει δημοσίευση ώστε να παρέχονται υπηρεσίες στο δίκτυο. Αυτό συμβαίνει γιατί:

- Η ποσότητα του κέρδους για την παροχή μιας υπηρεσίας δε μπορεί να προβλεφθεί.
- Η επίτευξη κέρδους για την παροχή μιας υπηρεσίας δεν είναι εγγυημένη.

Ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχουν μέσα για τη δημιουργία ενός πλήρως αξιόπιστου μέρους (είτε κεντρικού του κατανεμημένου) για την εκτέλεση της παγκόσμιας λογιστικής και διανομής κερδών στις τρέχουσες τεχνολογίες SCN (Service – centric Networking) ή στις παραδοσιακές τεχνολογίες διαδικτύου [45].

Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να λυθούν καλά με μια προσέγγιση που βασίζεται στην αλυσίδα συστοιχιών. Μία από τις σημαντικές συνεισφορές της αλυσίδας συστοιχιών είναι να επιτρέψει τη δημιουργία ενός μηχανισμού δημιουργίας εμπιστοσύνης με αποκεντρωμένο τρόπο, που καθιστά το δίκτυο μια μηχανή δημιουργίας εμπιστοσύνης. Ένας άλλος σημαντικός συντελεστής της αλυσίδας συστοιχιών είναι η αποκεντρωμένη διακυβέρνηση και οι μηχανισμοί κινήτρων για την ανάπτυξη του οικοσυστήματος. Οι πάροχοι υπηρεσιών λαμβάνουν μάρκες με τη βοήθεια έξυπνων συμβολαίων, με τη βεβαιότητα ότι τα κέρδη προστατεύονται από κατανεμημένους μηχανισμούς συναίνεσης [45].

4.1.2. Λόγοι εφαρμογής αλυσίδας συστοιχιών στις επιχειρησιακές διαδικασίες

Η χρήση του παραδοσιακού κύκλου ζωής του BPM ως πλαίσιο αναφοράς επιτρέπει τη συζήτηση πολλών σταδιακών αλλαγών που ενδέχεται να παρέχει το blockchain. Η τεχνολογία blockchain προσθέτει μια άλλη σχετική προοπτική για την αξιολόγηση των διαδικασιών υψηλού επιπέδου όσον αφορά τις δυνατές εφαρμογές, τις ευκαιρίες, τις αδυναμίες και τις απειλές, όπως για παράδειγμα, για το πως μπορεί μια εταιρεία να εντοπίζει συστηματικά τις πιο κατάλληλες διαδικασίες για blockchains ή τις πιο

απειλούμενες. Επειδή το blockchain σχετίζεται με την υποστήριξη δια-οργανωσιακών διαδικασιών, η αναγνώριση της διαδικασίας μπορεί να χρειαστεί να περιλαμβάνει όχι μόνο τις ανάγκες ενός οργανισμού, αλλά και τις ανάγκες και απαιτήσεις ευρύτερα γνωστών και ακόμη και άγνωστων συνεργατών. [41]

Η ανακάλυψη μιας διαδικασίας σχετίζεται με τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τον τρέχοντα τρόπο λειτουργίας μιας διαδικασίας και την αναπαράστασή της ως μοντέλο διαδικασίας. Σύμφωνα με τον van der Aalst (2016) οι μέθοδοι για την ανακάλυψη διεργασιών βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε συνεντεύξεις, περιηγήσεις και ανάλυση τεκμηρίωσης, συμπληρωμένες με αυτοματοποιημένες τεχνικές ανακάλυψης διεργασιών πάνω από μη κρυπτογραφημένα αρχεία καταγραφής συμβάντων που δημιουργούνται από process - aware συστήματα πληροφοριών, δηλαδή συστημάτων με επίγνωση της διαδικασίας. Η τεχνολογία blockchain ορίζει νέες προκλήσεις αλλά και προοπτικές για τις τεχνικές ανακάλυψης διεργασιών: οι πληροφορίες μπορεί να είναι κατακερματισμένες και κρυπτογραφημένες. Τόσο οι λογαριασμοί όσο και τα κλειδιά μπορούν να αλλάζουν συχνά και τα δεδομένα ωφέλιμου φορτίου μπορούν να αποθηκευτούν εν μέρει εντός και εν μέρει εκτός αλυσίδας. Επίσης, υπάρχουν ευκαιρίες για επιχειρησιακές διαδικασίες αντίστροφης μηχανικής, μεταξύ άλλων, από έξυπνα συμβόλαια. [41]

Η ανάλυση διαδικασίας αναφέρεται στην απόκτηση γνώσεων σχετικά με ζητήματα που σχετίζονται με τον τρόπο που λειτουργεί επί του παρόντος μια επιχειρηματική διεργασία. Σύμφωνα με τους Dumas et al. (2018) η ανάλυση των διαδικασιών βασίζεται σε δεδομένα που είναι διαθέσιμα στο εσωτερικό των οργανισμών ή από αντιλήψεις που μοιράζονται οι εσωτερικοί και εξωτερικοί φορείς της διαδικασίας. Επιπλέον, σύμφωνα με τον van der Aalst (2016) τα αρχεία των διεργασιών που εκτελούνται στο blockchain παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση του φόρτο για μια περίπτωση διαδικασίας της διάρκειας, της συχνότητας των διαδρομών, των εμπλεκόμενων μερών και των συσχετισμών μεταξύ μη κρυπτογραφημένων στοιχείων δεδομένων. Αυτά τα κομμάτια πληροφοριών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακάλυψη διεργασιών, τον εντοπισμό αποκλίσεων και τη διεξαγωγή ανάλυσης βασικών αιτιών, που κυμαίνονται από μικρές ομάδες εταιρειών έως έναν ολόκληρο κλάδο γενικότερα. [41]

Η εκτέλεση αναφέρεται στην παρουσίαση μεμονωμένων περιπτώσεων (διαδικασιών) και στην πληροφορική – τεχνολογική επεξεργασία τους. Σύμφωνα με τον Dumas et al.

(2018), αυτή η εκτέλεση πραγματοποιείται από συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών διεργασιών. Κατά τη μέθοδο των Weber et al. (2016) κατά την εκτέλεση ενός στιγμιότυπου, τα μηνύματα μεταξύ των συμμετεχόντων πρέπει να περάσουν ως συναλλαγές του blockchain στο έξυπνο συμβόλαιο και τα μηνύματα που προκύπτουν πρέπει να παρατηρούνται από τα μπλοκ στο blockchain. Και τα δύο αυτά μπορούν να επιτευχθούν με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain απευθείας με τα υπάρχοντα εταιρικά συστήματα ή μέσω της χρήσης αποκλειστικών στοιχείων ενοποίησης. Τα πρώτα πρωτότυπα όπως είναι το Caterpillar ως ένα BPMS που βασίζεται σε blockchains προτάθηκαν από τους López-Pintado et al. (2017).

Σύμφωνα με τους Orlenys Lopez-Pintado et al. 2019 το Caterpillar, είναι ένα Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών ανοιχτού κώδικα (Business Process Management System - BPMS) που τρέχει πάνω από το blockchain Ethereum. Όπως κάθε BPMS, το Caterpillar υποστηρίζει τη δημιουργία στιγμιότυπων (instances) ενός μοντέλου διαδικασιών (που καταγράφονται στο Μοντέλο Επιχειρησιακής Διαδικασίας και Σημείωσης (Business Process Model and Notation - BPMN) και επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν την κατάσταση των παρουσιών διεργασίας και να εκτελούν εργασίες τους. Στο Caterpillar η κατάσταση κάθε στιγμιότυπου διαδικασίας διατηρείται στο blockchain Ethereum και η δρομολόγηση εργασιών εκτελείται από έξυπνα συμβόλαια που δημιουργούνται από έναν μεταγλωττιστή BPMN-to-Solidity. Ο μεταγλωττιστής υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα κατασκευών BPMN, συμπεριλαμβανομένων εργασιών χρήστη, σεναρίου και υπηρεσίας, παράλληλες και αποκλειστικές πύλες, υποδιεργασίες, δραστηριότητες πολλαπλών περιπτώσεων και χειριστές συμβάντων. [70]

4.2. Επισκόπηση Αρχιτεκτονικής για μελλοντικά συστήματα υπηρεσιών που θα βασίζονται στο blockchain

Έπειτα από τη μελέτη των σχετικών άρθρων και με βάση τη γνώμη μας στο πεδίο, η αρχιτεκτονική ενός μελλοντικού συστήματος προσανατολισμένου στις υπηρεσίες που βασίζεται στην αλυσίδα συστοιχίας (service-oriented blockchain – based system) που θα παρουσιαστεί παρακάτω θεωρούμε ότι είναι πρότυπη και θα πρέπει να ακολουθηθεί από τους ερευνητές και τους επαγγελματίες. Αυτή αρχιτεκτονική έχει προταθεί στα πλαίσια του Blockcloud. [45]

Το Blockcloud εισάγει νέα λειτουργικότητα πάνω από την αλυσίδα συστοιχιών, ορίζοντας ένα σύνολο νέων λειτουργιών που δεν υποστηρίζονται από την ίδια την αλυσίδα συστοιχιών. Το Blockcloud έχει τέσσερα στρώματα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 25: *Η Αρχιτεκτονική του Blockcloud [45].*, : δύο στρώματα (στρώμα αλυσίδας συναλλαγών και στρώμα αλυσίδας υπηρεσιών) στο επίπεδο ελέγχου και δύο στρώματα (στρώμα δρομολόγησης και στρώμα υπηρεσίας) στο επίπεδο εξυπηρέτησης [45]. Επίσης, υπάρχουν δύο είδη κόμβων: οι κόμβοι του Blockcloud και οι κόμβοι της αλυσίδας συστοιχιών.

Στρώματα Blockcloud

(1) Στρώμα αλυσίδας συναλλαγών: Η αλυσίδα συναλλαγών (δηλ. συστοιχίας) καταλαμβάνει το χαμηλότερο επίπεδο. Οι λειτουργίες Blockcloud κωδικοποιούνται σε συναλλαγές στην υποκείμενη αλυσίδα συναλλαγών. Η αλυσίδα συναλλαγών αποθηκεύει τις συναλλαγές του δικτύου ως παγκόσμιο καθολικό (global ledger). [45], [49].

Είναι εύκολη η εναλλαγή από μία αλυσίδα συστοιχιών σε μία άλλη εφόσον υπάρχει συμβατότητα μεταξύ τους και ικανοποιούν τους περιορισμούς που έχουν τεθεί. Θεωρείται ότι η δυνατότητα μετάβασης από τη μια τεχνολογία στην άλλη είναι μια σημαντική σχεδιαστική επιλογή, καθώς επιτρέπει στο μεγαλύτερο σύστημα να επιβιώσει, ακόμη και όταν η τρέχουσα υποκείμενη αλυσίδα συστοιχιών βρίσκεται σε κίνδυνο [45]. Να σημειωθεί ότι η μετάβαση αυτή δεν είναι εύκολη.

(2) Στρώμα αλυσίδας υπηρεσιών: Πάνω από το πρώτο στρώμα (1) είναι μια αλυσίδα υπηρεσιών, η οποία ορίζει νέες λειτουργίες χωρίς να απαιτεί αλλαγές στην υποκείμενη αλυσίδα μπλοκ. Από τους κόμβους αυτούς, μόνο οι κόμβοι του Blockcloud γνωρίζουν αυτό το επίπεδο. Αντίθετα οι υποκείμενοι κόμβοι της αλυσίδας συστοιχιών είναι αγνωστικοί σε αυτό. Σε αυτό το επίπεδο (της αλυσίδας των υπηρεσιών), ορίζονται οι λειτουργίες του Blockcloud και κωδικοποιούνται σε έγκυρες συναλλαγές της αλυσίδας συστοιχιών ως πρόσθετα μεταδεδομένα. Οι κόμβοι της αλυσίδας μπλοκ βλέπουν τις ακατέργαστες συναλλαγές, αλλά όχι την λογική για την επεξεργασία. [45]

Οι κανόνες για την αποδοχή ή την απόρριψη λειτουργιών Blockcloud ορίζονται επίσης στην αλυσίδα υπηρεσιών, που είναι μια αλυσίδα προσδιορισμού και κατανάλωσης υπηρεσιών (π.χ. ο προσδιορισμός & κατανάλωση είναι διαφορετικές συναλλαγές) που προσφέρονται από τους παρόχους. [45]

(3) Στρώμα δρομολόγησης: Το Blockcloud διαχωρίζει την εργασία των αιτημάτων δρομολόγησης (δηλαδή, της παροχής ή της κατανάλωσης μίας υπηρεσίας) από την πραγματική παροχή της υπηρεσίας. Αυτό αποφεύγει την ανάγκη για το σύστημα να υιοθετήσει οποιαδήποτε συγκεκριμένη υπηρεσία διαχείρισης, η οποία περιλαμβάνει την παροχή ή την κατανάλωση μίας υπηρεσίας από την αρχή, και αντ' αυτού επιτρέπει σε πολλούς παρόχους υπηρεσιών να συνυπάρχουν, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων εμπορικής οντότητας και peer-to-peer συστημάτων [45]. Ο διαχωρισμός των υπηρεσιών γίνεται ανάλογα με τον πάροχο της υπηρεσίας.

(4) Στρώμα υπηρεσίας: Το ανώτερο επίπεδο είναι το επίπεδο υπηρεσιών, το οποίο εξυπηρετεί τις δικτυακές υπηρεσίες, που δρομολογήθηκαν από το προηγούμενο επίπεδο, το επίπεδο δρομολόγησης. Όλα τα ονόματα υπηρεσιών υπογράφονται από το κλειδί του αντίστοιχου κατόχου μιας υπηρεσίας, δηλαδή τις προσφερόμενες υπηρεσίες λογισμικού. Παρέχοντας υπηρεσίες δικτύου εκτός της αλυσίδας συναλλαγών, το Blockcloud επιτρέπει να παρέχεται οποιοδήποτε είδος υπηρεσίας IoT από έναν πάροχο, που φιλοξενούνται από μια ποικιλία συσκευών IoT. [45]

Οι βασικοί πυλώνες για την ορθή λειτουργία του Blockchain αναφέρονται παρακάτω στις 3 ακόλουθες υπο-ενότητες.

4.2.1. Απόδειξη υπηρεσίας (Proof - of – Services (PoS))

Στην πράξη, οι εκδότες υπηρεσιών πρέπει να πείσουν τους πελάτες τους ότι παρέχουν πραγματικά την υπηρεσία. Στο Blockcloud, εισάγεται μια νέα κατηγορία σχημάτων απόδειξης υπηρεσίας που επιτρέπει την απόδειξη ότι μια συγκεκριμένη υπηρεσία παρέχεται φυσικά στο δίκτυο όπως ανακοινώνεται [45]. Για την παροχή υπηρεσιών σε τεράστιους χρήστες, ολόκληρο το δίκτυο πρέπει να συνεισφέρει πόρους, όπως αποθήκευση, υπολογισμούς, εύρος ζώνης, δρομολόγηση και δεδομένα. Η αξιολόγηση των πόρων που συνεισφέρονται είναι ιστορικά ένα δύσκολο πρόβλημα. [45]

4.2.2. Μηχανές Κατάστασης

Το Blockcloud υποστηρίζει έξυπνα συμβόλαια εκτελώντας μηχανές κατάστασης στο επίπεδο της αλυσίδας υπηρεσιών. Το Blockcloud μπορεί να κατασκευάσει μια μηχανή κατάστασης μετά την επεξεργασία πληροφοριών από την υποκείμενη αλυσίδα συναλλαγών. Μια αλυσίδα υπηρεσιών αντιμετωπίζει τις συναλλαγές από την υποκείμενη

αλυσίδα μπλοκ ως εισόδους στη μηχανή κατάστασης και οι έγκυρες εισροές ενεργοποιούν αλλαγές κατάστασης. Ανά πάσα στιγμή, η μηχανή κατάστασης μπορεί να βρίσκεται σε μια και μόνο ακριβώς παγκόσμια κατάσταση. Ο χρόνος προχωρά καθώς η υποκείμενη αλυσίδα συστοιχιών εξελίσσεται και η παγκόσμια κατάσταση ενημερώνεται. Μια αλυσίδα υπηρεσιών μπορεί να εισαγάγει νέους τύπους μηχανών κατάστασης χωρίς να απαιτεί αλλαγές από την υποκείμενη αλυσίδα συστοιχιών. Επί του παρόντος, το Blockcloud εισάγει δύο μηχανές κατάστασης:

1) Μια μηχανή εξυπηρέτησης που αντιπροσωπεύει την παγκόσμια κατάσταση του συστήματος διαχείρισης υπηρεσιών, που ασχολείται με το ποιος παρέχει μια συγκεκριμένη υπηρεσία, αλλά και το πώς διοικούνται οι υπηρεσίες.

2) Μια μηχανή αγοράς που ταιριάζει με τους παρόχους υπηρεσιών και τους καταναλωτές, δηλαδή μια μηχανή ταιριάσματος απαιτήσεων και ικανοτήτων μέσω ενός αληθούς αλγόριθμου συνεχούς διπλής δημοπρασίας [45].

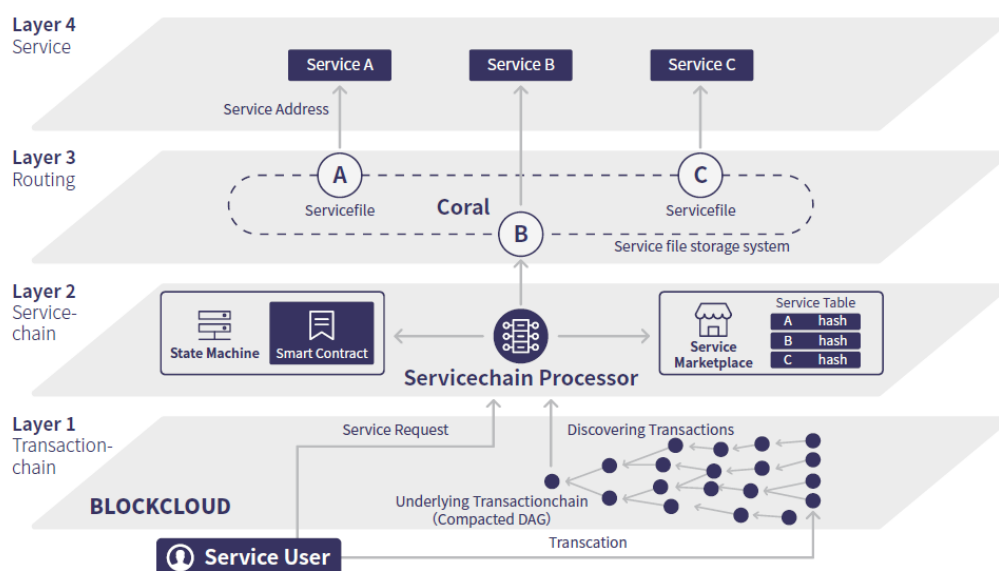
4.2.3. Αγορά

Το Blockcloud είναι μια αγορά (marketplace) που βασίζεται σε κίνητρα για Υπηρεσίες IoT. Οποιοσδήποτε μπορεί να δημοσιεύσει μια υπηρεσία στο Blockcloud και οποιοσδήποτε μπορεί να χρησιμοποιήσει μία υπηρεσία από το Blockcloud. Δεν υπάρχει συγκεκριμένο κεντροποιημένο τμήμα που να εμποδίζει κάποιον να το κάνει. Οι πάροχοι υπηρεσιών που συνεισφέρουν στο δίκτυο θα ανταμειφθούν με διακριτικά / μάρκες (tokens) για να σχηματίσουν μια θετική, αυτοαναπτυσσόμενη πλατφόρμα που συνεχίζει να εξελίσσεται από μόνη της [45].

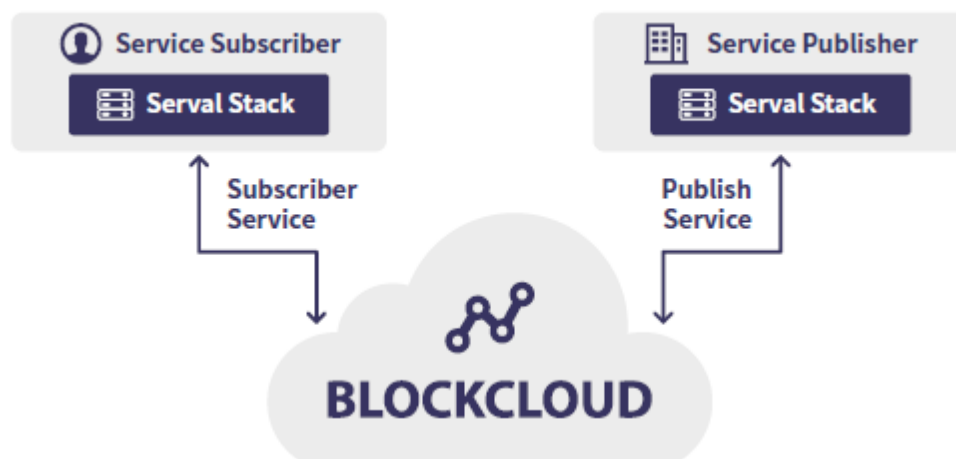
Το Blockcloud Marketplace είναι μια αποκεντρωμένη εφαρμογή της αλυσίδας συστοιχιών που βασίζεται στην ίδια την πλατφόρμα Blockcloud. Οι πάροχοι υπηρεσιών δημοσιεύουν υπηρεσίες στο Marketplace και οι χρήστες εγγράφονται σε υπηρεσίες από το Marketplace. [45].

Αυτές οι πληροφορίες θα βοηθήσουν τους χρήστες να αξιολογήσουν τις επαναχρησιμοποιήσιμες υπηρεσίες, αλλά δεν παύουν να είναι πληροφορίες μεγάλου όγκου - καλό θα ήταν να υπάρχουν μηχανισμοί δημιουργίας περίληψης των πληροφοριών ή οι πληροφορίες να επηρεάζουν την ποιότητα υπηρεσίας που δημοσιεύεται για την υπηρεσία. Στην δεύτερη περίπτωση, το Marketplace θα παρέχει μόνο εκείνες τις υπηρεσίες που ικανοποιούν τόσο τις λειτουργικές όσο και τις μη λειτουργικές απαιτήσεις του

χρήστη/πελάτη. Ένας μηχανισμός αγοράς για τον αποτελεσματικό προσδιορισμό των συναλλαγών υπηρεσιών πρέπει να καλύπτει τα ακόλουθα καθήκοντα [45], [53]. Πρώτον, πρέπει να προσδιοριστούν οι αγοραστές και οι πωλητές που θα επωφεληθούν από το εμπόριο. Δεύτερον, αυτοί οι αγοραστές και οι πωλητές πρέπει να ταιριάζουν έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα συνολικά κέρδη στο εμπόριο. Τρίτον, πρέπει να καθοριστεί μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε ταιριαστό ζεύγος αγοραστή-πωλητή. Θα πρέπει να υπάρχει ελευθερία στην τιμολόγηση της υπηρεσίας από τον πάροχο. Ειδικότερα, θα υπάρχει το βασικό κόστος της υπηρεσίας που ορίζεται από τον πάροχο καθώς και το έξτρα κόστος που αφορά το ίδιο το δίκτυο (όπως γίνεται δηλ. στην αλυσίδα συστοιχιών). [45], [55]



Εικόνα 25: Η Αρχιτεκτονική του Blockcloud [45].



Εικόνα 26: Υπηρεσίες δημοσίευσης και εγγραφής στο Blockcloud [45].

4.3. Κατηγοριοποίηση σχετικών άρθρων για την αλυσίδα συστοιχιών

Όπως έχει προαναφερθεί, η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών μπορεί να διευκολύνει την εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών και τη δια-οργανωσιακή συνεργασία με αυτοματοποιημένο τρόπο, χωρίς την εξάρτηση από τρίτους. Η αλυσίδα συστοιχιών επιτρέπει στους επιχειρηματικούς εταίρους ή στους ρυθμιστικούς φορείς να ελέγχουν τα βήματα της διαδικασίας ανά πάσα στιγμή. Τα δεδομένα που καταγράφονται από αυτές τις επιχειρηματικές διαδικασίες είναι μόνιμα διαθέσιμα και με τη βεβαιότητα ότι δεν έχουν γίνει τροποποιήσεις. Οι τεχνικές δυνατότητες της αλυσίδας συστοιχιών μπορούν να βοηθήσουν περαιτέρω στην επίλυση του ζητήματος εμπιστοσύνης που αντιμετωπίζουν οι εταιρείες που ασκούν κοινές επιχειρηματικές πρακτικές, καθώς υπάρχουν μη παραποιημένα αρχεία συναλλαγών [93].

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε και θα αξιολογήσουμε τις τρέχουσες τεχνικές λύσεις της αλυσίδας συστοιχιών που εφαρμόζονται στην BPM¹¹, όπως απεικονίζονται στην επιστημονική βιβλιογραφία.

Η BPM είναι ένα ευρύ πεδίο που καλύπτει πολλά υπό – πεδία. Οι Corey Lauster et al. εστιάζουν σε πτυχές εκτέλεσης αλλά και σε άλλες δραστηριότητες της διαχείρισης των επιχειρηματικών διαδικασιών που υποστηρίζεται από τις Μηχανές Επιχειρηματικών Διαδικασιών (Business Process Engines), όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από τον πίνακα που ακολουθεί [93].

¹¹ Business Process Management

Πίνακας 8: Παράγοντες και δυνατότητες της BPM [93].

| Στρατηγική Ευθυγράμμισης (Strategic Alignment) | Διακυβέρνηση (Governance) | Μέθοδοι (Methods) | Τεχνολογία της Πληροφορίας (Information Technology) | Άνθρωποι (People) | Κουλτούρα (Culture) | Παράγοντες (Factors) |
|--|--|---|---|---|--|--|
| Διαδικασία Βελτίωσης Σχεδιασμού (Process Improvement Planning) | Διαδικασία Διαχείρισης Λήψεων Αποφάσεων (Process Management Decision Making) | Διαδικασία Σχεδιασμού και Μοντελοποίησης (Process Design and Modeling) | Διαδικασία Σχεδιασμού και Μοντελοποίησης (Process Design and Modeling) | Διαδικασία Δεξιοτήτων και Ειδικευσης (Process Skills and Expertise) | Απόκριση στην Αλλαγή Διαδικασιών (Responsiveness to Process Change) | Πεδιότα Δυνατοτήτων (Capability Areas) |
| Στρατηγική και Διαδικασία Σύνδεσης Δυνατοτήτων (Strategy and Process Capability Linkage) | Διαδικασία Ρόλων και Ευθυνών (Process Roles and Responsibilities) | Διαδικασία Υλοποίησης και Εκτέλεσης (Process Implementation and Execution) | Διαδικασία Υλοποίησης και Εκτέλεσης (Process Implementation and Execution) | Διαδικασία Διαχείρισης Γνώσης (Process Management Knowledge) | Διαδικασία Αξιών και Πεποιθήσεων (Process Values and Beliefs) | |
| Διαδικασία Αρχιτεκτονικής Επιχειρηματικής (Enterprise Process Architecture) | Διαδικασία Μετρήσεων και Σύνδεσης Απόδοσης (Process Metrics and Performance Linkage) | Διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου (Process Monitoring and Control) | Διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου (Process Monitoring and Control) | Διαδικασία Μόρφωσης (Process Education) | Διαδικασία Συμπεριφορών και Στάσεων (Process Attitudes and Behaviors) | |
| Διαδικασία Μέτρων (Process Measures) | Διαδικασία Συσχέτισης Προτύπων (Process Related Standards) | Βελτίωση Διαδικασιών και Καινοτομία (Process Improvement and Innovation) | Βελτίωση Διαδικασιών και Καινοτομία (Process Improvement and Innovation) | Διαδικασία Συνεργασίας (Process Collaboration) | Ηγετική Διαδικασία (Leadership Attention to Process) | |
| Διαδικασία Πελατών και Διαδικασιών (Process Customers and Stakeholders) | Διαδικασία Συμμόρφωσης Διαχείρισης (Process Management Compliance) | Πρόγραμμα Διαδικασιών και Διαχείριση Έργων (Process Program and Project Management) | Πρόγραμμα Διαδικασιών και Διαχείριση Έργων (Process Program and Project Management) | Διαδικασία Διαχείρισης Αρχηγών (Process Management Leaders) | Διαδικασία Διαχείρισης Κοινωνικών Δικτύων (Process Management Social Networks) | |
| | | | | | | |

Η συστηματική βιβλιογραφική ανάλυση χωρίζεται σε τρία βήματα, από τα οποία το πρώτο βήμα, η αναζήτηση άρθρων, έχει ήδη ολοκληρωθεί στην προηγούμενη ενότητα. Τα άλλα δύο βήματα είναι:

1. Η ανάλυση και η αξιολόγηση της βιβλιογραφίας και
2. η ανάπτυξη μιας ερευνητικής αναφοράς για μελλοντικές μελέτες.

Το πρώτο βήμα υλοποιείται στην επόμενη ενότητα του τρέχοντος κεφαλαίου ενώ το δεύτερο βήμα στο επόμενο κεφάλαιο της τρέχουσας αναφοράς.

4.4. Ανάλυση και Αξιολόγηση

4.4.1. Ποιοτική ανάλυση

Με βάση την μελέτη και την ποιοτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, η έρευνα μπορεί να ομαδοποιηθεί σε πέντε κύριες θεματικές ομάδες όπου οι 4 πρώτες αφορούν την διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών και η τελευταία την διαχείριση υπηρεσιών ιστού, πάντοτε υπό το πρίσμα της χρήσης και εκμετάλλευσης της αλυσίδας συστοιχιών.

4.4.1.1. Δυνατότητες και Αρχιτεκτονική Βασιζόμενη στην Αλυσίδα Συστοιχίας

Πέντε δημοσιεύσεις επικεντρώνονται στη σύνοψη των προκλήσεων, των προσεγγίσεων λύσεων ή των δυνατοτήτων της αλυσίδας συστοιχιών στην εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών. [41], [69], [76], [77] και [87]

Οι Fredrik Milani et al., 2016 ασχολούνται με τις ευκαιρίες βελτίωσης επιχειρησιακής διαδικασίας παρέχει η τεχνολογία blockchain. Οι Jan Mendling et al., 2018 [41] περιγράφουν ποιες πιστεύουν ότι είναι οι κύριες νέες προκλήσεις και ευκαιρίες της τεχνολογίας blockchain για το BPM. Αυτό τους οδηγεί σε κατευθύνσεις για ερευνητικές δραστηριότητες για τη διερεύνηση τόσο των προκλήσεων όσο και των ευκαιριών. Παρέχουν ένα υπόβαθρο σχετικά με τις θεμελιώδεις έννοιες της τεχνολογίας blockchain και ένα ενδεικτικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται στις επιχειρησιακές διαδικασίες. Οι Orlenys Lopez-Pintado et al., 2017 προτείνουν ένα BPMS ανοιχτού κώδικα σχεδιασμένο από την αρχή, με στόχο να συνδυάσει την αναπτυξιακή ευκολία ενός BPMS μέσω του blockchain. Οι Paul Rimba et al., 2017 διερεύνησαν το κόστος χρήσης του blockchain χρησιμοποιώντας την επιχειρησιακή διαδικασία. Συγκεκριμένα, συγκρίνουν το κόστος για τον υπολογισμό και την αποθήκευση της εκτέλεσης επιχειρηματικών διαδικασιών σε blockchain χρησιμοποιώντας μια υπηρεσία cloud. Τέλος, οι Garcia-Banuelos et al., 2017 παρουσιάζουν μια μέθοδο για τη μεταγλώττιση ενός μοντέλου διεργασίας σε ένα έξυπνο συμβόλαιο που κωδικοποιεί τις προϋποθέσεις για την εκτέλεση κάθε εργασίας στη διαδικασία χρησιμοποιώντας μια βελτιστοποιημένη για το χώρο δομή δεδομένων.

Όσον αφορά τις δυνατότητες, η τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών προσφέρει τη δυνατότητα να μοντελοποιούνται μέσω αλγορίθμων και BPMN οι δια-οργανωσιακές διαδικασίες με τον ίδιο τρόπο όπως οι ενδοεπιχειρησιακές διαδικασίες [59]. Οι Viriyasitavat και Hoonsorop αναπτύσσουν αρχιτεκτονική που περιέχει τις βασικές τεχνολογίες και τις περιβαλλοντικές συνθήκες για την εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών στην αλυσίδα συστοιχιών [61]. Το κεντρικό στοιχείο αυτής της αρχιτεκτονικής είναι η συναίνεση Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) με έξυπνα συμβόλαια. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι ευανάγνωστα για μηχανές και ερμηνεύσιμα με ντετερμινιστικό και ξεκάθαρο τρόπο, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συμβόλαια, που επισημαίνονται από το [58].

4.4.1.2. Σχεδιασμός Διαδικασιών με Βάση την Αλυσίδα Συστοιχιών

Ορισμένα άρθρα επικεντρώνονται στη μοντελοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών στην αλυσίδα συστοιχιών και κάποια στην εκτέλεση των διαδικασιών. Το [62] αναφέρεται σε συνεργασία blockchain με Workflow Engine και αναπτύσσει μια αρχιτεκτονική ολοκλήρωσης που αλλάζει τον τρόπο λειτουργίας μίας αλυσίδας συστοιχιών και έτσι επιτρέπει σε εξωτερικές εφαρμογές, όπως μηχανές (εκτέλεσης) διαδικασιών, να επικοινωνούν με την αλυσίδα συστοιχιών. Μια περαιτέρω εργασία προσδιορίζει δύο στάδια για το συνδυασμό με πλατφόρμες αλυσίδας συστοιχιών [63].

Στο πρώτο στάδιο, η αλυσίδα συστοιχιών χρησιμεύει ως βιβλίο λογαριασμού, που αποθηκεύει πληροφορίες για την αναπαραγωγή συνεργατικών πειραμάτων. Δεύτερον, τα έξυπνα συμβόλαια χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση χορογραφιών και ρών εργασίας. Στην επόμενη δημοσίευση, διερευνάται ένα μοντέλο που βασίζεται στην αλυσίδα συστοιχιών που επιτρέπει την αυτοματοποιημένη επιβολή της συμμόρφωσης σε μια μεγάλη εταιρεία, κατανεμημένη σε πολλές χώρες [64]. Ειδικότερα, μέσω του μοντέλου αυτού, οι ελεγκτικές προσπάθειες απλοποιούνται και μπορούν να εφαρμοστούν αναδρομικά. Μια άλλη δημοσίευση παρουσιάζει ένα σύστημα πλαισίου που επιτρέπει σε χρήστες χωρίς ειδικές γνώσεις πληροφορικής να χρησιμοποιούν επιχειρηματικούς κανόνες ως έξυπνες συμβάσεις στο Hyperledger Blockchain [65]. Στο [66], έχει αναπτυχθεί ένα τεχνούργημα που αποτελείται από ένα διάγραμμα κλάσης Unified Modeling Language (UML) για τη χαρτογράφηση μεταξύ των επιχειρηματικών συναλλαγών και της αλυσίδας συστοιχιών.

Η Μεθοδολογία Σχεδιασμού και Μηχανικής (DEMO) συζητείται στο [67]. Εκεί, δημιουργούνται έξυπνα συμβόλαια από μοντέλα DEMO και αναπτύσσεται μια αρχιτεκτονική λογισμικού της αλυσίδας συστοιχιών. Η Μεθοδολογία Σχεδιασμού & Μηχανικής για Οργανισμούς (DEMO) είναι μια επιχειρησιακή μεθοδολογία για τη μοντελοποίηση συναλλαγών καθώς και την ανάλυση και αναπαράσταση επιχειρηματικών διαδικασιών. Επίσης, το DEMO είναι μια μεθοδολογία για το σχεδιασμό, την οργάνωση και τη σύνδεση οργανισμών. Κεντρική έννοια είναι η «επικοινωνιακή δράση»: η επικοινωνία θεωρείται απαραίτητη για τη λειτουργία των οργανισμών. Οι συμφωνίες μεταξύ εργαζομένων, πελατών και προμηθευτών δημιουργούνται πράγματι για επικοινωνία. Το ίδιο ισχύει και για την αποδοχή των παρεχόμενων αποτελεσμάτων. [68]

Η εννοιολόγηση των επιχειρηματικών μοντέλων υποστηρίζεται με αποκεντρωμένο τρόπο σε περαιτέρω δημοσίευση [86]. Εντός, διαμορφώνεται ένα μοντέλο δια-οργανωσιακών επιχειρηματικών διαδικασιών.

4.4.1.3. Εκτέλεση Διαδικασιών σε Αλυσίδα Συστοιχιών

Δώδεκα άρθρα αφορούν την τεχνική εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών στο blockchain. Το Open-Source BPMS με όνομα Caterpillar υποστηρίζει τη δημιουργία στιγμιότυπων από ένα μοντέλο διαδικασίας και επιτρέπει στο χρήστη να παρακολουθεί την ενδιάμεση κατάσταση των στιγμιότυπων διεργασιών καθώς και να εκτελεί εργασίες. Στο Caterpillar, το πεδίο εφαρμογής είναι το Ethereum Blockchain ενώ το ίδιο το σύστημα μπορεί να εκτελείται σε κάποια υποδομή (πχ. νέφους). Μάλιστα, οι ροές εργασίας εκτελούνται από έξυπνα συμβόλαια, τα οποία δημιουργούνται με έναν μεταγλωττιστή BPMN-to-Solidity [69]. Με βάση τον μεταγλωττιστή, BPMN-to-Solidity, έχει δημιουργηθεί ένα BPMS στην αλυσίδα συστοιχιών που χειρίζεται τις συνεργασίες μεταξύ των οργανισμών [70]. Επιπλέον, οι συγγραφείς ανέπτυξαν ένα μοντέλο για τη δυναμική ανάθεση ρόλων των συμμετεχόντων σε συνεργατικές διαδικασίες και τη σχετική γλώσσα προδιαγραφής πολιτικής δεσμεύσεως (BPSL) [71]. Το εργαλείο Lorikeet αναπτύχθηκε για την εφαρμογή επιχειρηματικών διαδικασιών στην αλυσίδα συστοιχιών, με σκοπό τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων. Το Lorikeet μπορεί να δημιουργήσει αυτόματα κώδικα έξυπνου συμβολαίου από προδιαγραφές που ορίζουν μια επιχειρηματική διαδικασία [72]. Το αμετάβλητο της αλυσίδας συστοιχιών επιτρέπει στους συμμετέχοντες να υπολογίζουν και να αποθηκεύουν ένα διαφανές ιστορικό λήψης αποφάσεων, δημιουργώντας μια αξιόπιστη

και επαληθεύσιμη βάση για την αποθήκευση βασικών βημάτων επιχειρηματικών διαδικασιών [73].

Εναλλακτικά, το ιστορικό συναλλαγών μπορεί να διαβαστεί με αναζήτηση τιμών κατακερματισμού, που δημιουργούνται μέσω έξυπνων συμβολαίων και αποθηκεύονται στο καθολικό (ledger) [74]. Οι Di Ciccio et al., 2018 διερευνούν μια εφαρμογή της αλυσίδας συστοιχιών Ethereum για την ενεργοποίηση της ιχνηλασιμότητας της διοργανωτικής επιχειρηματικής διαδικασίας, εστιάζοντας σε μια μελέτη σχετική με τον φαρμακευτικό τομέα.

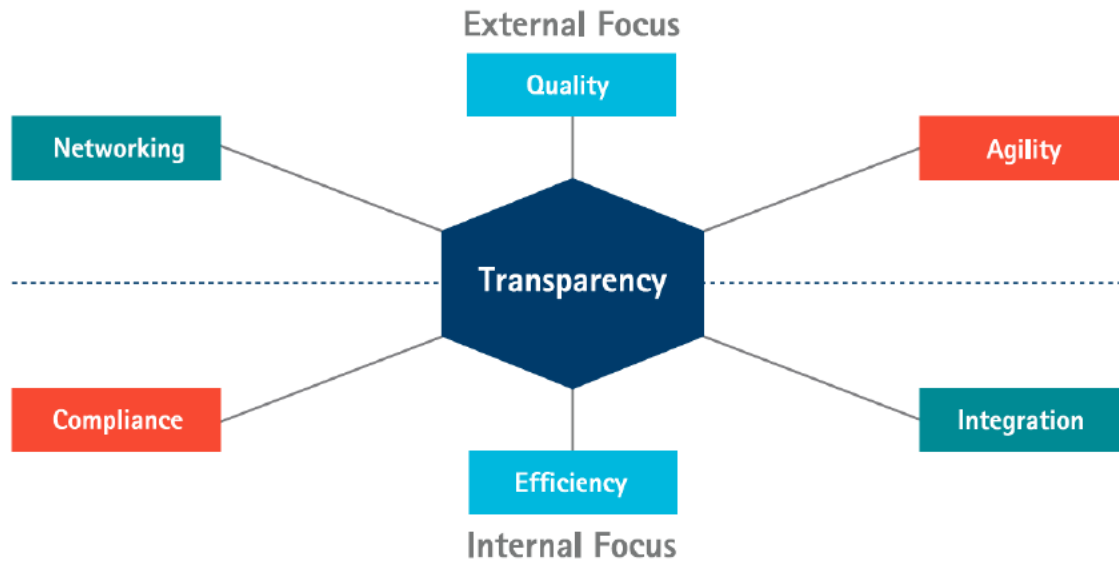
Η αξιοποίηση τεχνικών που μετατρέπουν τα μοντέλα επιχειρηματικών διαδικασιών σε διαγράμματα μετάβασης κατάστασης για συμμετέχοντες σε διαδικασίες σε αλυσίδα συστοιχιών, είναι μια άλλη περίπτωση χρήσης [75]. Το κόστος αρχικοποίησης των περιπτώσεων διαδικασίας, το κόστος εκτέλεσης μιας εργασίας χρησιμοποιώντας μια δομή δεδομένων εξοικονόμησης χώρου και βελτιωμένα στοιχεία χρόνου εκτέλεσης για μέγιστη απόδοση παρέχονται από το [76]. Οι Garcia-Banuelos et al., 2017 παρουσιάζουν μια μέθοδο για τη μεταγλώττιση ενός μοντέλου διαδικασίας BPMN σε ένα έξυπνο συμβόλαιο που ορίζεται στη γλώσσα Solidity – μια γλώσσα που υποστηρίζεται από το Ethereum και άλλες μεγάλες πλατφόρμες blockchain. Η ιδέα της μεθόδου είναι να μεταφράσει το μοντέλο διεργασίας BPMN σε ένα ελαχιστοποιημένο δίκτυο Petri και να μεταγλωττίσει αυτό το δίκτυο Petri σε ένα έξυπνο συμβόλαιο Solidity που κωδικοποιεί τη λειτουργία "πυροδότησης" του δικτύου Petri χρησιμοποιώντας μια βελτιστοποιημένη για το χώρο δομή δεδομένων.

Το κόστος λειτουργίας των επιχειρηματικών διαδικασιών συγκρίνεται με τις παραδοσιακές υπηρεσίες νέφους, υπολογίζοντας το κόστος εκτέλεσης έξυπνων συμβολαίων και αποθήκευσης των συναλλαγών, για να καθοριστεί ένα μοντέλο κόστους [77]. Οι Rimba et al., 2017, συγκρίνουν τις επιπτώσεις στο (νομισματικό) κόστος της εκτέλεσης επιχειρηματικών διαδικασιών σε μια αλυσίδα μπλοκ με μια δημοφιλή υπηρεσία cloud. Συγκεκριμένα, καταγράφουν τα μοντέλα κόστους για την εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών στο δημόσιο blockchain Ethereum καθώς και στην υπηρεσία Amazon Simple Workflow Service (SWF). Όσον αφορά την εμπιστοσύνη, η χορογραφία των διαδικασιών είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μην απαιτεί αξιόπιστο τρίτο μέρος [44], κάτι που

αναλύεται περαιτέρω όσον αφορά τον εμπιστευτικό χειρισμό δεδομένων κατά την εκτέλεση μιας επιχειρηματικής διαδικασίας [78].

4.4.1.4. Βελτίωση και Κόστος Διαδικασιών που Βασίζονται σε Αλυσίδα Συστοιχιών

Σύμφωνα με τους Fredrik Milani et al., 2016 τίθεται το ερώτημα, ποιες ευκαιρίες βελτίωσης επιχειρησιακής διαδικασίας παρέχει η τεχνολογία blockchain; Η απάντηση βασίζεται, στη χρήση του πλαισίου «value-driven BPM» (VBPM). Το πλαίσιο VBPM ταξινομεί την αξία που μπορεί να προσφέρει το BPM σε έναν οργανισμό σε επτά κατηγορίες (δείτε **Error! Reference source not found.**). Στο επίκεντρο αυτού του πλαισίου βρίσκεται η αξία «διαφάνειας» (transparency value), η οποία αναφέρεται στην ικανότητα του BPM να βοηθά τους ενδιαφερόμενους σε έναν οργανισμό να κατανοούν καλύτερα και να παρακολουθούν τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες. Μόλις επιτευχθεί η διαφάνεια, το BPM μπορεί να παραδώσει τιμή κατά μήκος τριών αξόνων, καθένας από τους οποίους αντιστοιχεί σε ένα ζεύγος τιμών. Ο πρώτος άξονας είναι το ζεύγος απόδοσης-ποιότητας που αντικατοπτρίζει μια ευρέως γνωστή διχοτόμηση μεταξύ της αποτελεσματικής εκπλήρωσης των αναγκών του πελάτη (ποιότητα) και του εξορθολογισμού των διεργασιών για την αποτελεσματική κάλυψη αυτών των αναγκών (π.χ. με ελάχιστο κόστος). Ο δεύτερος άξονας είναι το ζεύγος ευελιξίας-συμμόρφωσης και καταγράφει τη διχοτόμηση μεταξύ της δυνατότητας ταχείας προσαρμογής σε ένα μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον (ευελιξία) έναντι της διασφάλισης των διαδικασιών ώστε να διασφαλίζεται ότι συμμορφώνονται με τους σχετικούς κανονισμούς και πρότυπα. Ο τελικός άξονας (ζεύγος ολοκλήρωσης-δικτύωσης) συλλαμβάνει τη διπλή επιταγή για τους οργανισμούς να διατηρήσουν τα εσωτερικά τους συστήματα ενσωματωμένα προκειμένου να αποτρέψουν τα σιλό και να εκθέσουν αυτά τα συστήματα σε εξωτερικούς επιχειρηματικούς εταίρους προκειμένου να εκμεταλλευτούν επιχειρηματικές ευκαιρίες συνεργασίας.



Εικόνα 27: VBPM [87].

Οι Paul Rimba et al. 2017, διερεύνησαν τα παραπάνω τα ζητήματα στο πλαίσιο της επιχειρηματικής διαδικασίας με σκοπό να παρέχουν μια ενιαία προοπτική. Ενώ εξέτασαν την καθυστέρηση κατά τη χρήση της αλυσίδας μπλοκ για την αποστολή συναλλαγών κατά την εκτέλεση της επιχειρηματικής διαδικασίας και παρατήρησαν το συνολικό κόστος από την πραγματική χρήση. Οι Paul Rimba et al. 2017, σύγκριναν τις επιπτώσεις στο (νομισματικό) κόστος της εκτέλεσης επιχειρηματικών διαδικασιών σε μια αλυσίδα μπλοκ έναντι μιας δημοφιλούς υπηρεσίας cloud. Συγκεκριμένα, κατέγραψαν τα μοντέλα κόστους για την εκτέλεση επιχειρηματικών διαδικασιών στο δημόσιο blockchain Ethereum καθώς και στην υπηρεσία Amazon Simple Workflow Service (SWF). Αυτά τα μοντέλα κόστους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του κόστους υπό διαφορετικούς φόρτους εργασίας και ρυθμίσεις. Για να διασφαλιστεί ότι αποτυπώνουν το πραγματικό κόστος, εφαρμόσανε ένα μοντέλο διαδικασίας και για τις δύο πλατφόρμες και πραγματοποίησαν αντίστοιχα πειράματα για τη μέτρηση του πραγματικού κόστους. Αναλύοντας αυτά τα αποτελέσματα, σύγκριναν επίσης το κόστος εκτέλεσης επιχειρησιακής διαδικασίας σε blockchain έναντι cloud στο πειραματικό μας πλαίσιο, στο οποίο παρατηρήσαμε ότι το Blockchain κοστίζει δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερο από το SWF.

Το κόστος αρχικοποίησης των περιπτώσεων διαδικασίας, το κόστος εκτέλεσης μιας εργασίας χρησιμοποιώντας μια δομή δεδομένων εξοικονόμησης χώρου και βελτιωμένα στοιχεία χρόνου εκτέλεσης για μέγιστη απόδοση παρέχονται από το [76]. Το κόστος

λειτουργίας των επιχειρηματικών διαδικασιών συγκρίνεται με τις παραδοσιακές υπηρεσίες νέφους, υπολογίζοντας το κόστος εκτέλεσης έξυπνων συμβολαίων και αποθήκευσης των συναλλαγών, για να καθοριστεί ένα μοντέλο κόστους [77].

4.4.1.5. Διαδικτυακές Υπηρεσίες και αλυσίδα συστοιχιών

Σύμφωνα με τους Gagangeet Singh Auja et al. (2020) κατά την πανδημία του COVID19 αυξήθηκε η εξάρτησή μας από διαδικτυακές υπηρεσίες (από την κυβέρνηση, το ηλεκτρονικό εμπόριο/λιανικό εμπόριο και την ψυχαγωγία), που συχνά φιλοξενούνται σε εξωτερική υποδομή υπολογιστικού νέφους. Οι χρήστες αυτών των υπηρεσιών αλληλεπιδρούν με μια διεπαφή ιστού και όχι με τη μεγαλύτερη αλυσίδα παροχής κατανεμημένων υπηρεσιών που μπορεί να περιλαμβάνει μια διασυνδεδεμένη ομάδα παρόχων. Τα δεδομένα και η ταυτότητα των χρηστών παρέχονται συχνά στον πάροχο υπηρεσιών που μπορεί να τα κοινοποιήσει (ή να έχει συμφωνία αυτόματης κοινής χρήσης) με υπηρεσίες υποστήριξης (όπως διαφημίσεις και αναλυτικά στοιχεία). Οι Gagangeet Singh Auja et al. πρότειναν την ανάπτυξη της τεχνολογίας εφαρμογών cloud με επίγνωση της συμμόρφωσης, η οποία είναι σε θέση να βελτιώσει τη διαφάνεια της χρήσης προσωπικών δεδομένων – ιδιαίτερα σε σχέση με τον ευρωπαϊκό κανονισμό GDPR. Περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες συμμόρφωσης και οι αντιληπτές προκλήσεις υλοποίησης για την υλοποίηση αυτών των λειτουργιών στην τρέχουσα υποδομή cloud.

Σύμφωνα με τους Rikken et al. 2021, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες των υπηρεσιών ενδιαφέρονται εξίσου για τις νέες τεχνολογίες και τον αντίκτυπό τους στις βιομηχανίες, την κοινωνία, τις εταιρείες παροχής υπηρεσιών και τους πελάτες. Η τεχνολογία Blockchain όπως, έχει προαναφερθεί, είναι μια τεχνολογία κατανεμημένης λογιστικής με τη μορφή μιας κατανεμημένης βάσης δεδομένων συναλλαγών, που ασφαλίζεται με κρυπτογραφία και διέπεται από έναν μηχανισμό συναίνεσης, δηλαδή ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία δε διαχειρίζεται έναν κεντρικό διακομιστή, αλλά περιγράφει ένα δίκτυο peer-to-peer (P2P) στο οποίο οι αποκεντρωμένοι κόμβοι διατηρούν αντίγραφα όλων των συναλλαγών σε ένα δίκτυο. Η τεχνολογία αυτή, όπως είναι γνωστό έχει φέρει επανάσταση σε ένα ευρύ πεδίο βιομηχανιών και εφαρμογών, όπως το peer-to-peer εμπόριο ενέργειας, αποθήκευση και κοινή χρήση ηλεκτρονικών αρχείων υγείας ασθενών και διαχείριση ταυτότητας με υποστήριξη blockchain. Ενώ ο αριθμός των νεοφυών επιχειρήσεων blockchain και των μεγάλων εταιρειών που εφαρμόζουν blockchain όλο και αυξάνεται, η επιστημονική έρευνα

επικεντρώνεται κυρίως σε θεματικά πεδία της επιστήμης και μηχανικής υπολογιστών, ενώ εξακολουθεί να υπάρχει ελάχιστη διοικητική καθοδήγηση. Το συγκεκριμένο θέμα αποτελεί ένα βασικό μειονέκτημα που οι Rikken et al. 2021, προσπαθούν, μέσα από ενδελεχή και διεπιστημονική έρευνα να μελετήσουν. Επικεντρώνονται, κυρίως στην έρευνα διαχείρισης υπηρεσιών, καθώς οι εφαρμογές blockchain ισχύουν κατά κύριο λόγο σε κλάδους υπηρεσιών όπως οι χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, η υγειονομική περίθαλψη, το εμπόριο ενέργειας και η ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Αυτές οι εφαρμογές αναμένεται να έχουν ισχυρό αντίκτυπο στις εταιρείες παροχής υπηρεσιών και στους πελάτες.

Οι μετά τη σχετικών άρθρων αποκάλυψαν ότι η έρευνα υπηρεσιών σχετικά με την τεχνολογία blockchain μέχρι σήμερα έχει επικεντρωθεί σε τέσσερα κύρια θέματα: (1) απόφαση υιοθέτησης και εφαρμογής του οργανισμού, (2) στάση και συμπεριφορά των καταναλωτών, (3) επιρροή π.χ. στα επιχειρηματικά μοντέλα και υπηρεσίες βιομηχανίες, και (4) αρχιτεκτονική. Τα προτεινόμενα θέματα είναι μια μη εξαντλητική λίστα θεμάτων, η οποία μπορεί να επεκταθεί σε μελλοντική έρευνα για να συμπεριλάβει περαιτέρω σχετικά θέματα υπηρεσιών, όπως οικοσυστήματα υπηρεσιών, ποιότητα υπηρεσιών ή εμπειρία πελάτη σε υπηρεσίες ή εφαρμογές blockchain.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Ερευνητικά κενά - Μελλοντική έρευνα

Υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να επιλυθούν πριν η τεχνολογία χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα στις επιχειρήσεις, όπως είναι για παράδειγμα η επεκτασιμότητα και το κόστος. Τα εμπιστευτικά δεδομένα, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεση ορισμένων διαδικασιών, μπορούν να προβληθούν από όλους, αν η αλυσίδα συστοιχιών είναι δημόσια, ή από ορισμένους αν πρόκειται για ιδιωτική αλυσίδα συστοιχιών, και ως εκ τούτου μπορεί να παραβιαστούν οι νόμοι περί απορρήτου ή να διαρρεύσουν δεδομένα εσωτερικών διεργασιών σε ανεπιθύμητους φορείς [60].

Σύμφωνα με τους Rikken et al. 2021, ενώ η διαφάνεια είναι ένας από τους βασικούς μοχλούς για την υιοθέτηση και ανάπτυξη του blockchain, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές προκλήσεις που απαιτούν περαιτέρω έρευνα. Για παράδειγμα, σε ποιους κλάδους υπηρεσιών η διαφάνεια είναι πιο συνετή; Πότε είναι ισχυρότερα/ασθενέστερα τα αποτελέσματά του; Σε ποιο βαθμό η διαφάνεια έχει αρνητικές επιπτώσεις; Από την πλευρά των πελατών, πώς θα επηρεάσει η διαφάνεια τη συμπεριφορά τους; Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα εστιατόρια, την υγειονομική περίθαλψη και τις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες όπου η διαφάνεια είναι σημαντική. Η διαφάνεια που βασίζεται σε blockchain έχει διαφορετικό ή/και ισχυρότερο αντίκτυπο στη συμπεριφορά των καταναλωτών σε σύγκριση με τις καθιερωμένες ετικέτες και πιστοποιήσεις; Είναι διατεθειμένοι οι καταναλωτές να πληρώσουν υψηλότερη τιμή όταν τους παρέχεται πλήρης διαφάνεια;

Οι αλυσίδες μπλοκ θα αλλάξουν θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουμε τις συναλλαγές γενικά, και συνεπώς τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί διαχειρίζονται τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες στο δίκτυό τους. Η ανάλυση σχετικά με τις προκλήσεις σε σχέση με τον κύκλο ζωής της διαχείρισης επιχειρηματικών διαδικασιών BPM και πέραν αυτού οδηγεί στις παρακάτω κύριες μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας [41], [93], [107].

Πιο συγκεκριμένα:

1. Ανάπτυξη ενός εκτεταμένου συστήματος εκτέλεσης και παρακολούθησης διαδικασιών στην αλυσίδα συστοιχιών, αφού κάθε τρέχων σύστημα εστιάζει σε μία από τις δύο αυτές λειτουργίες. Η έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα πρέπει να αποδείξει τη σκοπιμότητα χρήσης αλυσίδας συστοιχιών για πληροφοριακά

συστήματα με επίγνωση της διαδικασίας (process – aware information systems). Μεταξύ άλλων, απαραίτητες είναι η επιστήμη του σχεδιασμού και η μηχανική αλγορίθμων, καθώς και πληροφορίες από τη μηχανική λογισμικού και τα κατανεμημένα συστήματα [41].

2. Επινόηση νέων μεθόδων ανάλυσης και μηχανικής επιχειρησιακών διαδικασιών που βασίζονται στην τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών. Η έρευνα σε αυτόν το θεματικό τομέα θα πρέπει να διερευνήσει πώς μπορούν να προσδιοριστούν και να αναπτυχθούν αποτελεσματικά οι διαδικασίες που βασίζονται σε αλυσίδας συστοιχιών. Ο προσδιορισμός δε θα πρέπει να είναι ο παραδοσιακός και θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες σωστής μετάφρασης των μοντέλων των διαδικασιών σε έξυπνα συμβόλαια στην αλυσίδα συστοιχιών. Η μετάφραση μπορεί να χρειάζεται κάποιο είδος καθοδήγησης μέσω χρήσης κατάλληλων στολισμών στο μοντέλο της επιχειρησιακής διαδικασίας, ενώ θα πρέπει να λαμβάνει και απαιτούμενα σε λειτουργικά χαρακτηριστικά. Μεταξύ άλλων, θα απαιτηθούν επίσημες μέθοδοι έρευνας και επιστήμη σχεδιασμού για τη μελέτη αυτού του θέματος, καθώς και πληροφορίες από τη μηχανική λογισμικού και τις βάσεις δεδομένων [41].
3. Επανασχεδιασμός διαδικασιών για την αξιοποίηση των ευκαιριών που παρέχονται από τη αλυσίδα συστοιχιών. Η έρευνα σε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να διερευνήσει πώς η αλυσίδα συστοιχιών μπορεί να επιτρέψει την επανεξέταση συγκεκριμένων διαδικασιών και τη συνεργασία με εξωτερικούς ενδιαφερόμενους φορείς. Μεταξύ άλλων, εδώ θα απαιτηθεί η επιστήμη του σχεδιασμού, αλλά και πληροφορίες από τη διαχείριση λειτουργιών [41]. Να σημειωθεί πως η κατεύθυνση αυτή μοιάζει με την επινόηση νέων μεθόδων ανάλυσης και μηχανικής επιχειρηματικών διαδικασιών που βασίζονται στην τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών. Διότι εφόσον είναι γνωστό πως θα πρέπει να μοντελοποιείται σωστά μια blockchain-based διαδικασία, τότε το re-engineering υπαρχόντων διαδικασιών θα είναι εύκολη διαδικασία. Ίσως η πρόκληση να είναι πως γίνεται αυτόματα αυτό το re-engineering/re-modelling των υπαρχόντων διαδικασιών.
4. Καθορισμός κατάλληλων μεθόδων εξέλιξης και προσαρμογής, της διαδικασίας (που να καλύπτει όλες τις δραστηριότητες διαχείρισής της). Η έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα πρέπει να διερευνήσει τις πιθανές εγγυήσεις επιτυχίας, οι οποίες, που μπορούν

να παρασχεθούν δυνητικά επί του για ορισμένους τύπους εξέλιξης και προσαρμογής. Μεταξύ άλλων, εδώ θα απαιτηθούν επίσημες μέθοδοι έρευνας αλλά και πληροφορίες από τη θεωρητική επιστήμη των υπολογιστών [41].

5. Ανάπτυξη τεχνικών για τον εντοπισμό, την ανακάλυψη και την ανάλυση σχετικών διαδικασιών για την υιοθέτηση της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών. Η έρευνα για αυτό το θέμα θα πρέπει να διερευνήσει ποια χαρακτηριστικά της αλυσίδας συστοιχιών ως τεχνολογίας πληρούν καλύτερα τις απαιτήσεις συγκεκριμένων διαδικασιών. Μεταξύ άλλων, θα απαιτηθούν εμπειρικές μέθοδοι έρευνας και επιστήμης σχεδιασμού επίσης απαραίτητες είναι και οι πληροφορίες από την έρευνα επιστήμης διαχείρισης [41].
6. Κατανόηση του αντίκτυπου στη στρατηγική και τη διακυβέρνηση της αλυσίδας συστοιχιών, ιδίως όσον αφορά τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα και μοντέλα διακυβέρνησης που επιτρέπονται από την επαναστατική καινοτομία που βασίζεται στην αλυσίδα συστοιχιών. Η έρευνα σε αυτόν το θεματικό τομέα θα πρέπει να μελετήσει ποιες διαδικασίες σε ένα εταιρικό περιβάλλον θα μπορούσαν να υπερρογανωθούν διαφορετικά χρησιμοποιώντας την αλυσίδα συστοιχιών και ποιες συνέπειες έχει αυτό. Μεταξύ άλλων, θα απαιτηθούν εμπειρικές ερευνητικές μέθοδοι για τη διερεύνηση αυτού του θέματος, καθώς επίσης και πληροφορίες από την επιχειρησιακή έρευνα [41].
7. Οι ευκαιρίες που δημιουργούνται για τη BPM από την τεχνολογία της αλυσίδας συστοιχιών είναι τεράστιες, αλλά η έρευνα σχετικά με την πρακτική εφαρμογή σε σενάρια πραγματικού κόσμου εξακολουθεί να είναι περιορισμένη. Η μελέτη των Corey Lauster et al. μας δείχνουν ότι ένας μεγάλος βαθμός βιβλιογραφίας ασχολείται με πρωτότυπες υλοποιήσεις και θεωρητικές κατασκευές που δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί σε πραγματικές επιχειρηματικές διαδικασίες και σε πραγματικά περιβάλλοντα. Παρά το γεγονός αυτό, η ανάλυση της τεχνολογικής κατάστασης αποκαλύπτει έναν μεγάλο βαθμό μοντέλων αρχιτεκτονικής επιχειρηματικών διαδικασιών, που μπορούν να εφαρμοστούν σε αλυσίδα συστοιχιών, κυρίως βασισμένα στο Ethereum. [93]
8. Η μελέτη των Corey Lauster et al. υποδεικνύει μια σαφή έλλειψη άρθρων που σχετίζονται με το απόρρητο στο ερευνητικό πεδίο. Ενώ υπάρχουν ήδη λύσεις

απορρήτου [83, 84], είναι περιορισμένες ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής ή το κόστος τους και συνοδεύονται από σημαντικούς περιορισμούς που οδηγούν σε συμβιβασμό στον σχεδιασμό έξυπνων συμβολαίων. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να ασχοληθεί με αυτό το θέμα πιο διεξοδικά. Επίσης, είναι ήδη εμφανείς υποσχόμενες εξελίξεις στην ανάλυση των αρχείων καταγραφής συμβάντων έξυπνων συμβολαίων για την επακόλουθη εξόρυξη διεργασιών συστημάτων αλυσίδας συστοιχιών. [93]

9. Η αρχιτεκτονική λογισμικού ασχολείται με τις αντισταθμίσεις μεταξύ μη λειτουργικών ποιοτήτων στο σχεδιασμό συστημάτων λογισμικού. Οι Bass et al. 2012, περιγράφουν πολλές μη λειτουργικές ιδιότητες για την αρχιτεκτονική, συμπεριλαμβανομένου του κόστους και της επεκτασιμότητας, και συζητούν τη σημασία των αναλύσεων ανταλλαγής (trade – off analyses). Το (νομισματικό) κόστος εκτέλεσης και αποθήκευσης είναι σημαντικές μη λειτουργικές ιδιότητες για τα συστήματα, αλλά υπάρχει πολύ λίγη ανάλυσή τους για το blockchain. Οι αλυσίδες μπλοκ επιτρέπουν την αποκεντρωμένη εμπιστοσύνη στην αποθήκευση και την εκτέλεση, αλλά μπορεί να φέρουν αντισταθμίσεις για το κόστος εκτέλεσης και την καθυστέρηση. [108]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, εντοπίστηκαν περισσότερες από 200 πρόσφατες δημοσιεύσεις που σχετίζονται με λέξεις κλειδιά που συνδέουν τα θέματα αλυσίδας συστοιχιών και BPM, εκ των οποίων οι 38 επιλέχθηκαν τελικά ως σχετικές. Μια ποσοτική ανάλυση επιβεβαιώνει μια αναδυόμενη τάση στο θέμα της συγχρονικής έρευνας τα τελευταία τρία χρόνια. Στη συνέχεια, η ποιοτική ανάλυση προσδιορίζει και ομαδοποιεί τις σχετικές εργασίες σε πέντε θεματικές ομάδες, όπου οι 4 πρώτες αφορούν την διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών και η τελευταία την διαχείριση υπηρεσιών ιστού, δηλαδή τομείς εφαρμογής και προκλήσεις, αρχιτεκτονική και σχεδιασμός διεργασιών και δημοσιεύσεις που σχετίζονται με την εκτέλεση διεργασιών. Οι ευκαιρίες που δημιουργούνται για τη BPM από την τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών είναι τεράστιες, αλλά η έρευνα σχετικά με την πρακτική εφαρμογή σε σενάρια πραγματικού κόσμου εξακολουθεί να είναι περιορισμένη. Τα ευρήματά μας δείχνουν ότι ένας μεγάλος βαθμός βιβλιογραφίας ασχολείται με πρωτότυπες υλοποιήσεις και θεωρητικές κατασκευές που δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί σε πραγματικές επιχειρηματικές διαδικασίες σε πραγματικά περιβάλλοντα. Παρά το γεγονός αυτό, η ανάλυση της τεχνολογικής κατάστασης αποκαλύπτει έναν μεγάλο βαθμό μοντέλων αρχιτεκτονικής επιχειρηματικών διαδικασιών, που μπορούν να εφαρμοστούν σε αλυσίδα συστοιχιών, κυρίως βασισμένα στο Ethereum.

Τα ευρήματά μας υποδεικνύουν μια σαφή έλλειψη άρθρων που σχετίζονται με το απόρρητο στο ερευνητικό πεδίο. Ενώ υπάρχουν ήδη λύσεις απορρήτου [84, 85], είναι περιορισμένες ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής ή το κόστος τους και συνοδεύονται από σημαντικούς περιορισμούς που οδηγούν σε συμβιβασμό στον σχεδιασμό έξυπνων συμβολαίων. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να ασχοληθεί με αυτό το θέμα πιο διεξοδικά. Αναφερθήκαμε σε δύο με τρεις προκλήσεις που επισημάνθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, τις οποίες κρίναμε πιο σημαντικές και σε και σε περισσότερες ερευνητικές κατευθύνσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. doxee.com, “Blockchain, when and why to use it in business processes”, <https://www.doxee.com/blog/electronic-invoicing/blockchain-when-and-why-to-use-it-in-business-processes/>
2. Δημήτρης Μαλλάς - CNN Greece, “Τι είναι το blockchain και γιατί είναι τόσο σημαντικό”, 2018, <https://www.cnn.gr/oikonomia/story/117710/ti-einai-to-blockchain-kai-giati-einai-toso-simantiko>
3. Hellenic Blockchain Hub, “Τι Είναι Η Τεχνολογία Blockchain”, <https://www.blockchain.org.gr/home/mathe/>
4. KRIPTOMAT, “Τι Είναι η Τεχνολογία Blockchain και Πώς Λειτουργεί;”, 2024, <https://kriptomat.io/gr/blockchain/ti-einai-i-blockchain-technologia/>
5. papaki.com, “Blockchain: Τι είναι, πώς λειτουργεί και πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί;”, <https://www.papaki.com/blog/2023/01/10/blockchain-ti-einai/>
6. DHL Trend Research. (2018). BLOCKCHAIN IN LOGISTICS. DHL Customer Solutions & Innovation.
7. Euro2day.gr, “Πώς το blockchain εισβάλλει στην καθημερινότητά μας”, <https://www.euro2day.gr/investments/crypto/article/1677394/pos-to-blockchain-eisvalei-sthn-kathmerinothta-ma.html>
8. Η Ναυτεμπορική, “Η τεχνολογία Blockchain, οι εφαρμογές της και οι νομικές πτυχές της”, 2018, <https://www.naftemporiki.gr/opinion/516834/i-technologia-blockchain-oi-efarmoges-tis-kai-oi-nomikes-ptyches-tis/>
9. Έκθεση ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ 2020, Ψηφιακός μετασχηματισμός και μικρές επιχειρήσεις
10. David Lee Chaum, Computer Systems Established, Maintained and Trusted by Mutually Suspicious Groups, University of California, Berkeley, 1982.

11. Stuart Haber & W. Scott Stornetta, How to time-stamp a digital document, *Journal of Cryptology* volume 3, pages99–111 (1991).
12. Thewegate.net, “What is a Peer-to-Peer Network (P2P) about?”, 2022, <https://thewegate.net/what-is-a-peer-to-peer-network-p2p-about-simplified/>
13. Δουληγέρης, Χ., & Μητρόπουλος, Σ. (2015). ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΙΣΤΟΥ [Κεφάλαιο]. Στο Δουληγέρης, Χ., & Μητρόπουλος, Σ. 2015. Πληροφοριακά συστήματα στο διαδίκτυο [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://hdl.handle.net/11419/3978>
14. W. Iverson (2004), *Real World Web Services*, O’Reilly.
15. J. Snell, D. Tidwell και P. Kulchenko (2001), *Programming Web Services with SOAP*, O’Reilly.
16. E. Newcomer (2002), *Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI*, Addison Wesley.
17. D. Hunter, K. Cagle, C. Dix κ.ά. (2001), *Beginning XML*, David Wrox Press.
18. E. Cerami (2002), *Web Services Essentials: Distributed Applications with XMLRPC, SOAP, UDDI & WSDL*, O’Reilly.
19. S. Graham, S. Simeonov, D. Davis κ.ά. (2004), *Building Web Services with Java: Making Sense of XML, SOAP, WSDL, and UDDI*, Sams Publishing.
20. F. Curbera, M. Dufler κ.ά. (2002), «Unraveling the Web Services Web: An Introduction to SOAP, WSDL, and UDDI», *IEEE Internet Computing*, τόμ. 6, τχ.2, σ. 86-93.

21. S. Weerawarana, F. Curbera κ.ά. (2005), Web Services Platform Architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging, and More, Prentice Hall PTR.
22. «D. Carlson: Modeling the UDDI schema with UML», διαθέσιμο στο <http://XMLmodeling.com/>.
23. R. Englander (2002), Java and Soap, O'Reilly.
24. «Building Web Services with JAX-WS», διαθέσιμο στο <https://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/gijqy.html>.
25. «How to Create JAX-WS Web Services Using Eclipse», διαθέσιμο στο <http://www.pretechsol.com/2013/06/jax-ws-web-services-usingeclipse.html#.VWGovkYrqzU>.
26. «What Are RESTful Web Services?», διαθέσιμο στο <https://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/gijqy.html>.
27. «Java Restful Web Services Simple Example», διαθέσιμο στο <http://www.pretechsol.com/2013/06/java-restful-web-services-simpleexample.html#.VWHi6kYrqzU>.
28. Πέτρου Πέτρος, Διπλωματική εργασία, «Υπηρεσίες ιστού και εφαρμογές», Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρονικής και υπολογιστών, Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Πάτρα Ιούνιος 2015.
29. Βαρβούτας Κωνσταντίνος, Πτυχιακή εργασία, «Βελτιστοποίηση Επιχειρησιακών Διαδικασιών», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Πληροφορικής, Θεσσαλονίκη 2018.

30. M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, Hajo A. Reijers. *Fundamentals of Business Process Management*
31. K. Bhattacharya, Richard Hull, Jianwen Su. *A Data-Centric Design Methodology for Business Processes*
32. J. vom Brocke, C. Sonnenberg. *Computing Handbook: Information Systems and Information Technology, Third Edition, Chapter 26, Business Process Management and Business Process Analysis*
33. V. Stiehl, *Process-Driven Applications with BPMN*
34. M.H. Jansen-Vullers, M.W.N.C. Looschilder, P.A.M. Kleingeld, and H.A. Reijers. *Performance Measures to evaluate the impact of Best Practices*
35. G. Kougka, A. Gounaris. “Optimization of Data-intensive Flows Is it Needed? Is it Solved?”
36. A. Simitsis, P. Vassiliadis, and T. K. Sellis. State-space optimization of etl workflows. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 17(10):1404–1419, 2005.
37. N. Kumar and P. S. Kumar. An efficient heuristic for logical optimization of etl workflows. In *BIRTE*, volume 84 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, pages 68–83. Springer, 2010.
38. Ramana Yerneni, Chen Li, Jeffrey D. Ullman, and Hector Garcia-Molina. Optimizing large join queries in mediation systems. In *ICDT*, pages 348–364, 1999
39. Αδαμαντία Πατέλη, «Στρατηγική και Διοίκηση Π.Σ., Ευθυγράμμιση Π.Σ. με Επιχειρηματικές Λειτουργίες και Διαδικασίες», Πανεπιστήμιο Ιονίου, Κέρκυρα 2021.

<https://opencourses.ionio.gr/modules/document/file.php/DDI152/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%99%CE%A3/Lecture%2005%20-%20Business%20Processes.pdf>

40. Weerawarana, S., Curbera, F., Leymann, F., Storey, T., F. Ferguson, D. (2008) Αρχιτεκτονική Πλατφόρμα Υπηρεσιών Ιστού. Αθήνα, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

41. Jan Mendling, Ingo Weber, Wil van der Aalst, Jan vom Brocke, Cristina Cabanillas, Florian Daniel, Soren Debois, Claudio Di Ciccio, Marlon Dumas, Schahram Dustdar, Avigdor Gal Luciano, Garcva-Bapuelos, Guido Governatori, Data61, CSIRO, Brisbane, Richard Hull, Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities, ACM Transactions on Management Information Systems, Vol. 9, No. 0, Article 0. Publication date: 2018.

42. Michael Nofer, Peter Gomber, Oliver Hinz, and Dirk Schiereck. 2017. Blockchain. Business & Information Systems Engineering 59, 3 (2017), 183–187. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3>

43. M. Staples, S. Chen, S. Falamaki, A. Ponomarev, P. Rimba, A. B. Tran, I.Weber, X. Xu, and L. Zhu. 2017. Risks and opportunities for systems using blockchain and smart contracts. Technical Report. Data61 (CSIRO), Sydney.

44. Ingo Weber, Xiwei Xu, Regis Riveret, Guido, Alexander Ponomarev, and Jan Mendling. 2016. Untrusted Business Process Monitoring and Execution Using Blockchain. In Business Process Management - 14th International Conference, BPM 2016, Rio de Janeiro, Brazil, September 18-22, 2016. Proceedings (Lecture Notes in Computer Science), Vol. 9850. Springer, 329–347.

45. Zhongxing Ming, Shu Yangy, Qi Li, Dan Wangz, Mingwei Xu, Ke Xu, Blockcloud: Empowering IoT Through a Service-centric Blockchain, Dept. of Comp. Sci. & Tech., Tsinghua Univ., Tsinghua National Laboratory for Information Science and Technology, 2017.

46. E. Nordstrom, D. Shue, P. Gopalan, R. Kiefer, M. Arye, S. Ko, J. Rexford, and M. Freedman, "Serval: An end-host stack for servicecentric networking," in 9th USENIX/ACM Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI), 2012.
47. A. Ghodsi, T. Koponen, B. Raghavan, S. Shenker, S. A, and W. J, "Information-centric networking: Seeing the forest for the trees," in Hotnets'11, 2011.
48. M. Freedman, E. Freudenthal, and D. Mazires, "Democratizing content publication with coral," in 1st USENIX/ACM Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI), 2004.
49. S. Yang, Z. Ming, D. Pan, K. Xu, and D. Wang, "An efficient and secure blockchain protocol for internet of things," in Blockcloud Consensus Technical Report, 2018.
50. S. Popov, "The tangle version 1.3," in IOTA White Paper, 2017.
51. Z. Ming, M. Xu, C. Xia, D. Li, and D. Wang, "Siona: A service and information oriented network architecture," in Journal of Network and Computer Applications, 2014, pp. 80–91.
52. Z. Ming, J. Ubillos, and M. Xu, "Name-based shim6: a name-based approach to host mobility," SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev., vol. 15, no. 4, 2012.
53. D. Freedman, "The double auction institution: A survey," in Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, 1993, pp. 3–25.
54. P. Vytelingum, D. Cliff, and J. N. R, "Strategic bidding in continuous double auctions," in Elsevier Artificial Intelligence, vol. 172, 2008, pp.1700–1729.
55. Z. Ming, M. Xu, N. Wang, B. Gao, and Q. Li, "Towards a truthful auction for user data allowance trading in mobile networks," in 37th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS),2017.

56. Lin, I.-C., Liao, T.-C.: A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. *I. J. Network Security* 19, 653–659 (2017)
57. Xu, X., Weber, I., Staples, M.: *Architecture for Blockchain Applications* (2019)
58. Norta, A.: Designing a Smart-Contract Application Layer for Transacting Decentralized Autonomous Organizations. In: Singh, M., Gupta, P.K., Tyagi, V., Sharma, A., Oren, T., Grosky, W. (eds.) *Advances in Computing and Data Sciences*, 721, pp. 595–604. Springer Singapore, Singapore (2017)
59. Carminati, B., Ferrari, E., Rondanini, C.: Blockchain as a Platform for Secure Inter-Organizational Business Processes. In: *IEEE 4th International Conference*, pp. 122–129 (2018)
60. Mendling, J.: Towards Blockchain Support for Business Processes. In: Shishkov, B. (ed.) *Business Modeling and Software Design*, 319, pp. 243–248. Springer International Publishing, Cham (2018)
61. Viriyasitavat, W., Hoonsopon, D.: Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration* 13, 32–39 (2019)
62. Falazi, G., Hahn, M., Breitenbucher, U., Leymann, F.: Modeling and execution of blockchain-aware business processes. *SICS Software-Intensive Cyber-Physical Systems* 34, 105–116 (2019)
63. Karastoyanova, D., Stage, L.: Towards Collaborative and Reproducible Scientific Experiments on Blockchain. In: Matulevičius, R., Dijkman, R. (eds.) *Advanced Information Systems Engineering Workshops*, pp. 144–149. Springer International Publishing, Cham (2018)

64. Zhang, W., Yuan, Y., Hu, Y., Nandakumar, K., Chopra, A., Sim, S., Caro, A. de: Blockchain-Based Distributed Compliance in Multinational Corporations' Cross- Border Intercompany Transactions. In: Arai, K., Kapoor, S., Bhatia, R. (eds.) *Advances in Information and Communication Networks*, pp. 304–320. Springer International Publishing, Cham (2019)
65. Astigarraga, T., Chen, X., Chen, Y., Gu, J., Hull, R., Jiao, L., Li, Y., Novotny, P.: Empowering Business-Level Blockchain Users with a Rules Framework for Smart Contracts. In: Pahl, C., Vukovic, M., Yin, J., Yu, Q. (eds.) *Service-Oriented Computing*, pp. 111–128. Springer International Publishing, Cham (2018)
66. Silva, D., Guerreiro, S., Sousa, P.: Decentralized Enforcement of Business Process Control Using Blockchain. In: Aveiro, D., Guizzardi, G., Guerreiro, S., Guedria, W. (eds.) *Advances in Enterprise Engineering XII*, pp. 69–87. Springer International Publishing, Cham (2019)
67. Hornáčkova, B., Skotnica, M., Pergl, R.: Exploring a Role of Blockchain Smart Contracts in Enterprise Engineering. In: Aveiro, D., Guizzardi, G., Guerreiro, S., Guedria, W. (eds.) *Advances in Enterprise Engineering XII*, pp. 113–127. Springer International Publishing, Cham (2019)
68. Harer, F.: Decentralized Business Process Modeling and Instance Tracking Secured by a Blockchain. *Proceedings of the 26th European Conference on Information Systems (ECIS 2018)* (2018)
69. Pintado, O.: Caterpillar: A Blockchain-Based Business Process Management System. *Proceedings of the BPM Demo Track and BPM Dissertation Award collocated with 15th International Conference on Business Process Management (BPM 2017)* (2017)
70. Orlenys Lopez-Pintado, Luciano Garcnuelos, Marlon Dumas, Ingo Weber, Alexander Ponomarev: *Caterpillar: A business process execution engine on the Ethereum blockchain. Software: Practice and Experience* (2019)

71. Orlenys Lopez-Pintado, Marlon Dumas, Luciano Garcnuelos, Ingo Weber: Dynamic Role Binding in Blockchain-Based Collaborative Business Processes. In: *Advanced Information Systems Engineering*, pp. 399–414. Springer International Publishing (2019)
72. An Binh Tran, Qinghua Lu, Ingo Weber: Lorikeet: A Model-Driven Engineering Tool for Blockchain-Based Business Process Execution and Asset Management. In: *BPM* (2018)
73. Haarmann, S., Batoulis, K., Nikaj, A., Weske, M.: DMN Decision Execution on the Ethereum Blockchain. In: Krogstie, J., Reijers, H.A. (eds.) *Advanced Information Systems Engineering*, pp. 327–341. Springer International Publishing, Cham (2018)
74. Di Ciccio, C., Cecconi, A., Mendling, J., Felix, D., Haas, D., Lilek, D., Riel, F., Rumpl, A., Uhlig, P.: Blockchain-Based Traceability of Inter-organisational Business Processes. In: Shishkov, B. (ed.) *Business Modeling and Software Design*, pp. 56–68. Springer International Publishing, Cham (2018)
75. Nakamura, H., Miyamoto, K., Kudo, M.: Inter-organizational Business Processes Managed by Blockchain. In: Hacid, H., Cellary, W., Wang, H., Paik, H.-Y., Zhou, R. (eds.) *Web Information Systems Engineering - WISE 2018*, pp. 3–17. Springer International Publishing, Cham (2018)
76. Garcia-Banuelos, L., Ponomarev, A., Dumas, M., Weber, I.: Optimized Execution of Business Processes on Blockchain. In: Carmona, J., Engels, G., Kumar, A. (eds.) *Business Process Management*, pp. 130–146. Springer International Publishing, Cham (2017)
77. P. Rimba, A. B. Tran, I. Weber, M. Staples, A. Ponomarev, X. Xu: Comparing Blockchain and Cloud Services for Business Process Execution. In: *2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, pp. 257–260 (2017)

78. Carminati, B., Rondanini, C., Ferrari, E.: Confidential business process execution on blockchain. In: 2018 IEEE International Conference on Web Services (ICWS), pp. 58–65 (2018)
79. Gleim, B., Freund, A., Bertani, T., Cabelguen, J.-C., Towne, B., Kohorn, D. von: Enterprise Ethereum Alliance Off-Chain Trusted Compute Specification V0. 5 (2018)
80. Bunz, B., Agrawal, S., Zamani, M., Boneh, D.: Zether: Towards Privacy in a Smart Contract World. IACR Cryptology ePrint Archive 2019, 191 (2019)
81. Tonnissen, S., Teuteberg, F.: Using Blockchain Technology for Cross- Organizational Process Mining - Concept and Case Study. In: International Conference on Business Information Systems, pp. 121–131 (2019)
82. Huan Zhou, Cees de Laat and Zhiming Zhao: Trustworthy Cloud Service Level Agreement Enforcement with Blockchain based Smart Contract, IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom) (2018)
83. Eder J. Scheid¹, Bruno B. Rodrigues¹, Lisandro Z. Granville², Burkhard Stiller: Enabling Dynamic SLA Compensation Using Blockchain-based Smart Contracts, IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM2019) (2019)
84. Gagangeet Singh Aujla, Masoud Barati and Omer Rana, Schahram Dustdar, Ayman Noor, Jose Tomas Llanos, Madeline Carr, Davit Marikyan, Savvas Papagiannidis, Rajiv Ranjan: COM-PACE: Compliance-Aware Cloud Application Engineering Using Blockchain, Digital Object Identifier 10.1109/MIC.2020.3014484 (2020)
85. Zhongxing Ming, Shu Yangy, Qi Li, Dan Wangz, Mingwei Xu, Ke Xu: Blockcloud: Empowering IoT Through a Service-centric Blockchain, National Natural Science Foundation of China under Grant 61625203 and 61572278, the National Key R&D Program of China

under Grant 2016YFB0800102 and 2016YFC0901605, and the Chinese Postdoctoral Science Foundation under Grant 2016M591181 (2016)

86. Rikken, O.K., Janssen, M.F.W.H.A., Roosenboom-Kwee, Z., Büttgen, Marion, Dicenta, Julia, Spohrer, Kai, Venkatesh, Viswanath, Raman, Rajalakshmi, Hoehle, Hartmut, De Keyser, Arne: Blockchain in Service Management and Service Research Developing a Research Agenda and Managerial Implications, *SMR - Journal of Service Management Research*, 5(2), 1-83. <https://doi.org/10.15358/2511-8676-2021-2-71> (2021)

87. Fredrik Milani, Luciano García-Bañuelos and Marlon Dumas: Blockchain and Business Process Improvement, Milani, www.bptrends.com (2016)

88. Hiroki Nakashima, Mikio Aoyama: An Automation Method of SLA Contract of Web APIs and Its Platforms Based on Blockchain Concept, *IEEE 1st International Conference on Cognitive Computing* (2017)

89. Christoph Prybila, Stefan Schulte, Christoph Hochreiner, Ingo Weber: Runtime Verification for Business Processes Utilizing the Bitcoin Blockchain, Preprint submitted to *Future Generation Computer Systems* (2017)

90. Hamza Baqa, Nguyen B. Truong, Noel Crespi, Gyu Myoung Lee, Franck Le Gall: Semantic Smart Contracts for Blockchain-based Services in the Internet of Things, 978-1-7281-2522-0/19/\$31.00 c 2019 IEEE (2019)

91. Sridevi S., Karpagam G. R., Vinoth Kumar B., Uma Maheswari J., Investigation on Blockchain Technology for Web Service Composition: A Case Study, *International Journal of Web Services Research* Volume 18 • Issue 1, DOI: 10.4018/IJWSR.20210101.0a1 (2021)

92. Cooper, H.M.: Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews. *Knowledge in Society* 1, 104 (1988)

93. Corey Lauster, Philipp Klinger, Nicolas Schwab, and Freimut Bodendorf, Literature Review Linking Blockchain and Business Process Management, https://doi.org/10.30844/wi_2020_r10-klinger (2020)
94. FINANCE STRATEGISTS, "Blockchain Advantages and Disadvantages", <https://www.financestrategists.com/wealth-management/blockchain/blockchain-advantages-and-disadvantages/>
95. Michael Park, "8 Principles of Service-Oriented Architecture: Is SOA Dead?", 2022, <https://blogs.mulesoft.com/digital-transformation/soa-principles/>
96. Pam Baker, "Today's blockchain use cases and industry applications", 2023, <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/Todays-blockchain-use-cases-and-industry-applications>
97. Δέσποινα Δ. Παπακωνσταντίνου, «Μια Υπερσιοστρεφής προσέγγιση για την ανάπτυξη δικτυοκεντρικών πληροφοριακών συστημάτων υγείας», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πειραιάς 2010.
98. Marshall Breeding, "Chapter 2: Examples of Web Services : Amazon and Google", 2006, <https://journals.ala.org/index.php/ltr/article/view/4459/5197>
99. Ανδρώνη Σταυρούλα, Δρυμωνίτης Διονύσιος, Καλογεροπούλου Αγγελική, «Συστήματα Επιχειρησιακών Διαδικασιών. Μια Εκτενής Μελέτη Περίπτωσης στο Λογισμικό BONITA», Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος, Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής, Μεσολόγγι 2016.
100. ERIC J, "Business Process Model and Notation (BPMN): A Beginner's Guide", <https://datarundown.com/bpmn/>

101. Werner Schmidt, "Justifying BPM: A Quest for the Interaction Turn Reviewing Subject-Oriented BPM", 2013, https://www.researchgate.net/figure/A-BPMN-Example-Order-Process_fig1_261089146
102. mitos.gov.gr, <https://mitos.gov.gr/bpmn/?pid=826583&type=manual>
103. Bernard Marr, "Why Use Blockchain Technology?", <https://bernardmarr.com/why-use-blockchain-technology/>
104. Current News Staff Writer, "Reasons to Implement a Blockchain Solution: Enhancing Efficiency and Transparency", 2023, <https://currentnewspapers.com/reasons-to-implement-blockchain/>
105. Mohammed AbuJarour, Ahmed Awad, "Web Services and Business Processes: A Round Trip", 2014, https://www.researchgate.net/publication/282761587_Web_Services_and_Business_Processes_A_Round_Trip
106. Karagiannis, D.: Bpms: Business process management systems. SIGOIS Bull. 16(1), 10–13 (1995). DOI 10.1145/209891.209894. URL <http://doi.acm.org/10.1145/209891.209894>
107. OMFYS Technologies, "The Future of Business Process Management: Trends and Predictions" 2023, <https://www.linkedin.com/pulse/future-business-process-management-trends-predictions-technologies>
108. Paul Rimba, An Binh Tran, Ingo Webery, Mark Staples, Alexander Ponomarev, Xiwei Xu, "Comparing Blockchain and Cloud Services for Business Process Execution", 2017, DOI: 10.1109/ICSA.2017.44