



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ: ΜΙΑ
ΒΙΒΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΑΦΟΡΩΝ ΤΟΥΣ

ΓΙΑΛΟΥΡΗ ΕΡΓΙΝΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

A.M. 172

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

Άρτα, Μάρτιος, 2025

AGE OF INFORMATION: BIBLIOMETRIC AND CITATION ANALYSIS OF RELATED SCIENTIFIC WORKS

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 21/3/2025

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Μαργαρίτη Σπυριδούλα
Μέλος ΕΔΙΠ
2. Μέλος Επιτροπής
Στεργίου Ελευθέριος
Αναπληρωτής Καθηγητής
3. Μέλος Επιτροπής
Βαρτζιώτης Φώτιος
Επίκουρος Καθηγητής

© Γιαλούρη, Εργίνα Δέσποινα, 2025.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Γιαλούρη Εργίνα Δέσποινα

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας μέσω της στήριξης τους. Ακόμη θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς την καθηγήτρια μου, τη κυρία Μαργαρίτη Σπυριδούλα η οποία βρισκόταν δίπλα μου από την αρχή του κύκλου των μεταπτυχιακών σπουδών. Αποτέλεσε για εμένα στήριγμα και πάντοτε με ενθάρρυνε να προχωρήσω και να κοιτάξω μπροστά. Την ευχαριστώ για την αμέριστη υπομονή και τις συμβουλές της, τόσο στον ακαδημαϊκό κλάδο όσο και στις απλές καθημερινές προκλήσεις που φέρνει η ζωή.

Στον παππού και τη γιαγιά μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξία της πληροφορίας στη σύγχρονη εποχή είναι αναμφισβήτητη, καθώς αποτελεί βασικό στοιχείο για την εύρυθμη λειτουργία διαφόρων τομέων της κοινωνίας. Με την ψηφιακή επανάσταση, η ροή των πληροφοριών είναι συνεχής και απαιτείται η διαρκής επικαιροποίηση τους. Η έννοια της ηλικίας της πληροφορίας αναδεικνύεται ως κρίσιμη μετρική για την αξιολόγηση της φρεσκάδας και της χρησιμότητας των δεδομένων. Η σημασία της επικαιρότητας της πληροφορίας έχει καταστήσει το συγκεκριμένο πεδίο αντικείμενο έντονου ερευνητικού ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια. Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη βιβλιομετρική ανάλυση των επιστημονικών δημοσιεύσεων που σχετίζονται με την ηλικία της πληροφορίας. Μέσω της βιβλιομετρικής ανάλυσης διερευνώνται τόσο η επιστημονική απόδοση όσο και το περιεχόμενο των σχετικών μελετών, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την εξέλιξη και την επίδραση του συγκεκριμένου επιστημονικού τομέα.

ABSTRACT

The value of information in the modern era is undeniable, as it is a key element for the smooth functioning of various sectors of society. With the digital revolution, the flow of information is continuous and requires constant updating. The concept of age of information emerges as a critical metric for evaluating the freshness and usefulness of data. The importance of information timeliness has made this field a subject of intense research interest in recent years. This thesis focuses on the bibliometric analysis of scientific publications related to the information age. Through bibliometric analysis, both the scientific performance and the content of the relevant studies are investigated, providing valuable information on the development and impact of this specific scientific field.

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ABSTRACT	vii
Λίστα Εικόνων	x
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Σκοπός και Στόχοι	2
1.3 Δομή της Εργασίας	2
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΗΛΙΚΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (Age of Information - Aoi)	4
2.1 Ορισμός	4
2.2 Βασικά Μοντέλα και Αρχιτεκτονική	5
2.2.1 M/M/1 με πολιτική FCFS	6
2.2.2 M/D/1 με πολιτική FCFS	6
2.2.3 D/M/1 με πολιτική FCFS	6
2.3 Μέγιστη και Μέση Μέγιστη Ηλικία της Πληροφορίας	7
2.4 Ο ρόλος και τα πεδία της Ηλικίας της Πληροφορίας	7
2.5 Κατηγορίες Εφαρμογών	8
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΒΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	10
3.1 Ορισμός της βιβλιομετρίας	10
3.2 Ιστορική Αναδρομή	10
3.3 Κατηγορίες βιβλιομετρίας	11
3.3.1 Ανάλυση Απόδοσης (Performance Analysis)	11
3.3.2 Επιστημονική Χαρτογράφηση (Science Mapping)	14
3.4 Επιστημονικές Πηγές και Βάσεις Δεδομένων	15
3.5 Εργαλεία Λογισμικού	17
3.5.1 Python – Jupyter notebook	17
3.5.2 VOSViewer	18
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	20
4.1 Μεθοδολογία	20
4.2 Συλλογή Δεδομένων	20

4.3	Προεπεξεργασία δεδομένων	23
4.4	Ανάλυση απόδοσης (Performance Analysis).....	24
4.5	Ανάλυση περιεχομένου (Science Mapping).....	32
4.6	Ανάλυση Τομέων	38
4.6.1	Internet of Things (IoT).....	38
4.6.2	Μηχανική Μάθηση (Machine Learning - ML).....	40
4.6.3	Διαχείριση Πληροφορίας (Information Management)	41
4.6.4	Στοχαστικά Συστήματα (Stochastic Systems).....	42
4.6.5	Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing).....	43
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
	Βιβλιογραφία	47

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 2-1 Βασικό Μοντέλο Aol	5
Εικόνα 2-2 M/M/1 μοντέλο	6
Εικόνα 3-1 Βιβλιομετρική Ανάλυση (Πηγή:[20])	11
Εικόνα 3-2 Web of Science (WoS)	15
Εικόνα 3-3 database systems and logic programming (dblp)	15
Εικόνα 3-4 Scopus database	16
Εικόνα 3-5 Περιβάλλον Jupyter Notebook	17
Εικόνα 3-6 VOSViewer	18
Εικόνα 3-7 VOSViewer Περιβάλλον Εργασίας	18
Εικόνα 3-8 Μέθοδοι Ανάλυσης	19
Εικόνα 4-1 Μεθοδολογία Έρευνας	20
Εικόνα 4-2 Αποτύπωση Ερωτήματος	21
Εικόνα 4-3 Συνολικές Δημοσιεύσεις Ανά Έτος	22
Εικόνα 4-4 Στάδια Εξέλιξης	22
Εικόνα 4-5 Συνολικές Δημοσιεύσεις και Αναφορές	25
Εικόνα 4-6 Δημοσιεύσεις με μοναδικό συγγραφέα	25
Εικόνα 4-7 Δημοσιεύσεις Ανά Έτος	26
Εικόνα 4-8 Παραγωγικότητα Ανά Ενεργό Έτος Δημοσιεύσεων	27
Εικόνα 4-9 Σύνολο Αναφορών για 15 Δημοσιεύσεις	28
Εικόνα 4-10 Αριθμός Αναφερόμενων Δημοσιεύσεων	29
Εικόνα 4-11 Αναφορές από Αναφερόμενες Δημοσιεύσεις	30
Εικόνα 4-12 Δείκτης Συνεργασίας	31
Εικόνα 4-13 Σύγκριση Μεθόδων Συντελεστών Συνεργασίας σε Βάθος Χρόνου	31
Εικόνα 4-14 Οπτικοποίηση Δικτύου Συνεργασιών μεταξύ Συγγραφέων	33
Εικόνα 4-15 Οπτικοποίηση Δικτύου Αναφερόμενων Συγγραφέων	34
Εικόνα 4-16 Οπτικοποίηση Δικτύου Συν-εμφάνισης Λέξεων-Κλειδιών	35
Εικόνα 4-17 Οπτικοποίηση Δικτύου Συν-Εμφάνισης Λέξεων Κλειδιών εκτός του όρου Aol	36
Εικόνα 4-18 Οπτικοποίηση Δικτύου για βιβλιογραφική σύζευξη μεταξύ χωρών	37
Εικόνα 4-19 Οπτικοποίηση Δικτύου Ανάλυσης Συν-συγγραφής	38
Εικόνα 4-20 Ερευνητικές Περιοχές	45

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Στις μέρες μας η αξία της πληροφορίας είναι αδιαμφισβήτητη και η χρήση της είναι αναγκαία σε διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής. Με την ψηφιακή επανάσταση οι πληροφορίες και τα δεδομένα συνεχώς εξελίσσονται. Η ποσότητα τους είναι τεράστια και αυξανόμενη. Αυτό κάνει τον ρόλο των πληροφοριών ακόμη πιο σημαντικό. Καθώς ο κόσμος μεταβάλλεται ραγδαία και εξελίσσεται ταχύτατα το ζητούμενο είναι η πρόσβαση στην πιο πρόσφατη πληροφορία. Στα σημερινά συστήματα επικοινωνίας η καθυστέρηση της μετάδοσης έχει μειωθεί σημαντικά χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις. Ωστόσο, η μείωση της καθυστέρησης από μόνη της δεν αρκεί για να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία ενός συστήματος, δηλαδή την ικανότητά του να ενεργήσει ακριβώς τη σωστή στιγμή. Η αποτελεσματικότητα μιας ενημερωμένης ροής δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ταχύτητα μετάδοσης, αλλά από τη σωστή ισορροπία ανάμεσα στη συχνότητα των ενημερώσεων και τη χρησιμότητά τους τη στιγμή που λαμβάνονται. Αυτό αναδεικνύει τη σημασία της αποστολής ενημερώσεων, ώστε να διατηρείται η πληροφορία πάντα επίκαιρη και αξιοποιήσιμη από το σύστημα που τη χρησιμοποιεί. Πως όμως θα αξιολογηθεί η “φρεσκάδα” της πληροφορίας; Τη λύση δίνει ο όρος ηλικία της πληροφορίας (age of information) που αποτελεί μετρική που αξιολογεί το πόσο επίκαιρη είναι μία πληροφορία. Άξιο αναφοράς είναι ότι η ηλικία της πληροφορίας αποτελεί τομέα ερευνητικού ενδιαφέροντος ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με άλλους επιστημονικούς τομείς. Δεδομένης της σημασίας της επικαιρότητας της πληροφορίας, προκύπτει το ερώτημα πώς μπορεί να μετρηθεί και να αξιολογηθεί η γνώση που παράγεται σε αυτό το πεδίο. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την εξέλιξη και την επίδραση της έννοιας της ηλικίας της πληροφορίας, είναι απαραίτητη μια συστηματική ανάλυση των σχετικών επιστημονικών δημοσιεύσεων. Η βιβλιομετρική ανάλυση αποτελεί σημαντικό εργαλείο καθώς με αυτό μπορεί να εκτιμηθεί η επιστημονική δραστηριότητα με ένα επιστημονικό πεδίο ή ζήτημα προς διερεύνηση. Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη βιβλιομετρική ανάλυση των σχετικών με την ηλικία της πληροφορίας επιστημονικών δημοσιεύσεων. Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση της βιβλιομετρικής ανάλυσης προκύπτουν αποτελέσματα

τόσο για την ανάλυση απόδοσης όσο και για την ανάλυση περιεχομένου που αποτελούν κλάδους της βιβλιομετρίας οι οποίοι και χρησιμοποιήθηκαν.

1.2 Σκοπός και Στόχοι

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βιβλιομετρική ανάλυση των δημοσιεύσεων σχετικά με την ηλικία της πληροφορίας και έχει ως στόχο να αξιολογήσει την παραγωγικότητα, την απήχηση και την αποδοτικότητα τους. Θα διερευνήσει τη σχέση της ηλικίας της πληροφορίας (ΗtΠ) με άλλους επιστημονικούς τομείς που επηρεάζονται άμεσα από το πόσο νέα είναι η πληροφορία που χρησιμοποιούν. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη επιστημονικών εργασιών ώστε να γίνει αντιληπτή η σημαντικότητα της διαμόρφωσης καινούριας γνώσης. Ανάμεσα σε αυτούς είναι η σωστή συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων ώστε να επιφέρουν αποτελέσματα που θα βοηθήσουν να γίνει αντιληπτό σε ποια επιστημονικά πεδία μελετάται η ηλικία της πληροφορίας, πως οι συγγραφείς συνεργάζονται μεταξύ τους ανάλογα τον επιστημονικό τομέα και γενικότερα να αναδεικνύονται αποτελέσματα τα οποία έχουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον και αφορούν και τη βιβλιομετρική ανάλυση που αποτελεί ακόμη έναν σημαντικότερο στόχο. Μέσω της βιβλιομετρικής ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα μέσω των δύο κατηγοριών της, της ανάλυσης απόδοσης και της επιστημονικής χαρτογράφησης οπτικοποιούνται αποτελέσματα τα οποία είναι απαραίτητα για την ορθή κατανόηση των τάσεων που μπορεί να υπάρχουν σχετικά με την ηλικία της πληροφορίας σε διαφορετικά πεδία.

1.3 Δομή της Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή όπου γίνεται αναφορά στο ερευνητικό κομμάτι το οποίο πρόκειται να μελετηθεί ενώ παρουσιάζονται οι σκοποί και οι στόχοι που πλαισιώνουν την εργασία. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια της ηλικίας της πληροφορίας, τα βασικά μοντέλα ουράς, ο ορισμός της μέσης μέγιστης και της μέγιστης ηλικίας της πληροφορίας καθώς και τα πεδία στα οποία βρίσκει εφαρμογή. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι έννοιες της βιβλιομετρίας και της βιβλιομετρικής ανάλυσης. Τα εργαλεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη της επιστημονικής βιβλιογραφίας σχετικά με την ηλικία της πληροφορίας. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται επίσης η βάση δεδομένων για την εξαγωγή των

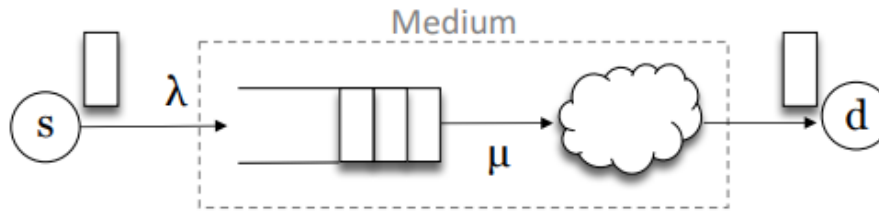
δεδομένων και τα εργαλεία λογισμικού που ήταν απαραίτητα για την παρούσα μελέτη. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, η οπτικοποίηση των δεδομένων και η ανάλυση τομέων για τους οποίους η ηλικία της πληροφορίας είναι σημαντική. Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η εξαγωγή συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής. Παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια ευρήματα ενώ προκύπτουν και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΗΛΙΚΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (Age of Information - Aoi)

2.1 Ορισμός

Η ηλικία της πληροφορίας ή Age of Information (Aoi) αποτελεί μία έννοια η οποία εμφανίστηκε το 2010. Πρόκειται για μία μετρική από άκρο σε άκρο (end-to-end) που αξιολογεί το πόσο πρόσφατα ενημερώθηκε η πληροφορία μετρώντας τον χρόνο που παρήλθε από τη δημιουργία της πληροφορίας έως τη λήψη της στη πλευρά του αποδέκτη. Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό θεωρούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Έστω ένα πακέτο το οποίο τη στιγμή που δημιουργείται αυτομάτως αποκτά μία χρονική σήμανση, η οποία καλείται ως u . Τη χρονική στιγμή $t > u$ η ηλικία της πληροφορίας του πακέτου θα είναι $t-u$. Η “φρεσκάδα” (freshness) της πληροφορίας ορίζεται από τη διαφορά $t-u$, όπου όταν αυτή η ποσότητα είναι ίση με μηδέν σημαίνει ότι το πακέτο μόλις έχει δημιουργηθεί. Ο παραλήπτης λαμβάνει συνεχώς ενημερώσεις και η πιο πρόσφατη ενημέρωση θα αποτυπωθεί ως $u(t)$ και η πιο ενημερωμένη ηλικία της πληροφορίας που θα έχει ο παραλήπτης θα είναι $\Delta(t) = t-u(t)$ [1]. Επομένως η ηλικία της πληροφορίας (Aoi) αποτελεί μία μετρική που σκοπός της είναι η αξιολόγηση της φρεσκάδας των δεδομένων μετρώντας από την πλευρά του δέκτη το χρόνο που έχει παρέλθει σε σχέση με το χρόνο δημιουργίας του [2]. Η ηλικία της πληροφορίας αποτυπώνει την επικαιρότητα που έχει η κάθε πληροφορία. Επομένως πρόκειται για το χρόνο που έχει περάσει από τη στιγμή που γεννήθηκε το τελευταίο μήνυμα το οποίο έφτασε με επιτυχία στο παραλήπτη. Η γνώση της ηλικίας της πληροφορίας είναι απαραίτητο για διάφορα συστήματα όπως συστήματα πληροφοριών, επικοινωνίας δεδομένων και ελέγχου [3].

Για να μπορέσουμε να αντιληφθούμε πλήρως την έννοια της ηλικίας της πληροφορίας είναι σημαντικό να παραθέσουμε ένα απλό μοντέλο αυτό της ουράς όπου δημιουργούνται πακέτα στην πηγή τα οποία πρέπει να φτάσουν στον προορισμό τους. Τα πακέτα αποθηκεύονται στιγμιαία και οι αφίξεις των πακέτων προέρχονται από ένα ρυθμό δειγματοληψίας [3]. Στην Εικόνα 2-1 είναι εμφανής η διαδικασία που ακολουθείται λεπτομερώς.



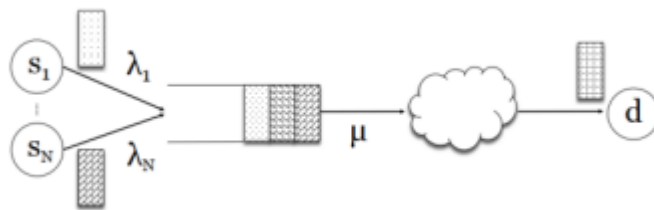
Εικόνα 2-1 Βασικό Μοντέλο Aol

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 2-1 το σύστημα αποτελείται από την πηγή (s) και τον προορισμό (d). Δημιουργούνται πακέτα και μεταφέρονται στον τελικό προορισμό σε τυχαίες χρονικές στιγμές εφόσον τα δείγματα επιλέγονται βάσει τυχειότητας. Μέσω των status updates (ενημερώσεις καταστάσεων) μπορεί να προσδιοριστεί και να ενημερωθεί η πληροφορία που μεταφέρεται στον τελικό κόμβο. Επομένως, ο όρος και ο ορισμός της ηλικίας της πληροφορίας αποτυπώνουν το πόσο πρόσφατη είναι η γνώση που παρέχει το τελευταίο διαθέσιμο δεδομένο το οποίο φτάνει στον προορισμό του παρέχοντας μία πλήρως επικαιροποιημένη εικόνα [3].

2.2 Βασικά Μοντέλα και Αρχιτεκτονική

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά μοντέλα ουρών που χρησιμοποιούνται για να μελετηθεί ένα σύστημα επικοινωνίας. Η θεωρία ουρών ήταν από τα πρώτα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκε για να διερευνήσει την ηλικία της πληροφορίας των ενημερώσεων που λαμβάνονται από τη πηγή [3]. Χρησιμοποιούνται τρία βασικά μοντέλα και συγκεκριμένα τα: M/M/1, M/D/1 και D/M/1. Και τα τρία μοντέλα έχουν μόνο ένα εξυπηρετητή. Όλα τα μοντέλα εφαρμόζουν πολιτική FCFS (First Come First Served).

2.2.1 M/M/1 με πολιτική FCFS



Εικόνα 2-2 M/M/1 μοντέλο

Το μοντέλο αυτό αφορά συστήματα με μόνο ένα εξυπηρετητή, ενώ ο ρυθμός των αφίξεων ακολουθεί κατανομή Poisson με μέσο ρυθμό άφιξης ανά μονάδα χρόνου. Επίσης η εξυπηρέτηση ακολουθεί την ίδια κατανομή (Poisson) με μέσο ρυθμό εξυπηρέτησης ανά μονάδα χρόνου. Όπως απεικονίζεται και στην Εικόνα 2-2, πολλές πηγές μπορούν να μεταδίδουν πληροφορία προς έναν προορισμό, ενώ η διαδικασία ενημέρωσης του συστήματος καθορίζεται από την κατανομή των αφίξεων των δεδομένων. Όσον αφορά την πολιτική FCFS εξασφαλίζει τη σειρά εξυπηρέτησης ανάλογα πάντα με τη χρονική σειρά άφιξης των αιτημάτων [3].

2.2.2 M/D/1 με πολιτική FCFS

Σε αυτό το μοντέλο οι ενημερώσεις παράγονται σύμφωνα με μία κατανομή Poisson με μέσο ρυθμό λ . Ο χρόνος εξυπηρέτησης είναι ντετερμινιστικός δηλαδή πρόκειται για χρόνο ο οποίος είναι σταθερός και προκαθορισμένος. Υπάρχει μόνο ένας εξυπηρετητής που μπορεί να διαχειριστεί ένα αίτημα τη φορά και μετά εφαρμόζεται η πολιτική της εξυπηρέτησης κατά τη σειρά άφιξης [3].

2.2.3 D/M/1 με πολιτική FCFS

Η βασική τους διαφορά είναι ότι οι αφίξεις γίνονται σε σταθερό χρονικό διάστημα καθώς πρόκειται για ντετερμινιστικό σύστημα, ο χρόνος εξυπηρέτησης όμως ακολουθεί εκθετική κατανομή και όπως είναι εμφανές υπάρχει μόνο ένας εξυπηρετητής.

Συνοψίζοντας λοιπόν αντιλαμβανόμαστε ότι το κάθε μοντέλο χρησιμοποιείται ανάλογα με τις ιδιότητες που έχει. Το M/M/1 χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου οι αφίξεις και οι χρόνοι εξυπηρέτησης έχουν εκθετική κατανομή. Το M/D/1 χρησιμοποιείται όταν οι αφίξεις έχουν εκθετική κατανομή ενώ οι χρόνοι εξυπηρέτησης είναι σταθεροί. Τέλος το D/M/1 χρησιμοποιείται όταν οι αφίξεις είναι σταθερές και ο χρόνος εξυπηρέτησης

στηρίζεται στην εκθετική κατανομή. Ακόμη τα μοντέλα ουράς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ηλικίας της πληροφορίας καθώς επηρεάζουν την καθυστέρηση στην εξυπηρέτηση των ενημερώσεων και τον ρυθμό με τον οποίο αυτές γίνονται διαθέσιμες στο προορισμό τους [3].

2.3 Μέγιστη και Μέση Μέγιστη Ηλικία της Πληροφορίας

Η μέγιστη ηλικία της πληροφορίας ή Peak Age of Information (PAoI) αποτελεί μία μετρική που χρησιμοποιείται τόσο σε δικτυακά συστήματα όσο και στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων όπου η “φρεσκάδα” των πληροφοριών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Με το PAoI μετράτε η ηλικία που έχει η πληροφορία πριν την άφιξη της καινούριας, μέγιστη τιμή του AoI αμέσως πριν από τη λήψη μιας ενημέρωσης. Ακόμα η μετρική αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε εφαρμογές όπου η καθυστέρηση της πληροφορίας δεν ξεπερνά ένα συγκεκριμένο όριο (threshold), αλλά βοηθά και σε υπολογισμούς πολύπλοκων μοντέλων. Επομένως βοηθά στην εκτίμηση του συστήματος με πιο απλούς υπολογισμούς αλλά διατηρώντας την ακρίβεια στα αποτελέσματα. Σαν παράδειγμα θα μπορούσε να παρουσιαστεί ένα έξυπνο παρκινγκ όπου διαθέτει ένα σημείο πρόσβασης το οποίο συνεχώς συλλέγει πληροφορίες για τις διαθέσιμες θέσεις παρκινγκ. Με τη βοήθεια της μέγιστης ηλικίας της πληροφορίας φαίνονται οι πληροφορίες και το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα που αυτές παραμένουν παλιές πριν ανανεωθούν.

Η χρόνος μέσης ηλικίας της πληροφορίας ή Time Average Age of Information σαν έννοια αναφέρεται στον μέσο όρο από τις μεγαλύτερες τιμές που εντοπίζονται πριν κάνει την εμφάνιση της η καινούρια πληροφορία [3][53].

2.4 Ο ρόλος και τα πεδία της Ηλικίας της Πληροφορίας

Ο ρόλος που έχει η ηλικία της πληροφορίας είναι σημαντικός και πολύπλοκος γιατί επηρεάζεται άμεσα η αξιοπιστία και η χρησιμότητα της πληροφορίας. Πρέπει η πληροφορία να είναι όσο το δυνατόν πιο ανανεωμένη και “φρέσκια” γίνεται εξάλλου όσο πιο πρόσφατη είναι μία πληροφορία τόσο μεγαλύτερη είναι και η αξία που έχει. Η ανανεωμένη πληροφορία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε πολλά διαφορετικά πεδία ένα από αυτά είναι η **Θεωρία της Πληροφορίας** στην οποία η ηλικία της πληροφορίας συμβάλλει με το να βρίσκεται σε όσο χαμηλότερο βαθμό γίνεται ώστε να μην

διακινδυνεύετε η ακεραιότητα που μπορεί να προσφέρει. Εν συνεχεία ένα ακόμη πεδίο το οποίο είναι εξίσου σημαντικό είναι αυτό της **επεξεργασίας σημάτων**. Το συγκεκριμένο πεδίο χρειάζεται ανανεωμένες πληροφορίες που είναι απαραίτητο να στηρίζονται στην ακεραιότητα, ενώ δεν πρέπει να υπάρχει η έννοια του θορύβου για να μην χρειαστεί επιπρόσθετος χρόνος για να διορθωθούν αυτά τα πακέτα. Ιδιαίτερη προσοχή αξίζει να δοθεί στο ότι η δειγματοληψία πρέπει να γίνεται με προσοχή και από συγκεκριμένη πηγή. Ένα ακόμα πεδίο είναι τα **ασύρματα δίκτυα** όπου η ηλικία της πληροφορίας συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της μετάδοσης δεδομένων ειδικά σε τομείς που η μετάδοση της πληροφορίας είναι σημαντική. Τέτοιους τομείς αποτελούν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα δίκτυα αισθητήρων και η επικοινωνία μεταξύ οχημάτων [3].

2.5 Κατηγορίες Εφαρμογών

Πρώτη κατηγορία στην οποία η ηλικία της πληροφορίας είναι πάρα πολύ σημαντική είναι αυτή των **δικτύων κινητής τηλεφωνίας**. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η ηλικία της πληροφορίας χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει ο σταθμός βάσης την κατάσταση του καναλιού . Δεύτερη κατηγορία είναι η **ανάλυση δεδομένων** στην οποία η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων συνεχώς αυξάνεται ιδιαίτερα για την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που μπορεί να προέρχεται από αισθητήρες μέχρι και κινητές συσκευές. Ο ρόλος της ηλικίας της πληροφορίας στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι να μην μειωθεί ο όγκος των δεδομένων που περισυλλέγονται επειδή δεν υπάρχει εγκυρότητα και ακεραιότητα σε αυτά. Ακόμη μία κατηγορία είναι αυτή της **προσωρινής αποθήκευσης (caching)** όπου εστιάζει στο να μειωθούν οι απώλειες με βάση τη δημοτικότητα του περιεχομένου και τα ποσοστά των αιτημάτων. Επομένως ο κύριος στόχος είναι να υπάρχει νέο περιεχόμενο πάντοτε ώστε τα δεδομένα τα οποία είναι αποθηκευμένα μέσω της τακτικής τους ανανέωσης να μειώνουν την μέση ηλικία της πληροφορίας. Η ηλικία της πληροφορίας είναι ιδιαίτερα σημαντική για το **διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)** και για τις διαδικτυακές υπηρεσίες. Τέλος η κατηγορία του **χρονοπρογραμματισμού ενεργοποίησής ζεύξεων** σε ένα δίκτυο όπου η ηλικία της πληροφορίας δεν θέλουμε να επηρεάζεται χρονικά γι' αυτό και είναι απαραίτητο να βρεθούν οι κατάλληλοι αλγόριθμοι για να μπορεί να γίνει σωστά η ζεύξη μέσα στο κανάλι επικοινωνίας [3].

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΒΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 Ορισμός της βιβλιομετρίας

Με τον όρο “βιβλιομετρία” ορίζονται οι μέθοδοι των μαθηματικών και της στατιστικής που εφαρμόζονται ώστε να γίνει βιβλιογραφική ανάλυση των επιστημονικών δημοσιεύσεων (βιβλία, άρθρα αλλά και σε άλλα μέσα) που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο τομέα ή περιοχή μελέτης. Στόχος της είναι η εξαγωγή γνώσης και κατά κύριο λόγο η επιστημονική, [4]. Για να μπορέσει να εφαρμοστεί η βιβλιομετρία είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ακολουθηθούν ορισμένα βήματα. Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα είναι η συλλογή και ο καθαρισμός των δεδομένων, στη συνέχεια είναι απαραίτητο να γίνουν οι κατάλληλες μετρήσεις, να γίνει η αξιολόγηση τους και στο τέλος να χρησιμοποιηθούν οι δείκτες της βιβλιομετρίας ώστε να ερμηνευτούν τα τελικά αποτελέσματα [5].

Η βιβλιομετρική ανάλυση είναι μία συστηματική μελέτη η οποία εφαρμόζεται στην επιστημονική βιβλιογραφία ενός συγκεκριμένου επιστημονικού κλάδου για τον εντοπισμό μοτίβων, τάσεων και επιρροών γύρω από αυτόν τον κλάδο. Ουσιαστικά η βιβλιομετρική ανάλυση αποτελεί πολύ δημοφιλή τεχνική ιδίως όταν πρόκειται για επιστημονικά δεδομένα με μεγάλο όγκο [6]. Τα δεδομένα της βιβλιομετρικής ανάλυσης αντλούνται από μεγάλες αλλά και πολύ γνωστές βάσεις δεδομένων που σχετίζονται με τη βιβλιογραφία ορισμένες από αυτές είναι το Scopus, το Web-of-Science, το PubMed αλλά και το Google Scholar. Σύμφωνα με την αναφορά [7], το Scopus αναγνωρίζεται ως βάση βιβλιομετρικών δεδομένων, λόγω του εύρους που μπορεί να καλύψει σε βιβλιογραφία αλλά και λόγω του αριθμού και των αναλύσεων των αναφορών.

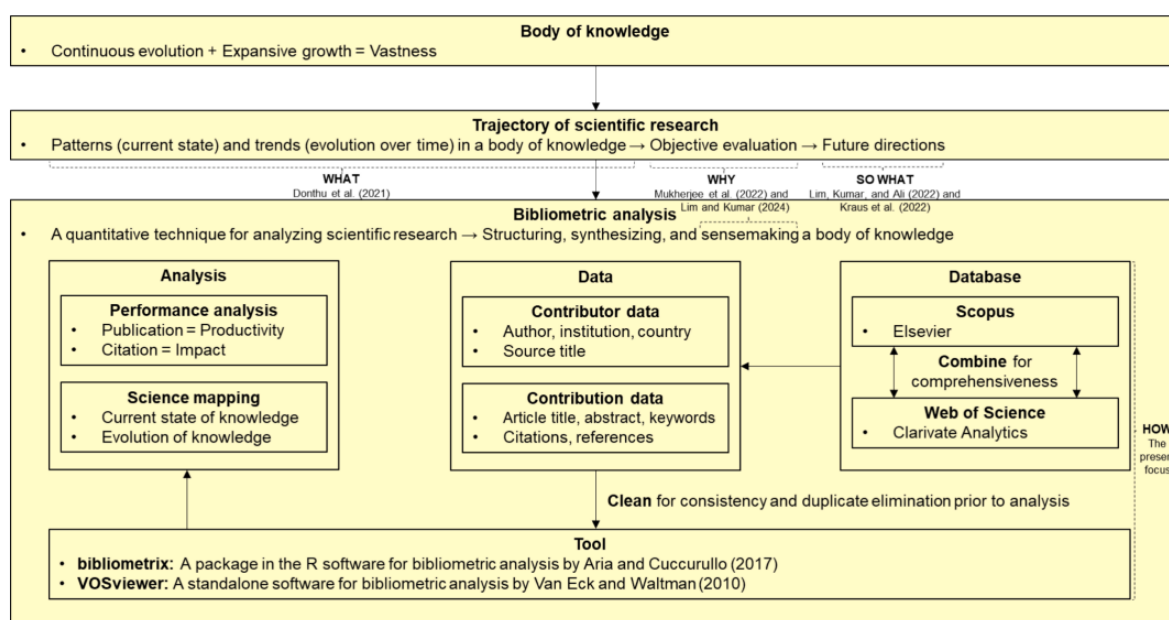
3.2 Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος της βιβλιομετρίας πρωτοαναφέρθηκε το 1930 από τον Βέλγο ερευνητή Paul Otlet από τότε πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να επανεμφανισθεί σαν όρος και αυτό συνέβη το 1969 από τον Pritchard ο οποίος έκανε τον όρο και αρκετά δημοφιλή. Παράλληλα με τον Pritchard προτάθηκε και ένας άλλος όρος αυτός του “scientometrics” από τον Nalimov [6]. Ο όρος “scientometrics” αναφέρεται στη μελέτη της επιστήμης και σχετίζεται με ποσοτικά μέσα δηλαδή αυτά που έχουν άμεση σχέση με τη στατιστική και

τα μαθηματικά [4]. Κοιτάζοντας πίσω σε εκείνες τις εποχές βλέπουμε ότι ο όρος της βιβλιομετρίας και εκείνος του “scientometrics” είχαν διαφορές ωστόσο και τα δύο έχουν την ίδια έννοια [6]. Στις μέρες μας η βιβλιομετρία αποτελεί έναν ανερχόμενο τομέα καθώς χρησιμοποιείται ιδιαίτερα από όλους τους επιστημονικούς κλάδους.

3.3 Κατηγορίες βιβλιομετρίας

Η βιβλιομετρική ανάλυση αποτελείται από δύο κύριες μεθόδους την ανάλυση απόδοσης (performance analysis) και την ανάλυση επιστημονικής χαρτογράφησης (science mapping). Στην Εικόνα 2-1 απεικονίζονται οι κύριες μέθοδοι της βιβλιομετρικής ανάλυσης ενώ παράλληλα παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των δεδομένων και κάποιες από τις πιο γνωστές βάσεις δεδομένων. Ταυτόχρονα υπάρχει και άμεση συνεργασία με τα αντίστοιχα εργαλεία για την οπτικοποίηση των δεδομένων.



Εικόνα 3-1 Βιβλιομετρική Ανάλυση (Πηγή:[20])

3.3.1 Ανάλυση Απόδοσης (Performance Analysis)

Η ανάλυση απόδοσης ή performance analysis σχετίζεται με την επίδραση και την ποιότητα που αφορά ένα ερευνητικό αντικείμενο, καθώς και την αντίστοιχη αξιολόγησή του. Οι σχετικοί δείκτες αξιολόγησης περιλαμβάνουν αναλύσεις σε επίπεδο συγγραφέων, ιδρυμάτων και χωρών. Διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες μετρικών. Η πρώτη μετρική σχετίζεται με τη δημοσίευση, η δεύτερη με μετρικές που σχετίζονται με

αναφορές και η τρίτη με μετρικές που σχετίζονται τόσο με τις αναφορές όσο και με τις δημοσιεύσεις. Η κάθε μία λοιπόν από αυτές τις μετρικές αποτελείται και από αντίστοιχες υποκατηγορίες.

Στις μετρικές που αφορούν τις δημοσιεύσεις περιλαμβάνονται οι εξής δείκτες: [6][54]:

- *Συνολικές Δημοσιεύσεις (Total Publications)*: το σύνολο των δημοσιεύσεων που προέρχονται από ακαδημαϊκή κοινότητα, ένα ίδρυμα ή μία χώρα.
- *Δημοσιεύσεις με αποκλειστικό συγγραφέα (Sole-Authored Publications)*: τα συγγράμματα τα οποία έχουν ένα μοναδικό συγγραφέα, αυτό σημαίνει ότι στις ερευνητικές συνεισφορές μετρούνται μόνο οι ατομικές χωρίς εκείνες που έχουν γίνει σε συνεργασία.
- *Δημοσιεύσεις Συνεργασίας (Co-Authored Publications)*: οι δημοσιεύσεις που περιλαμβάνουν τουλάχιστον δύο συγγραφείς και με αυτό τον τρόπο κάνουν εμφανή τη συνεργασία τους σε κάποια έρευνα.
- *Αριθμός Ενεργών Ετών Δημοσίευσης (Number of Active Years of Publication)*: προσδιορίζει τα έτη κατά τα οποία ο ερευνητής, το ίδρυμα ή η χώρα συμμετείχαν ενεργά στην έρευνα.
- *Παραγωγικότητα ανά Ενεργό Έτος Δημοσίευσης (Productivity per Active Year of Publication)*: ο μέσος αριθμός δημοσιεύσεων που γίνονται ανά ενεργός έτος ή $\text{Παραγωγικότητα} = \frac{\text{Συνολικές Δημοσιεύσεις}}{\text{Αριθμός Ενεργών Ετών Δημοσίευσης}}$.
- *Αριθμός Συμβαλλόντων Συγγραφέων (Number of Contributing Authors)*: σχετίζεται με το σύνολο των ατόμων που έχουν συμβάλει για ένα ερευνητικό έργο.

Στις μετρικές σχετικά με τις αναφορές έχουμε [6][54]:

- *Σύνολο Αναφορών (Total Citations)*: οι συνολικές αναφορές που έχει μία δημοσίευση είτε αυτό προέρχεται από ακαδημαϊκή κοινότητα, ίδρυμα ή χώρα.

- *Μέσος Όρος Αναφορών (Average Citation)*: το αντίκτυπο που έχει η δημοσίευση δηλαδή ο μέσος αριθμός από αναφορές που λαμβάνει κάθε δημοσίευση.

$$\text{Μέσος Όρος Αναφορών} = \frac{\text{Σύνολο Αναφορών}}{\text{Πλήθος επιστημονικών δημοσιεύσεων}}$$

Στις μετρικές που σχετίζεται τόσο με τις αναφορές όσο και με τις δημοσιεύσεις [6][54]:

- *Αναφορές από αναφερόμενες δημοσιεύσεις (Citations per Cited Publications)*: ο μέσος όρος των αναφορών ανά δημοσίευση που έχει γίνει αναφορά.

$$\text{Αναφορές από αναφερόμενες δημοσιεύσεις} = \frac{\text{Συνολικό Πλήθος Αναφορών}}{\text{Συνολικές Αναφερόμενες Δημοσιεύσεις}}$$

- *Αριθμός Αναφερόμενων Δημοσιεύσεων (Number of Cited Publications)*: το σύνολο των δημοσιεύσεων που έχουν γίνει και έχει γίνει αναφορά έστω και μία φορά.
- *Αναλογία Αναφερόμενων Δημοσιεύσεων (Proportion of Cited Publications)*: το ποσοστό και πιο συγκεκριμένα με αυτό των δημοσιεύσεων που έλαβαν αναφορές ως προς το συνολικό αριθμό από τις δημοσιεύσεις.

$$\text{Ποσοστό Δημοσιεύσεων με Αναφορές} = \left(\frac{\text{Αριθμός Αναφερόμενων Δημοσιεύσεων}}{\text{Συνολικό Αριθμό Δημοσιεύσεων}} \right) * 100$$

- *Δείκτης Συνεργασίας (Collaboration Index)*: το κατά πόσο υπάρχει συνεργασία στις έρευνες και τις δημοσιεύσεις κοινώς είναι το μέτρο που σχετίζεται με το πόσο εκτενώς και με τι συχνότητα υπάρχουν οι συνεργασίες.

$$\text{Δείκτης Συνεργασίας} = \frac{\text{Αριθμός Συνεργατών}}{\text{Αριθμό Συμμετεχόντων Συγγραφέων}}$$

- *Συντελεστής Συνεργασίας (Collaboration Coefficient)*: ο βαθμός συνεργασίας δηλαδή κατά πόσο υπάρχουν κοινές συνεργασίες σε κοινά έργα.

$$\text{Συντελεστής Συνεργασίας} = \frac{\text{Αριθμός Συνεργατικών Δημοσιεύσεων}}{\text{Συνολικός Αριθμός Δημοσιεύσεων}}$$

- *G-Index*: αποτελεί ένα ευρετήριο που έχει τον αριθμό των δημοσιεύσεων και τον αριθμό των αναφορών σε κάθε δημοσίευση
- *H-Index*: πρόκειται για έναν δείκτη που ποσοτικοποιεί την παραγωγικότητα και την απήχηση που έχουν οι δημοσιεύσεις. Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι ότι κάποιος με h-index 10 τότε έχει το λιγότερο 10 δημοσιεύσεις καθεμία από τις οποίες έχει γίνει αναφορά το λιγότερο πάλι 10 φορές.
- *I-Index*: σχετίζεται με τον αριθμό των δημοσιεύσεων που έχουν το λιγότερο 10 ή 100 ή 200 αναφορές.

3.3.2 Επιστημονική Χαρτογράφηση (Science Mapping)

Ο ρόλος της επιστημονικής χαρτογράφησης αναφέρεται στη συμβολή της στην οργάνωση και ανάλυση των ερευνητικών τομέων και των μεταξύ τους σχέσεων. Επιπλέον, οι επιστημονικές σχέσεις που αποτυπώνονται μέσω της χαρτογράφησης εξελίσσονται διαχρονικά. Παρακάτω αναφέρονται οι τεχνικές που απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ ερευνών [6]:

- *Ανάλυση Αναφορών (Citation Analysis)*: οι δημοσιεύσεις που γίνονται μέσω αναφορών ενώ παράλληλα εμφανίζονται και οι δημοσιεύσεις με την περισσότερη επιρροή.
- *Ανάλυση Συν-παραπομπής (Co-citation Analysis)*: η συχνότητα με την οποία γίνεται αναφορά σε δύο έγγραφα αλλά ταυτόχρονα.
- *Ανάλυση Κοινών Λέξεων (Co-word Analysis)*: η ύπαρξη κοινών λέξεων και όρων ανάλογα το ερευνητικό έργο. Παράλληλα δίνει έμφαση στο περιεχόμενο που έχουν οι έρευνες ώστε να εντοπιστούν τάσεις και πρότυπα.
- *Βιβλιογραφική Σύζευξη (Bibliographic Coupling)*: η σχέση που εντοπίζεται μεταξύ των δημοσιεύσεων και των αναφορών ώστε να αναδειχθούν καίρια αλλά και θέματα τα οποία πρόκειται να γίνουν εμφανή με τη πάροδο του χρόνου.

- *Ανάλυση Συν-συγγραφής (Co-authorship Analysis):* στόχος της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι να αναπτυχθούν δίκτυα που θα αποτελούνται από κοινούς συγγραφείς.

3.4 Επιστημονικές Πηγές και Βάσεις Δεδομένων

Σε αυτό το σημείο του κεφαλαίου θα επιλέξουμε να αναλύσουμε σημαντικές βάσεις δεδομένων που καταγράφουν βιβλιογραφικές εγγραφές. Ορισμένες από αυτές είναι η Scopus, Web of Science (WoS) και η dblp.



Εικόνα 3-2 Web of Science (WoS)

Θα επιλέξουμε να αναλύσουμε τη βάση δεδομένων του Web of Science που προέρχεται από τον οίκο Clarivate Analytics και αποτελεί την παλαιότερη βάση με επιστημονικές δημοσιεύσεις που σχετίζονται με βιβλιογραφικές εγγραφές. Διαθέτει αναφορές που προέρχονται ακόμη και από το 1900 ή και νωρίτερα. Διαθέτει τουλάχιστον δώδεκα χιλιάδες περιοδικά που είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν από κριτές και από την δεκαετία του '90 ξεκίνησε και η καταγραφή από πρακτικά που αφορούν συνέδρια. Από τα πιο ιδιαίτερα προτερήματα του WoS είναι η αξιοπιστία η οποία προκύπτει από τα αυστηρά κριτήρια που εφαρμόζονται σε εκδόσεις και περιοδικά καθώς και από την απήχηση που έχουν στην επιστημονική κοινότητα [8-9].



Εικόνα 3-3 database systems and logic programming (dblp)

Θα αναλύσουμε τη βάση δεδομένων dblp (database systems and logic programming) όπου ξεκίνησε από το πανεπιστήμιο της Trier που βρίσκεται στη Γερμανία από μία ερευνητική ομάδα που ασχολούνταν με συστήματα βάσεων δεδομένων και λογικό προγραμματισμό όπου με βάση αυτό αντλήθηκε και το ακρωνύμιο της βάσης dblp. Αρχικά επικεντρωνόταν στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών που σχετιζόταν με το λογικό προγραμματισμό και τις βάσεις δεδομένων στη συνέχεια όμως οι βιβλιογραφικές εγγραφές επεκτάθηκαν σε όλους τους τομείς που είναι σχετικές με την επιστήμη των υπολογιστών. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι το dblp δεν διαθέτει κάποιο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων ωστόσο, περιλαμβάνει εκατομμύρια αρχεία σε ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων που συγκεντρώνει όλες τις σχετικές πληροφορίες. Τέλος είναι αρκετά σημαντικό ότι τα δεδομένα είναι αξιόπιστα [10].



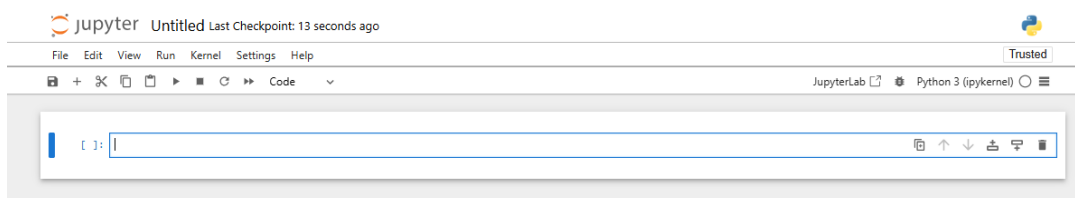
Εικόνα 3-4 Scopus database

Τελευταία πλατφόρμα είναι η Scopus η οποία αποτελεί επιλογή μας για την συλλογή των δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το Scopus ταυτόχρονα χρησιμοποιούμε και τη βάση δεδομένων στην οποία στηρίζεται αυτή του Elsevier και αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε χιλιάδες επιστημονικά αποτελέσματα σε πολλούς κλάδους και τομείς ανάλογα με το τι αναζητάμε. Το Scopus ιδρύθηκε το 2004 και έκτοτε πέραν της βιβλιογραφίας που διαθέτει η οποία εννοείται ότι είναι επιστημονική εκτείνεται και σε δυνατότητες προηγμένων εργαλείων ανάλυσης αλλά και σε αναφορές. Άξιο αναφοράς είναι ότι στη πλατφόρμα μπορούμε να κάνουμε παράλληλη αναζήτηση για μέχρι και δεκατέσσερις χιλιάδες τίτλους. Τα πλεονεκτήματα που διαθέτει το Scopus θα λέγαμε ότι είναι η εκτενής κάλυψη περιεχομένου που διαθέτει αλλά και τα αναλυτικά του εργαλεία [11-12].

3.5 Εργαλεία Λογισμικού

Παρακάτω θα αναλυθούν τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ανάλυση απόδοσης και την επιστημονική χαρτογράφηση.

3.5.1 Python – Jupyter notebook



Εικόνα 3-5 Περιβάλλον Jupyter Notebook

Το Jupyter Notebook είναι μία διαδραστική εφαρμογή ιστού η οποία αποτελεί εφαρμογή ανοιχτού κώδικα (opensource). Υποστηρίζει πάνω από 40 γλώσσες προγραμματισμού και μέσα σε αυτές και την Python με την οποία επιλέξαμε να ασχοληθούμε εμείς σε αυτή την εργασία. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι χρησιμοποιείται για επιστημονικές έρευνες, για τον εκπαιδευτικό τομέα αλλά και την ανάλυση δεδομένων αφού είναι ιδιαίτερα εύχρηστο [13]. Στην Εικόνα 2-5 παρατηρείται άμεσα η δομή του περιβάλλοντος εργασίας του Jupyter Notebook. Σαν γλώσσα προγραμματισμού επιλέχθηκε η Python καθώς διαθέτει πληθώρα βιβλιοθηκών και είναι ιδιαίτερα διάσημη τα τελευταία χρόνια για την ανάλυση δεδομένων που την κάνει ευκολότερη ειδικά αν πρόκειται για μεγάλα σύνολα από δεδομένα. Ακόμη ένας λόγος ήταν η οπτικοποίηση αυτών των δεδομένων όπου μέσω των εξαιρετικών εργαλείων που διαθέτει έχουμε εξαιρετικά γραφήματα αλλά και διαγράμματα.

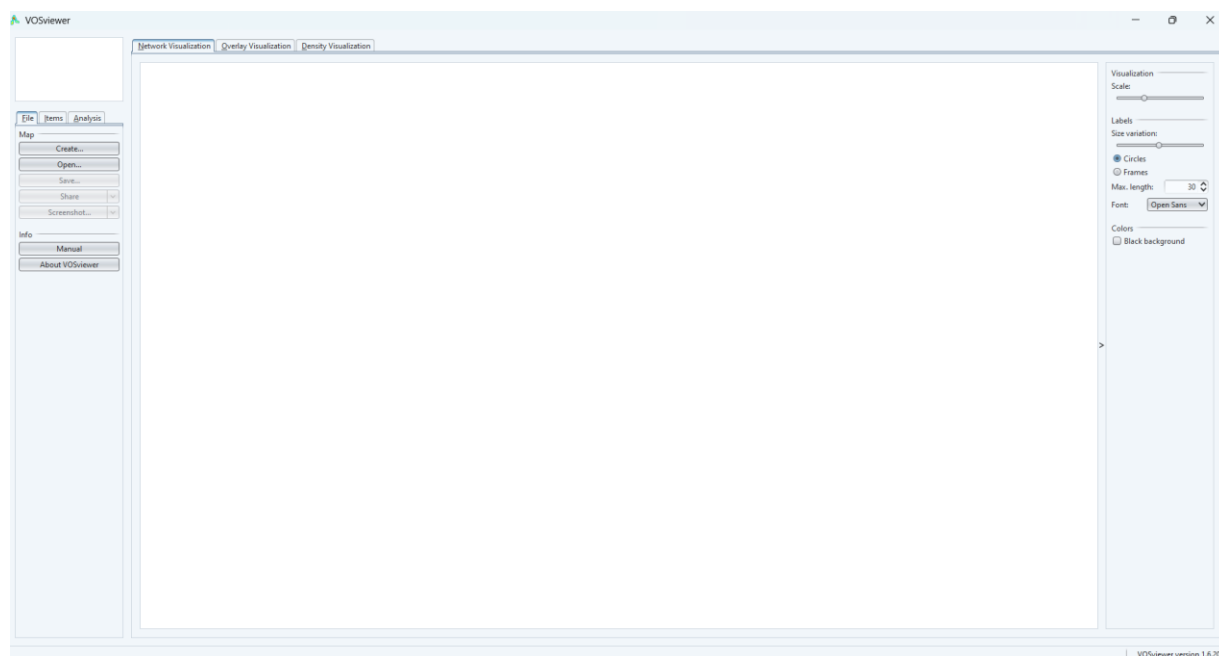
Με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python μπορούμε να εφαρμόσουμε ορισμένες μεθόδους ανάλυσης οι οποίες είναι απαραίτητες σε μια βιβλιομετρική ανάλυση. Ανάμεσα σε αυτές τις μεθόδους είναι η ανάλυση των δεδομένων, η επεξεργασία τους και στο τελευταίο στάδιο, όπου η οπτικοποίηση των δεδομένων καθίσταται απαραίτητη. Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων βασικό ρόλο διαδραματίζουν δύο ιδιαίτερα σημαντικές βιβλιοθήκες η numpy και η pandas. Η βιβλιοθήκη pandas μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα στο καθαρισμό των δεδομένων όταν υπάρχουν δεδομένα τα οποία εμφανίζουν ελλείψεις εγγραφές ή

ακόμα και λανθασμένες. Από την άλλη μεριά η βιβλιοθήκη numpy συμβάλει εξίσου στον υπολογισμό αριθμητικών πράξεων σε πολλά δεδομένα [14]. Μία ιδιαίτερα σημαντική βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση των δεδομένων είναι η matplotlib όπου με αυτό τον τρόπο έχουμε τη δημιουργία διαγραμμάτων και γραφημάτων [15].

3.5.2 VOSViewer



Εικόνα 3-6 VOSViewer

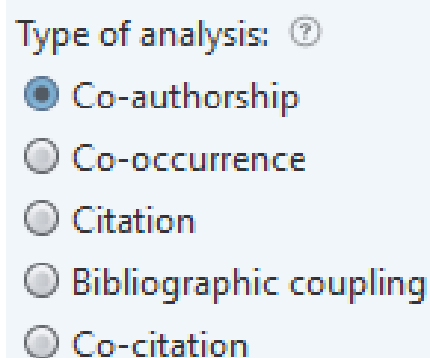


Εικόνα 3-7 VOSViewer Περιβάλλον Εργασίας

Το VOSViewer αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο λογισμικού καθώς έχει την ιδιότητα να δημιουργεί και στη συνέχεια να οπτικοποιεί βιβλιομετρικά δίκτυα. Δημιουργήθηκε από

τους Nees van Ect και Ludo Waltman στο πανεπιστήμιο του Leiden. Το VOSViewer λοιπόν έχει την εξαιρετική δυνατότητα να δημιουργεί βιβλιογραφικούς χάρτες διαφόρων τύπων. Οι οντότητες και τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιεί για να δημιουργηθούν αυτοί οι χάρτες ενδέχεται να προέρχονται από περιοδικά, ερευνητικές δημοσιεύσεις και άλλες πηγές που αφορούν την ακαδημαϊκή έρευνα. Για αυτόν τον λόγο υποστηρίζει την εισαγωγή δεδομένων από τις μεγαλύτερες βιβλιομετρικές βάσεις.. Οι παράμετροι οι οποίοι μπορούν να αναπτυχθούν και να οπτικοποιηθούν σε χάρτη είναι οι αναφορές, η βιβλιογραφική σύζευξη, η συν-εμφάνιση σε αναφορές και η συν-συγγραφή [17-18].

Στο VOSViewer εντοπίζουμε μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιούνται ώστε να γίνει κατανοητός ένας τομέας κατά κύριο λόγο ερευνητικός. Η ανάλυση συνεργασιών (co-authorship) εξετάζει αν οι συγγραφείς συνδέονται στο ίδιο ερευνητικό δίκτυο. Αυτό μπορεί να προκύπτει από το γεγονός είτε μίας άμεσης συνεργασίας όπου οι συγγραφείς βρίσκονται στο ίδιο ερευνητικό έργο είτε η συνεργασία είναι έμμεση και στο δίκτυο συνυπάρχουν εξαιτίας άλλων



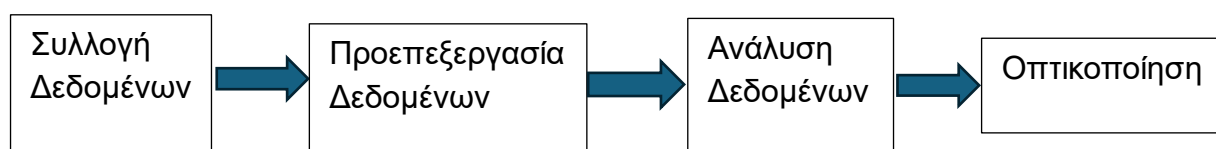
Εικόνα 3-8 Μέθοδοι Ανάλυσης

συνεργασιών που τους συνδέει. Σαν τύπος ανάλυσης παρουσιάζεται η συν εμφάνιση των λέξεων κλειδιών (co-occurrence analysis) όπου δημιουργούνται δίκτυα με βάση τις λέξεις κλειδιά. Ακόμη μία σημαντική μέθοδος ανάλυσης είναι η ανάλυση αναφορών (citation analysis) όπου παραπέμπει και σχηματίζει δίκτυο με βάση τις αναφορές που υπάρχουν από το ένα άρθρο, χώρα ή ακόμα και συγγραφέα σε κάποιο άλλο. Υπάρχει μία μέθοδος ανάλυσης που υποστηρίζει ότι δύο δημοσιεύσεις θεωρούνται co-cited όταν υπάρχει μία τρίτη δημοσίευση όπου κάνει αναφορά στις άλλες δύο, και αυτή ονομάζεται ανάλυση συν-παραπομπής (co-citation analysis). Η βιβλιογραφική σύζευξη (bibliographic coupling) όπου προκύπτει όταν δύο δημοσιεύσεις χρησιμοποιούν ως αναφορά τους μία τρίτη δημοσίευση η οποία όμως χρονικά έχει δημοσιευτεί νωρίτερα [19].

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε βασίστηκε στην δημοσίευση των Lim et al. [20] ξεκινάει από τη συλλογή δεδομένων, όπου επιλέχθηκε μια σημαντική και αξιόπιστη πηγή που διασφαλίζει την εγκυρότητα των δεδομένων. Σε επόμενο στάδιο εφαρμόζεται προεπεξεργασία δεδομένων όπου ο καθαρισμός των δεδομένων είναι απαραίτητος ώστε να υπάρχουν καταγεγραμμένες οι σωστές εγγραφές. Στο τελικό στάδιο τα δεδομένα αναλύθηκαν, οπτικοποιήθηκαν και παρουσιάστηκαν μέσω γραφημάτων.



Εικόνα 4-1 Μεθοδολογία Έρευνας

4.2 Συλλογή Δεδομένων

Στη βιβλιομετρική ανάλυση χρησιμοποιείται η διαδικασία της συλλογής δεδομένων (data collection) όπου αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο στο οποίο πρέπει να δοθεί έμφαση. Αρχικά πρέπει να αντληθούν τα δεδομένα από επιστημονικά έγγραφα, περιοδικά ή και σεμινάρια που να σχετίζονται με τον τομέα τον οποίο μελετάτε και να συμπληρώνουν τους σκοπούς για τους οποίους γίνεται η αντίστοιχη έρευνα. Για να επιτευχθεί αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν λέξεις-κλειδιά σχετικές με το αντικείμενο που μελετάται κάθε φορά. Στη βιβλιομετρική ανάλυση σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή της βάσης δεδομένων. Στις βάσεις δεδομένων όπως στη Scopus μπορούμε να ορίσουμε κριτήρια τα οποία θα μπορέσουν να μας διευκολύνουν. Ανάμεσα σε αυτά είναι το χρονικό διάστημα, ο τύπος των εγγράφων αλλά και τα επιστημονικά πεδία που χρειάζονται να ερευνηθούν [18].

Για τη συλλογή των δεδομένων επιλέχθηκε η βάση δεδομένων της Scopus, λόγω του αριθμού των τίτλων που προσφέρει η οποία είναι αξιόλογη λόγω του αριθμού των τίτλων που περιλαμβάνει, καθώς και της γεωγραφικής κάλυψής της. Η πλατφόρμα του Scopus είναι εύκολη στη χρήση και στην απόκτηση αρχείου με τις εγγραφές τις οποίες επιθυμούμε εφόσον έχει πραγματοποιηθεί η αντίστοιχη αναζήτηση.

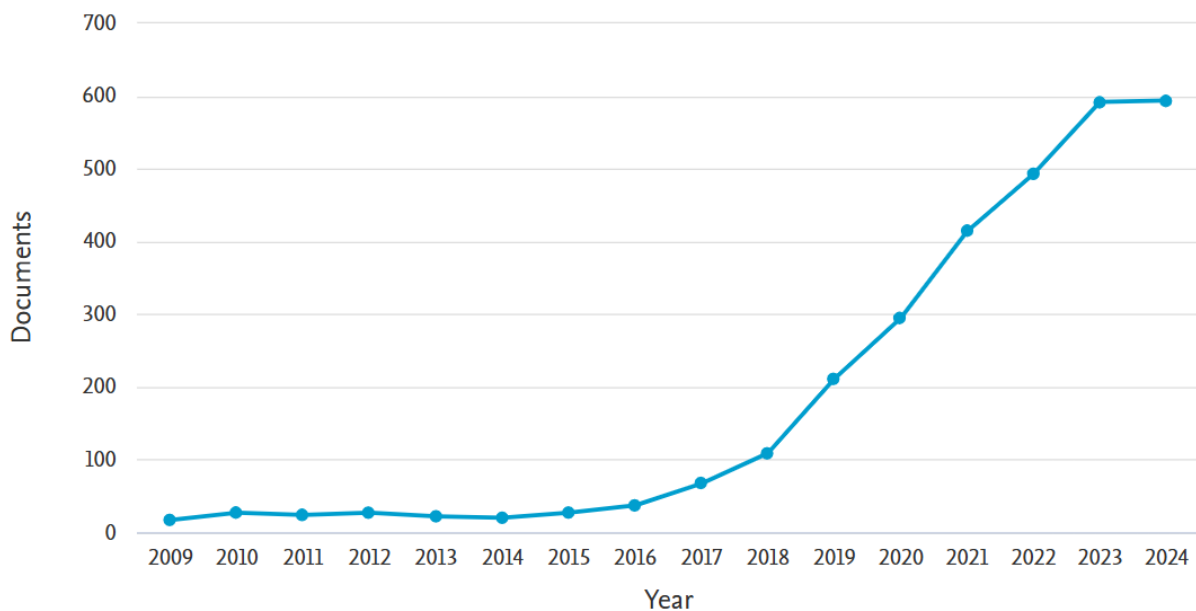
Στην Εικόνα 4-2 το ερώτημα διαμορφώθηκε μετά από διάφορους συνδυασμούς λέξεων-κλειδίων όπως παρατηρείται στην πρώτη γραμμή. Το χρονικό διάστημα για το οποίο έγινε η αναζήτηση είναι από το 2009 μέχρι και το 2024. Οι εγγραφές που μελετήσαμε εμείς ήταν 2876 (4/10/2024). Αξίζει επίσης να αναφερθεί η σημαντική συμβολή των επιλεγμένων τομέων που επιλέγονται κατά την αναζήτηση καθώς και η επιλογή συγκεκριμένης γλώσσας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έγινε επιλογή τομέων που σχετίζονταν με τη πληροφορική (COMP), τη μηχανική (ENGI), τα μαθηματικά (MATH), τις κοινωνικές επιστήμες (SOCl) και την επιστήμη αποφάσεων (DECI). Ακόμη έγινε εξαίρεση ορισμένων εγγράφων όπως τα συντακτικά άρθρα, οι επιστολές προς εκδότες, οι ανασκοπήσεις συνεδρίων και τις σημειώσεις. Εν συνεχεία το Scopus μας δίνει τη δυνατότητα να εξάγουμε τα δεδομένα αναλόγως με την μορφή που είναι επιθυμητή. Επίσης δίνεται και η δυνατότητα οπτικοποίησης κάποιων αποτελεσμάτων όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4-3.

[Enter query string](#)

```
TITLE-ABS-KEY ( ( "age of Information" OR "age of Information (AoI)" OR age-of-information ) ) AND PUBYEAR > 2008 AND PUBYEAR < 2025 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA,"COMP" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"MATH" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"SOCl" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"DECI" ) ) AND ( EXCLUDE ( DOCTYPE,"er" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE,"ed" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE,"cr" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE,"no" ) )
```

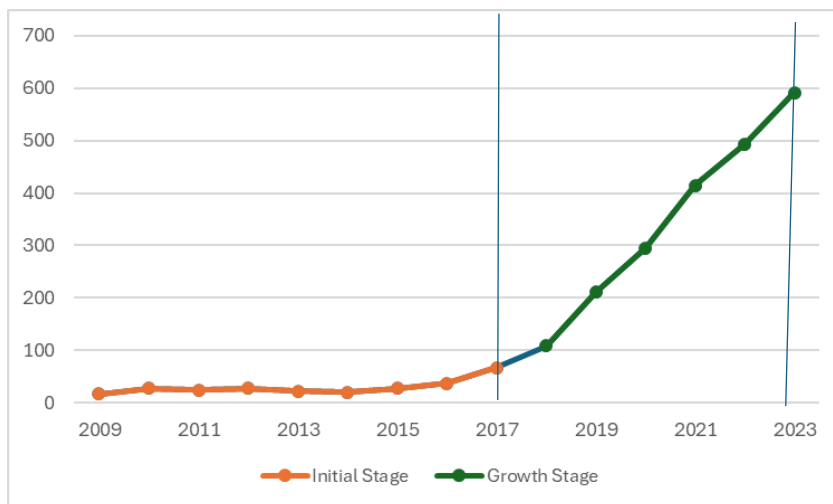
Εικόνα 4-2 Αποτύπωση Ερωτήματος

Documents by year



Εικόνα 4-3 Συνολικές Δημοσιεύσεις Ανά Έτος

Στην Εικόνα 4-3 παρατηρούμε τις ερευνητικές δημοσιεύσεις ανά έτος. Όπως φαίνεται οι πρώτες δημοσιεύσεις εμφανίζονται το 2009. Αυτό συμφωνεί με την διαπίστωση ότι αυτή τη περίοδο αναδύθηκε το ενδιαφέρον για την έννοια της ηλικίας της πληροφορίας. Τα επόμενα έτη παρατηρούμε έντονη συγγραφική δραστηριότητα με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση των δημοσιεύσεων. Το ενδιαφέρον αυτό συνεχίζει να παραμένει αυξημένο έως και σήμερα και η ανοδική τάση εξακολουθεί να παρατηρείται (Εικόνα 4-



Εικόνα 4-4 Στάδια Εξέλιξης

3).

Στην Εικόνα 4-4 μπορούμε να δούμε αναλυτικότερα τα στάδια εξέλιξης τα οποία είναι τρία. Παρατηρούμε ότι από το 2009 έως και το 2017 οι δημοσιεύσεις βρίσκονται σε αρχικό στάδιο και είναι λίγες από το 2018 παρατηρείται αύξηση στις δημοσιεύσεις ενώ έκτοτε η πορεία του θέματος της ηλικίας της πληροφορίας ακολουθεί σταθερά ανοδική τάση.

4.3 Προεπεξεργασία δεδομένων

Ένα απαραίτητο βήμα για την επεξεργασία και τον καθαρισμό των δεδομένων είναι η διαδικασία της εξαγωγής του αρχείου. Αφού ολοκληρωθεί η αναζήτηση στη βάση δεδομένων με τα κατάλληλα φίλτρα, ακολουθεί η εξαγωγή των δεδομένων από τη βάση Scopus. Σε αυτό το στάδιο, η πλατφόρμα διευκολύνει τη διαδικασία παρέχοντας τη δυνατότητα εξαγωγής μέσω της εντολής 'Export', επιτρέποντας την άντληση δεδομένων σε επιθυμητές μορφές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άντληση δεδομένων σε συγκεκριμένες επιθυμητές μορφές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η εξαγωγή των δεδομένων έγινε σε csv αρχείο και περιλάμβανε όλες τις εγγραφές. Εν συνεχεία για τον καθαρισμό και την επεξεργασία των δεδομένων έγινε επιλογή του Jupyter Notebook και της γλώσσας προγραμματισμού Python. Χρησιμοποιώντας το Jupyter Notebook αρχικά έγινε η εισαγωγή του csv αρχείου επετεύχθη η εύρεση και η διαγραφή των διπλότυπων τιμών και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν τα καθαρά δεδομένα σε ένα καινούριο csv αρχείο.

Το επόμενο βήμα ήταν ο καθαρισμός των ασυνεπειών οι οποίες αφορούσαν την ορθογραφία. Αυτό αντιμετωπίστηκε δημιουργώντας έναν θησαυρό στο πρόγραμμα VOSViewer. Αρχικά, δημιουργείται ένα αρχείο CSV στο Excel, το οποίο περιέχει δύο στήλες: μία με το όνομα "label", όπου καταγράφονται οι λέξεις-κλειδιά κάθε δημοσίευσης, και μία ακόμη με την ονομασία "replace by", η οποία χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση συγκεκριμένων όρων. Η ακρίβεια των ονομάτων των στηλών είναι απαραίτητη, καθώς τυχόν αποκλίσεις μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την εισαγωγή του θησαυρού στο VOSViewer. Ο θησαυρός χρησιμοποιείται για την ενοποίηση όρων που αναφέρονται με διαφορετικούς τρόπους, διασφαλίζοντας

συνέπεια στα δεδομένα και αποφεύγοντας διπλότυπες καταχωρίσεις. Με αυτόν τον τρόπο, βελτιώνεται η ακρίβεια των χαρτών που παράγονται μέσω του VOSViewer.

Περιγραφή	Αποτελέσματα
ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
Χρονικό Διάστημα	2009 : 2024
Έγγραφα	2876
Πηγές (πχ περιοδικά, βιβλία)	5
Σύνολο Αναφορών	38297
Μέσο Όρος Αναφορών	13.31
Συγγραφείς	4859
Έγγραφα Με Μοναδικό Συγγραφέα	206

Πίνακας 1 Βασικές Πληροφορίες για Δεδομένα

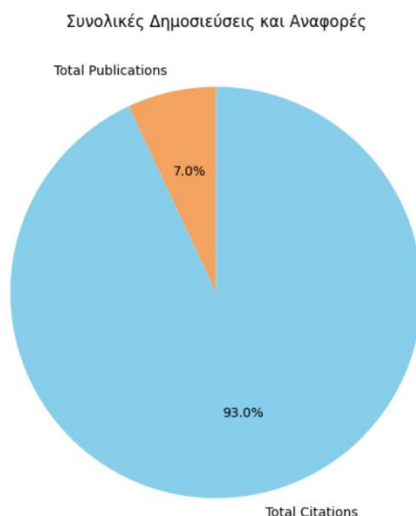
4.4 Ανάλυση απόδοσης (Performance Analysis)

Για τη μελέτη της επιστημονικής παραγωγής και τον προσδιορισμό των βασικών χαρακτηριστικών του ΑοΙ χρησιμοποιήθηκαν βιβλιομετρικοί δείκτες οι οποίοι αναφέρθηκαν στην ενότητα 3.3.1

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι δείκτες:

- Συνολικές Δημοσιεύσεις
- Συνολικές Αναφορές
- Συνολικές Αναφορές και Δημοσιεύσεις

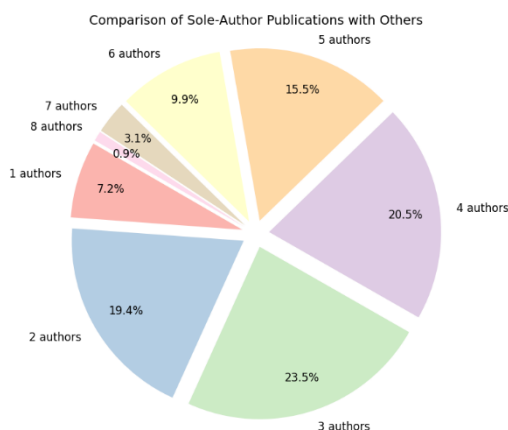
Συνολικές Δημοσιεύσεις και Συνολικές Αναφορές



Εικόνα 4-5 Συνολικές Δημοσιεύσεις και Αναφορές

Στην Εικόνα 4-5 παρατηρούμε ότι οι συνολικές αναφορές (38297) που παρουσιάζονται δηλαδή η μπλε περιοχή στο διάγραμμα της πίτας είναι συντριπτικά περισσότερες σε σχέση με τις συνολικές δημοσιεύσεις (2875) που αντιπροσωπεύουν μόλις το επτά τις εκατό. Ουσιαστικά μέσω αυτού του αποτελέσματος προκύπτει το αποτέλεσμα πως κάθε δημοσίευση έχει λάβει πολλές αναφορές, δηλαδή η δουλειά που έχει δημοσιευτεί είναι αρκετά γνωστή και χρησιμοποιείται από αρκετούς ερευνητές.

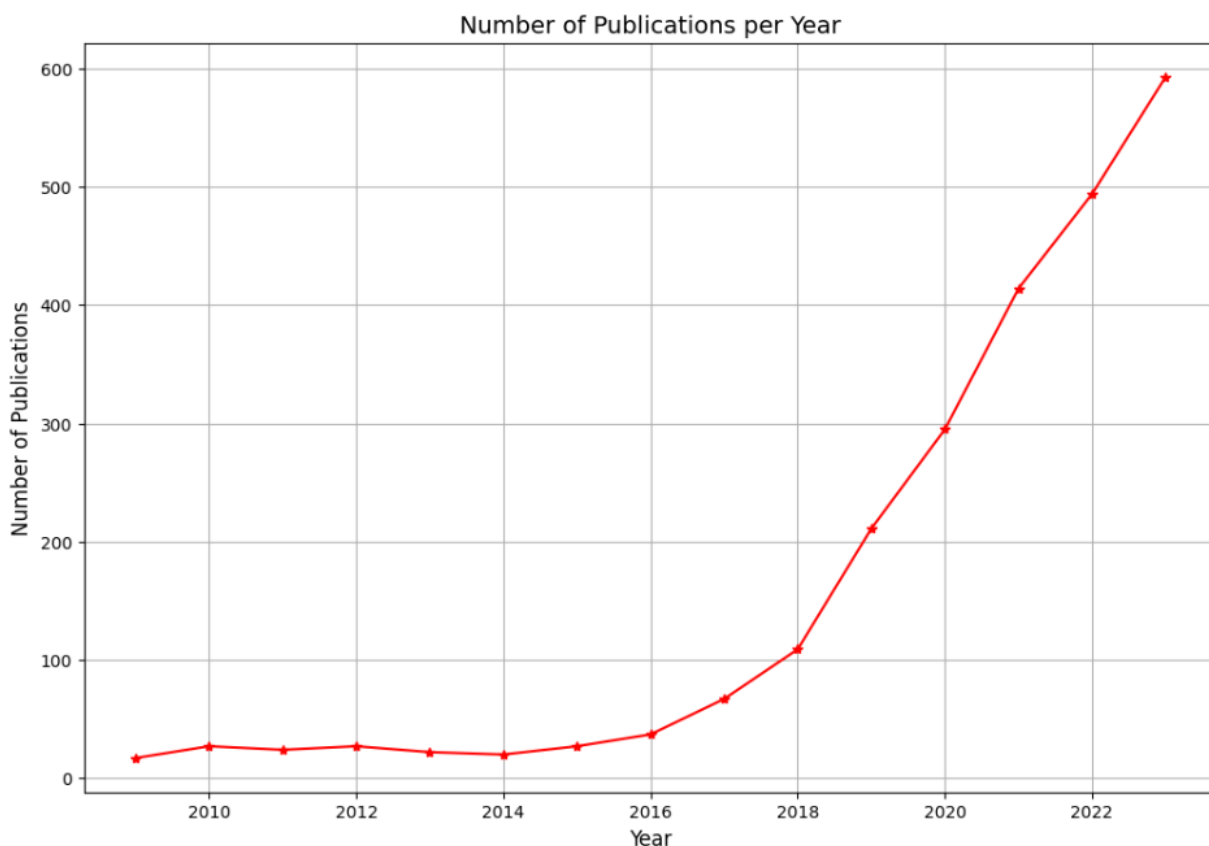
Δημοσιεύσεις με μοναδικό συγγραφέα και Δημοσιεύσεις Συνεργασίας



Εικόνα 4-6 Δημοσιεύσεις με μοναδικό συγγραφέα

Στην Εικόνα 4-6 παρουσιάζεται η κατανομή των δημοσιεύσεων σε σχέση με τον αριθμό των συγγραφέων. Παρατηρείται ότι οι δημοσιεύσεις με μοναδικό συγγραφέα είναι 7.2% (206) γεγονός που δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των δημοσιεύσεων είναι αποτέλεσμα συνεργατικής συγγραφής. Γενικότερα η συνεργασία μεταξύ πολλών ερευνητών αποτελεί τον κανόνα και όχι την εξαίρεση καθώς με βάση και την Εικόνα 4-6 η πλειονότητα των δημοσιεύσεων αποτελείται από δύο έως και πέντε συγγραφείς.

Αριθμός Ενεργών Ετών Δημοσίευσης (Number of Active Years of Publication)

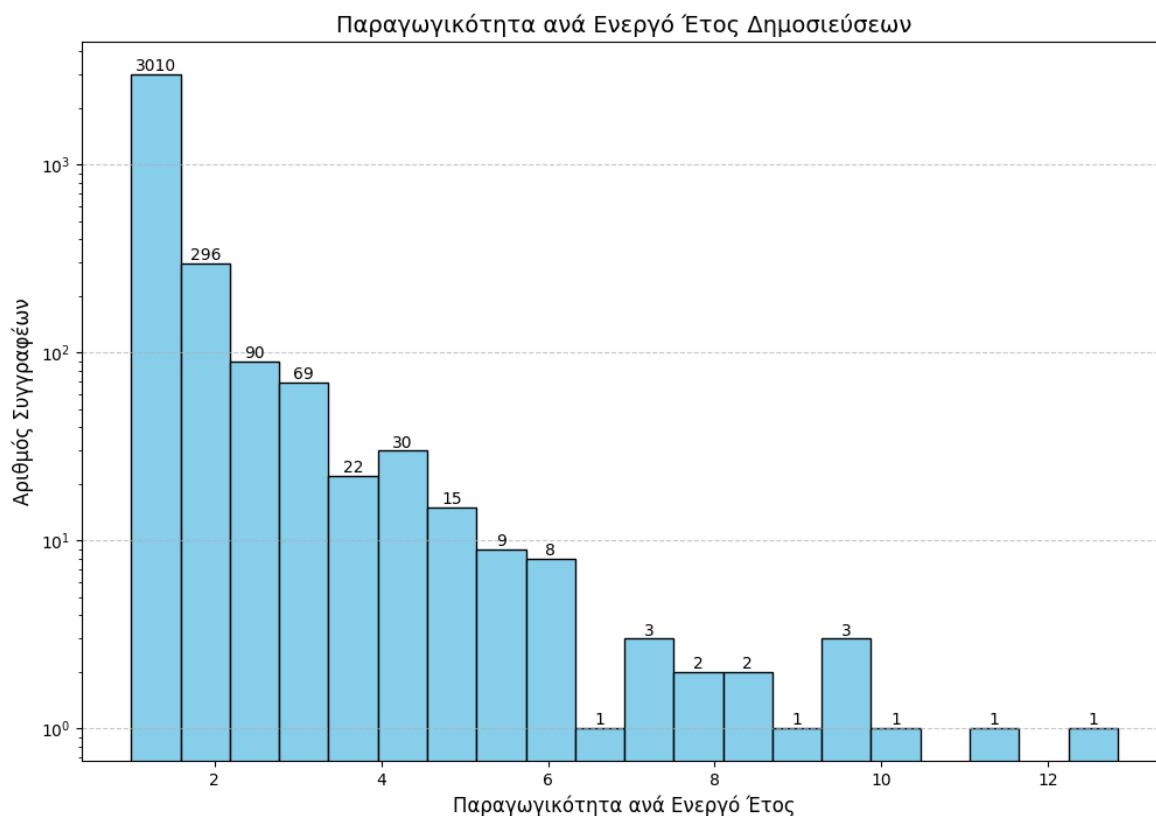


Εικόνα 4-7 Δημοσιεύσεις Ανά Έτος

Στην Εικόνα 4-8 πρόκειται για τα ενεργά έτη, δηλαδή τα έτη όπου υπάρχουν καταγεγραμμένες επιστημονικές εργασίες για το συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο. Στον Χ άξονα παρατηρούνται τα ενεργά έτη ενώ στο άξονα Υ βρίσκεται ο αριθμός των δημοσιεύσεων. Όπως φαίνεται οι δημοσιεύσεις ξεκινούν από το 2009 και παρουσιάζονται μέχρι και το 2023 με αυξητική ροή. Από το 2009 έως περίπου και το 2017 διακρίνουμε μία σταθερότητα στο πεδίο της ηλικίας της πληροφορίας αυτό συνέβη

λόγω του χαμηλού ερευνητικού ενδιαφέροντος για το συγκεκριμένο πεδίο. Από το 2018 και έπειτα παρατηρείται έντονη αύξηση και ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο πεδίο.

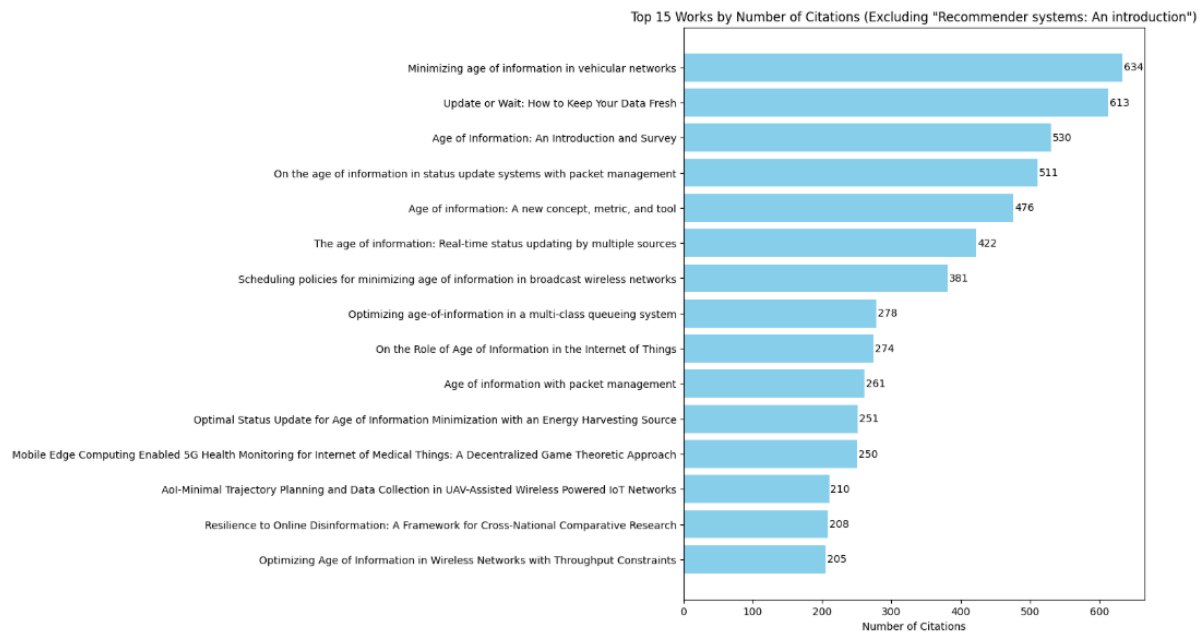
Παραγωγικότητα Ανά Ενεργό Έτος Δημοσιεύσεων (Productivity per Active Year of Publication)



Εικόνα 4-8 Παραγωγικότητα Ανά Ενεργό Έτος Δημοσιεύσεων

Στο ιστόγραμμα της Εικόνας 4-9 παρατηρείται ότι οι περισσότεροι συγγραφείς έχουν παραμείνει συγγραφικά ενεργοί μόνο για ένα έτος ενώ οι συγγραφείς που βρίσκονται συγγραφικά ενεργοί για περισσότερα έτη δηλαδή από δύο έτη και πάνω είναι σημαντικά λιγότεροι.

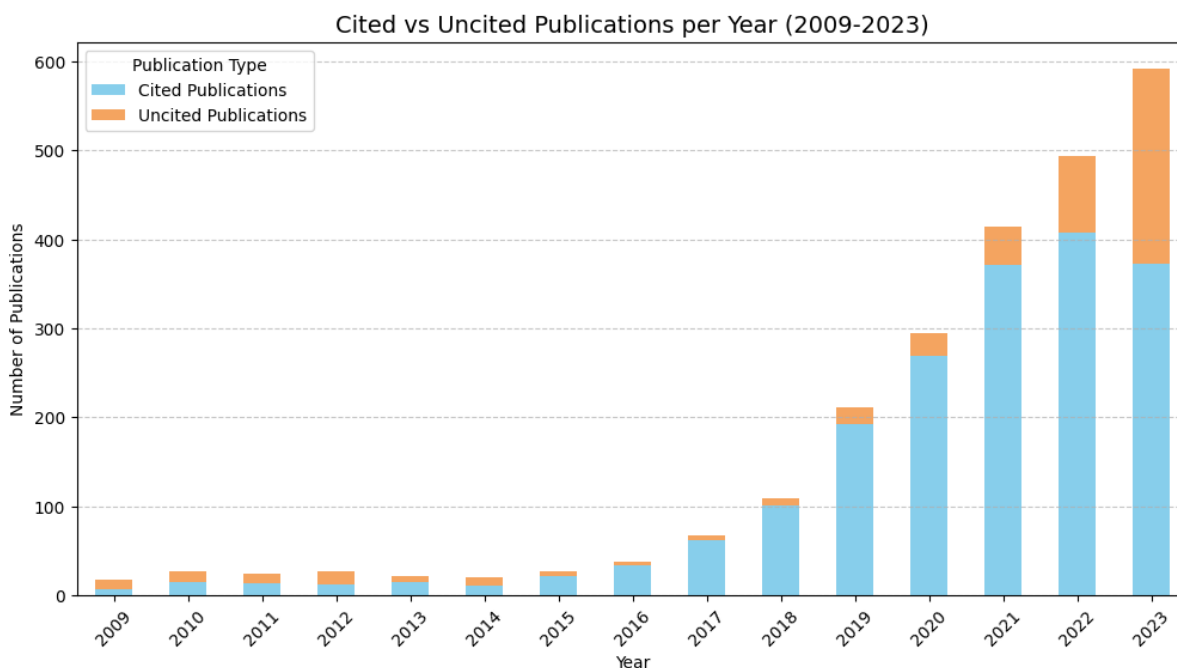
Σύνολο Αναφορών (Total Citations)



Εικόνα 4-9 Σύνολο Αναφορών για 15 Δημοσιεύσεις

Στην Εικόνα 4-10 πρόκειται για ένα ραβδόγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι 15 έρευνες που έχουν τις περισσότερες αναφορές ταξινομημένες με βάση τον αριθμό αναφορών. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μήκος που έχει κάθε ράβδος αποτελεί και τον αριθμό αναφορών από τον οποίο αποτελείται η αντίστοιχη δημοσίευση. Η πιο αναφερόμενη εργασία είναι η "Recommender systems: An Introduction" και έχει συγκεντρώσει 1125 αναφορές, που σημαίνει ότι έχει σημαντική επιρροή για το επιστημονικό πεδίο. Η δεύτερη πιο αναφερόμενη εργασία είναι η "Minimizing age of information in vehicular networks" και έχει 634 αναφορές. Ενώ η τρίτη δημοσίευση με 613 αναφορές είναι η "Update or Wait: How to Keep Your Data Fresh", η οποία εξετάζει στρατηγικές για τη διατήρηση των δεδομένων όσο γίνεται πιο "φρέσκα".

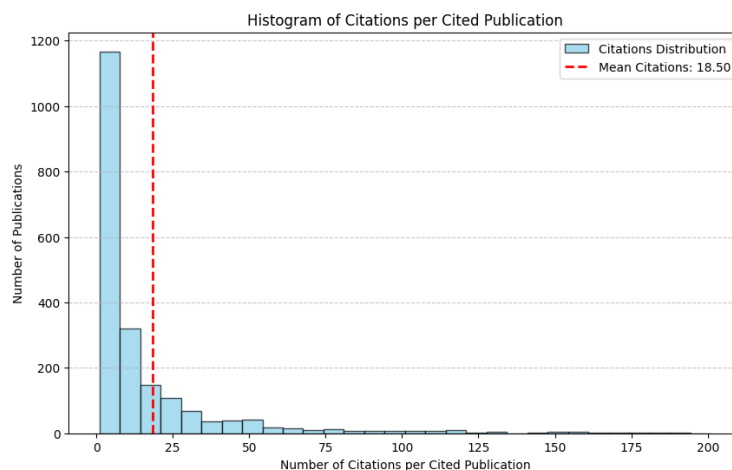
Αριθμός αναφερόμενων δημοσιεύσεων (Number of Cited Publications)



Εικόνα 4-10 Αριθμός Αναφερόμενων Δημοσιεύσεων

Στην Εικόνα 4-11 παρουσιάζεται η συνολική κατανομή των δημοσιεύσεων που έχουν λάβει τουλάχιστον μία αναφορά σε σχέση με εκείνες που δεν έχουν λάβει καμία. παρατηρείται μια σαφής αύξηση του αριθμού των δημοσιεύσεων από το 2017 και μετά, γεγονός που υποδηλώνει την αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα στο αντικείμενο. Επιπλέον, ενώ αρχικά το ποσοστό των μη αναφερόμενων δημοσιεύσεων είναι σχετικά υψηλό, από το 2018 και έπειτα μειώνεται, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη ενσωμάτωση των νέων δημοσιεύσεων σε ερευνητικές εργασίες

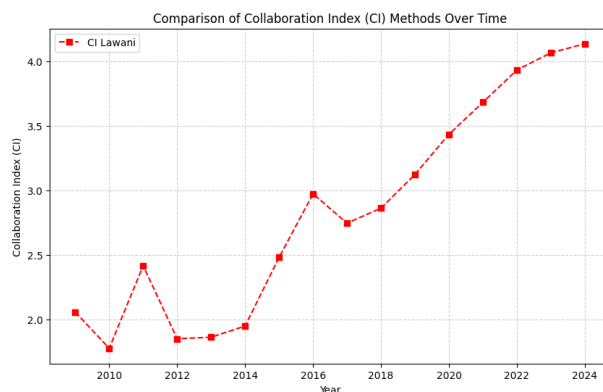
Αναφορές από αναφερόμενες δημοσιεύσεις (Citation per Cited Publications)



Εικόνα 4-11 Αναφορές από Αναφερόμενες Δημοσιεύσεις

Στην Εικόνα 4-12 παρατηρείται ένα ιστόγραμμα που απεικονίζει την κατανομή των αναφορών ως προς τις αναφερόμενες δημοσιεύσεις. Παρατηρώντας το γράφημα στην αριστερή πλευρά του διακρίνουμε ότι οι περισσότερες δημοσιεύσεις έχουν κάτω από 50 αναφορές στη δεξιά πλευρά του ιστογράμματος παρατηρούνται ορισμένες απομονωμένες στήλες, που σημαίνει ότι ελάχιστες δημοσιεύσεις έχουν πολλές αναφορές. Μέσω αυτής της παρατήρησης μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι κάποιες δημοσιεύσεις έχουν απήχηση και λαμβάνουν πολλές αναφορές ενώ η συντριπτική πλειονότητα λαμβάνει λίγες έως και καθόλου αναφορές. Ο μέσος αριθμός αναφορών ανά δημοσίευση είναι περίπου 18.5. Συνοψίζοντας υπάρχει μία power-law κατανομή καθώς η πλειονότητα των δημοσιεύσεων βρίσκονται κοντά στο μηδέν και υπάρχουν και ορισμένες δημοσιεύσεις που ανεβάζουν τον μέσο όρο των αναφορών.

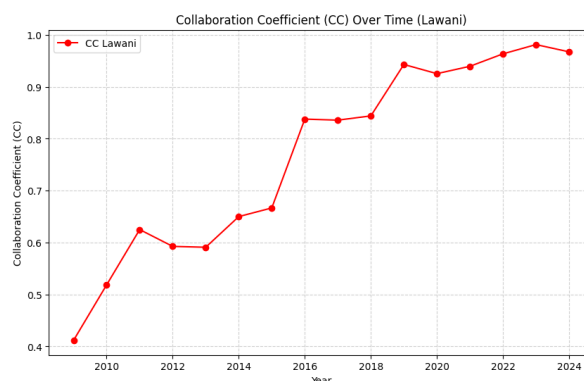
Δείκτης Συνεργασίας (Collaboration Index)



Εικόνα 4-12 Δείκτης Συνεργασίας

Στην Εικόνα 4-13 παρατηρείται ο υπολογισμός του δείκτη συνεργασίας σε βάθος χρόνου, ξεκινάει από το 2009 και συνεχίζει έως το 2024. Η κόκκινη γραμμή εφαρμόζει τον δείκτη συνεργασίας με βάση τον Lawani [52] όπου περιλαμβάνει και τις δημοσιεύσεις που έχουν μοναδικό συγγραφέα. Παρατηρείται ότι από το 2009 έως το 2024 η τάση είναι μονίμως ανοδική.

Συντελεστής Συνεργασίας (Collaboration Coefficient)



Εικόνα 4-13 Σύγκριση Μεθόδων Συντελεστών Συνεργασίας σε Βάθος Χρόνου

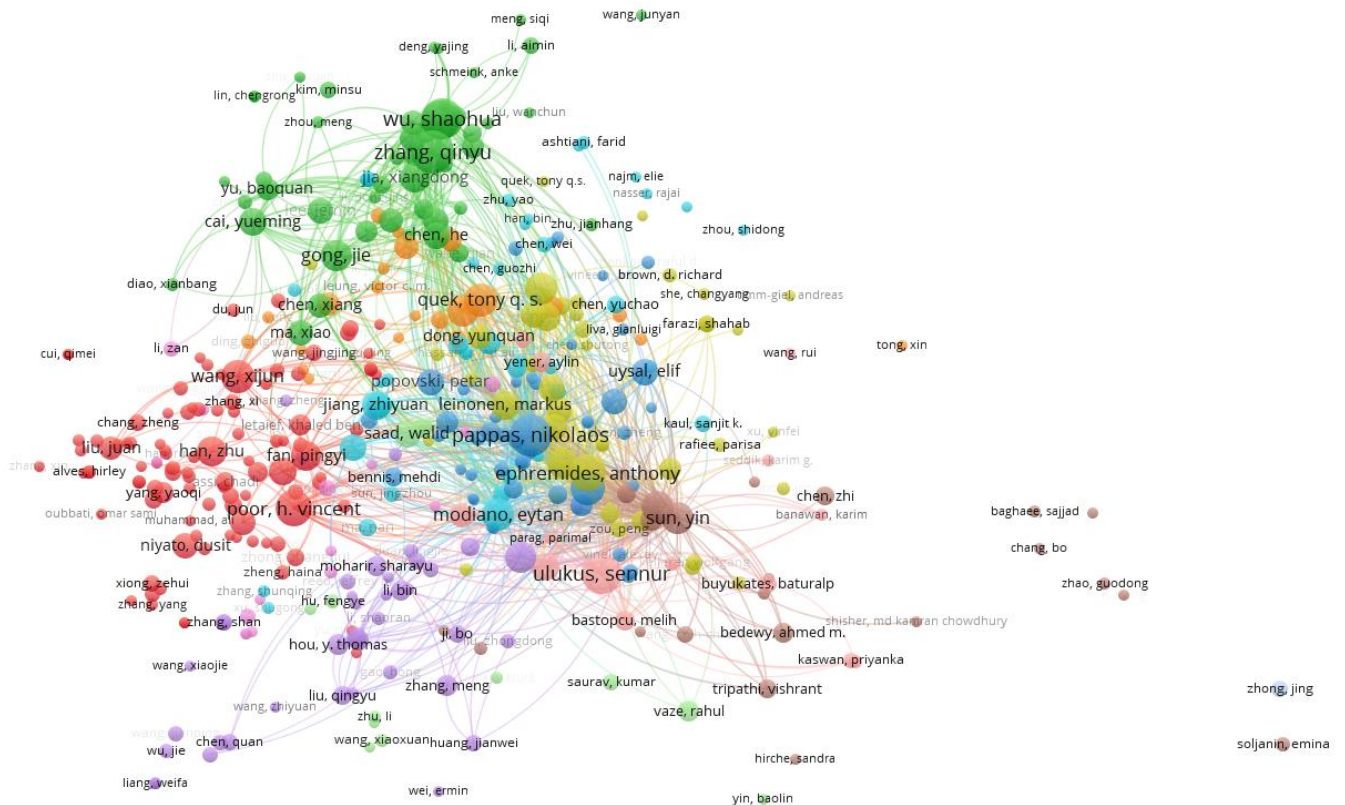
Στην Εικόνα 4-14 απεικονίζεται ο συντελεστής συνεργασίας από το έτος 2009 έως και το 2024. Αν ο συντελεστής βρίσκεται στο 1 υπάρχει απόλυτη συνεργασία ενώ αν βρίσκεται στο 0 πρόκειται για κανένα είδος συνεργασίας. Η κόκκινη γραμμή ακολουθεί τον υπολογισμό μέσω του Lawani όπου είναι μία πιο σύνθετη μέθοδος η οποία δεν

επιβραβεύει τις δημοσιεύσεις που αποτελούνται από λίγους συγγραφείς ή τις δημοσιεύσεις με μοναδικό συγγραφέα. Παρατηρείται ότι στην Εικόνα 4-14 οι μονό-συγγραφικές δημοσιεύσεις είναι ελάχιστες και καθώς περνάνε τα χρόνια αυξάνεται ο συντελεστής οπότε πρόκειται σχεδόν για εξάλειψη.

4.5 Ανάλυση περιεχομένου (Science Mapping)

Ανάλυση Αναφορών (Citation Analysis)

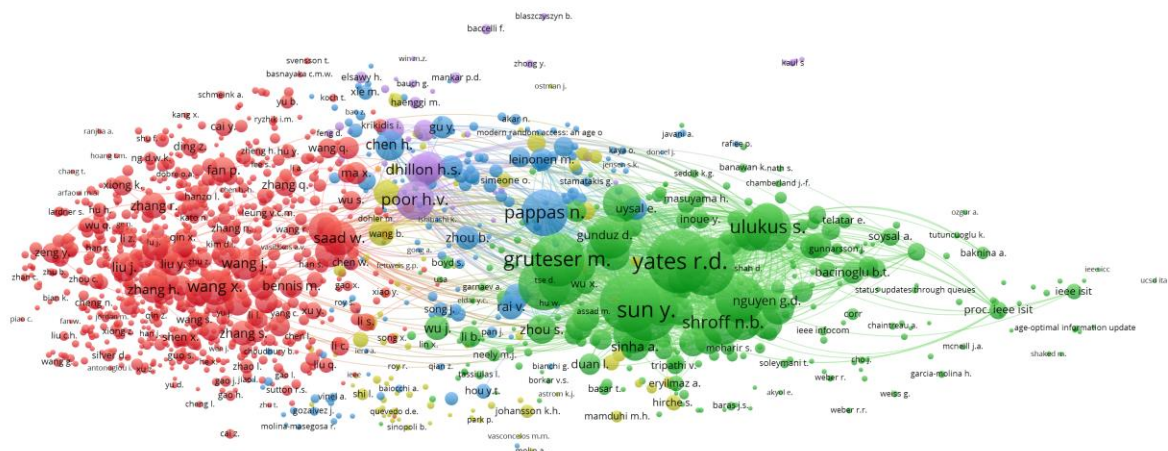
Στην Εικόνα 4-17 παρουσιάζεται ένα δίκτυο συσχέτισης που κάνει εμφανή τη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των συγγραφέων ως προς τι αναφορές. Παρατηρείται ότι ο κάθε κόμβος αντιπροσωπεύει έναν συγγραφέα, ενώ το μέγεθος το οποίο σχετίζεται με τον κάθε κύκλο αντικατοπτρίζει τη σημαντικότητα του κάθε συγγραφέα. Τα διάφορα χρώματα τα οποία υπάρχουν μέσα στο δίκτυο αναπαριστούν και πολλές διαφορετικές ομάδες επομένως και πολλές διαφορετικές ομαδοποιήσεις οι οποίες προκύπτουν από το πόσο άμεσα έχουν συνεργαστεί οι συγγραφείς μεταξύ τους. Τέλος οι συνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ των κόμβων υποδεικνύουν τις συνεργασίες μεταξύ των συγγραφέων, ενώ το πάχος των συνδέσεων αποτελούν σημαντικό σημάδι για τη συχνότητα της συνεργασίας. Ιδιαίτερα σημαντικό ωστόσο είναι να μην ξεχνάμε ότι αρκετές φορές σε τέτοιου είδους χάρτες μπορούμε να συναντήσουμε και περιοχές που είναι απομονωμένες και αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι δεν διαθέτουν τόσες συνδέσεις και συνεργασίες ή ακόμη και ότι εργάζονται και ερευνούν σε πιο ιδιαίτερους και συγκεκριμένους τομείς.



Εικόνα 4-14 Οπτικοποίηση Δικτύου Συνεργασιών μεταξύ Συγγραφέων

Ανάλυση συν-παραπομπής (Co-citation analysis)

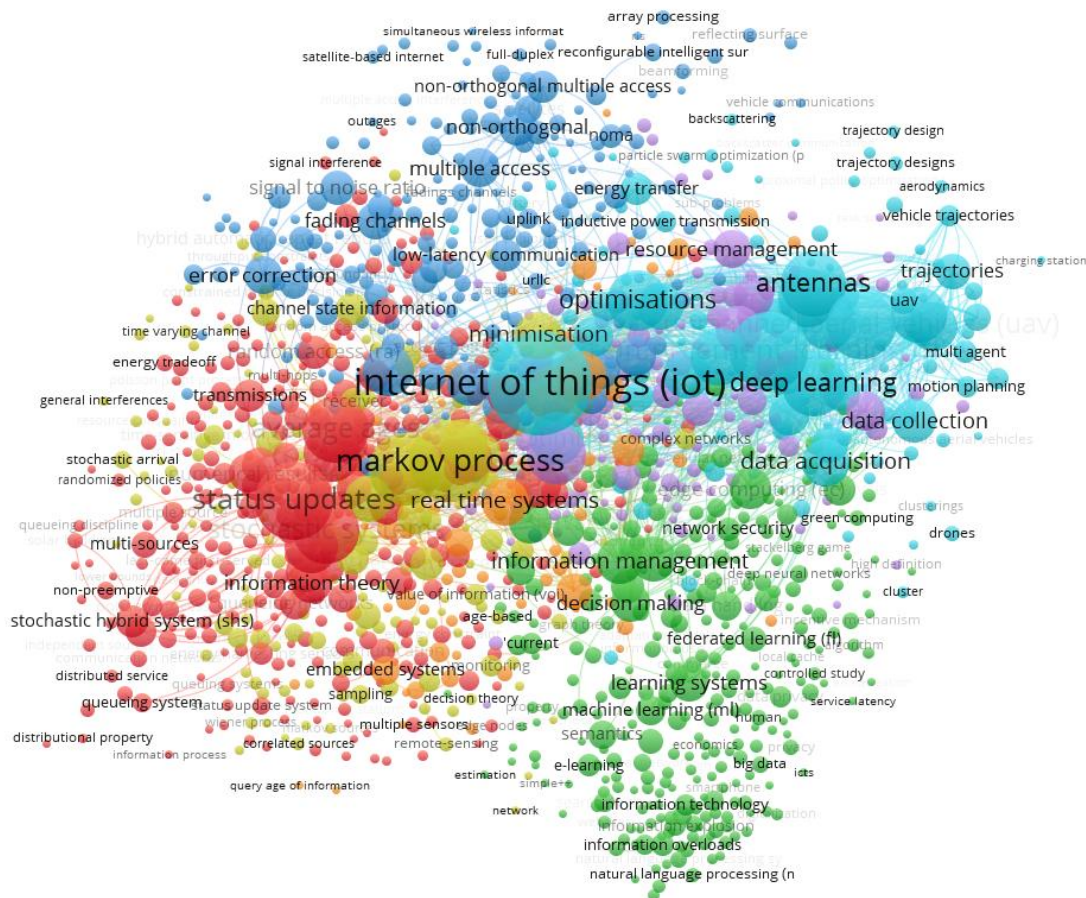
Στην Εικόνα 4-20 γίνεται οπτικοποίηση του δικτύου όπου οι συγγραφείς συνδέονται όταν οι εργασίες τους έχουν αναφερθεί μαζί σε τρίτες δημοσιεύσεις. Οι κυριότερες ομάδες διαφοροποιούνται με δύο διαφορετικά χρώματα αυτό του κόκκινου και του πράσινου. Οι συγγραφείς που ανήκουν στην ίδια θεματική περιοχή εμφανίζονται με το ίδιο χρώμα, ενώ οι ισχυρότερες συνδέσεις παρατηρούνται σε ομάδες με υψηλό αριθμό κοινών συν-παραπομπών. Βέβαια σε αυτό το χάρτη και σε αυτή την οπτικοποίηση υπάρχουν μεγαλύτεροι κόμβοι όπου αυτό σημαίνει ότι οι συγκεκριμένοι συγγραφείς έχουν λάβει αρκετές αναφορές. Οι ομάδες που διαθέτουν μπλε, κίτρινο και μωβ χρώμα είναι μικρότερες έχουν χαμηλότερη συνδεσιμότητα ή έχουν κάποιο πιο ειδικό τομέα ενασχόλησης.



Εικόνα 4-15 Οπτικοποίηση Δικτύου Αναφερόμενων Συγγραφέων

Ανάλυση κοινών λέξεων (Co-word Analysis)

Αρχικά πρέπει να εφαρμοστεί ανάλυση συν-εμφάνισης των κοινών λέξεων-κλειδιών. Στη συνέχεια ορίζεται κατωφλί όπου θέτετε μία λέξη-κλειδί να εμφανίζεται τουλάχιστον πέντε φορές και με τον ορισμό αυτού του κατωφλίου παρατηρείται η μείωση των λέξεων από 12311 που είναι αρχικά στις 1290 και τέλος αποφασίζεται να εμφανιστούν και να οπτικοποιηθούν στο χάρτη οι λέξεις που έμειναν μετά και τον ορισμό του κατωφλίου. Στην Εικόνα 4-24 παρουσιάζεται ο χάρτης ο οποίος δημιουργεί διάφορες συστάδες. Με το χρωματισμό τους αντιπροσωπεύουν μία θεματική ενότητα και αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά όπου είναι σχετικά μεταξύ τους. Στην κεντρικότερη θέση του χάρτη βρίσκεται η ομάδα που είναι σχετική με την έννοια της ηλικίας της πληροφορίας (Age of Information). Με αυτό τον τρόπο γίνεται αντιληπτό ότι διαθέτει διασυνδέσεις με άλλους επιστημονικούς τομείς τα οποία αποτελούν και λέξεις-κλειδιά στον χάρτη, ενώ αποτελεί και ένα από τα βασικότερα θέματα ανάλυσης. Ακόμα ενδιαφέρον είναι ότι στην Εικόνα 4-24 πέραν την έννοιας της ηλικίας της πληροφορίας που είναι ιδιαίτερα έντονη, υπάρχουν και άλλες εξίσου σημαντικές έννοιες οι οποίες και εκείνες βρίσκονται σε μεγάλο κόμβο. Ορισμένες από αυτές τις έννοιες είναι αυτές του Internet of Things (IoT), Unmanned Named Vehicles(UAVs), deep learning, antennas.Τέλος μέσω του χάρτη που βρίσκεται στην Εικόνα 4-24 γίνεται εμφανές το πόσο χρήσιμος είναι και πως παρουσιάζει τις τάσεις.



Εικόνα 4-17 Οπτικοποίηση Δικτύου Συν-Εμφάνισης Λέξεων Κλειδιών εκτός του όρου AoI

Στην Εικόνα 4-17 παρατηρείται η οπτικοποίηση του δικτύου χωρίς την εμφάνιση του όρου της ηλικίας της πληροφορίας. Στο επίκεντρο βρίσκονται σημαντικοί όροι όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων, οι διαδικασίες Markov και η βαθιά μάθηση. Η πολυχρωμία και το μέγεθος των κόμβων δείχνουν την ποικιλομορφία των θεμάτων.

Βιβλιογραφική σύζευξη (Bibliographic Coupling)

Στην Εικόνα 4-27 παρουσιάζεται ο χάρτης στον οποίο κάνουν την εμφάνιση τους 55 χώρες από τις 114 που υπάρχουν συνολικά καθώς μόνο εκείνες πληρούν το κατώφλι που θέσαμε προηγουμένως. Στην Εικόνα 4-27 γίνεται αρκετά έντονο και εμφανές από το μέγεθος του κόμβου τους ότι δύο χώρες είναι αυτές που έχουν αρκετές δημοσιεύσεις και αυτές είναι η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Σε αυτό το χάρτη γίνεται εμφανή η ασθενής σχέση τόσο από το μέγεθος της γραμμής αλλά και λόγω της

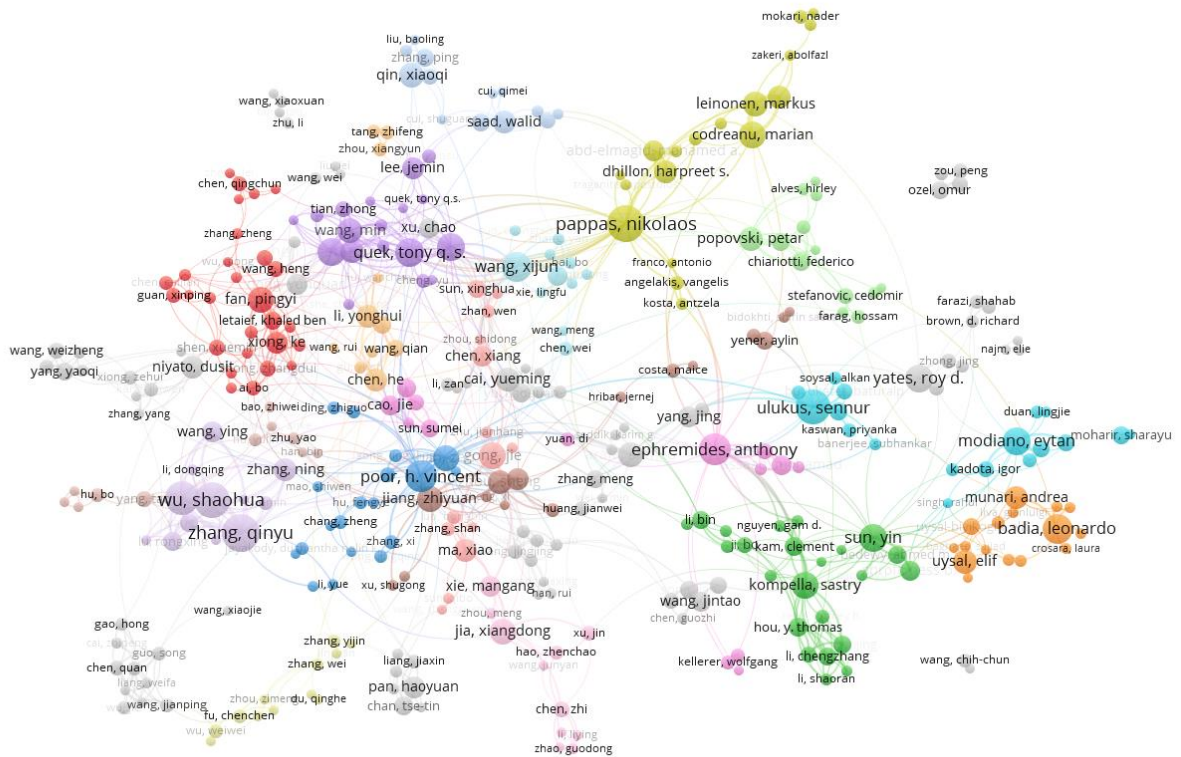
απομακρυσμένης σχέσης της μία εξ αυτών που υπάρχει μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και της Κροατίας.



Εικόνα 4-18 Οπτικοποίηση Δικτύου για βιβλιογραφική σύζευξη μεταξύ χωρών

Ανάλυση συν-συγγραφής (Co-authorship Analysis)

Στην Εικόνα 4-30 διακρίνουμε ένα δίκτυο συν- συγγραφής, το οποίο αναλύει τη συνεργασία μεταξύ συγγραφέων με βάση τις κοινές δημοσιεύσεις. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τους συγγραφείς, ενώ οι συνδέσεις δείχνουν την συνεργασία μέσω των κοινών δημοσιεύσεων. Όσο μεγαλύτεροι είναι οι κόμβοι τόσο μεγαλύτερος είναι και ο αριθμός των συνεργασιών.



Εικόνα 4-19 Οπτικοποίησης Δικτύου Ανάλυσης Συν-συγγραφής

4.6 Ανάλυση Τομέων

Από την ανάλυση περιεχομένου που πραγματοποιήθηκε στο υποκεφάλαιο 4.5 και πιο συγκεκριμένα στην Εικόνα 4-24 προέκυψαν ορισμένοι τομείς οι οποίοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί και οι οποίοι διαπιστώνουμε ότι διαμορφώνουν τις τάσεις ανά τα χρόνια παρακάτω θα γίνει παρουσίαση των σημαντικότερων αναλυτικά.

4.6.1 Internet of Things (IoT)

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ή Internet of Things αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του μελλοντικού διαδικτύου που θα αποτελείται από αναρίθμητες έξυπνες συσκευές οι οποίες θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Το IoT πρόκειται να δώσει νέες δυνατότητες σε συνδεδεμένες συσκευές και να αναβαθμίσει την καθημερινή ποιότητα ζωής [21]. Στον τομέα του IoT σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η κατανάλωση ενέργειας και η “φρεσκάδα” των πληροφοριών. Πολλές πρόσφατες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης ενέργειας και του AoI στα δίκτυα IoT. Μία εξ αυτών αναφέρεται στη χρήση UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) με RF chains και mobile edge computing

(MEC) servers τα οποία έχουν σαν στόχο τη παροχή ενέργειας για τη φόρτιση IoT συσκευών [22]. Σε μία άλλη ερευνητική εργασία που θέμα της αποτελεί η παρουσίαση ενός δυναμικού συστήματος προγραμματισμού των UAV με βάση τον περιφερειακό συντονισμό (USRC). Συγκριτικά φαίνεται να εμφανίζει μείωση του ποσοστού που αφορά την απώλεια των πακέτων αλλά μείωση και της ηλικίας της πληροφορίας [23]. Σε άλλη δημοσίευση αναφέρετε στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και στον τρόπο με τον οποίο συμβάλλει στην επικαιρότητα των δεδομένων της ηλικίας της πληροφορίας (AoI). Πρόκειται για ένα ευρετικό σχήμα με σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ηλικίας της πληροφορίας σε δίκτυα που αφορούν όμως ασύρματα δίκτυα πολλαπλών βημάτων, όπου και υπάρχουν πολλές ροές από δεδομένα [24]. Μία άλλη δημοσίευση πραγματεύεται με τη χρήση drone σε edge computing συστήματα για χάρη του IoT και πως μπορεί να πραγματοποιηθεί η συλλογή δεδομένων αλλά και η διατήρηση της “φρεσκάδας” τους ιδίως όταν πρόκειται για πυκνά αστικά δίκτυα. Διατυπώνεται ένα πρόβλημα ως “Partially Observable Markov Decision Process” και διατίθεται ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης που στηρίζεται στη μάθηση ενίσχυσης ώστε να βελτιωθούν τα προβλήματα που προκύπτουν με την επικαιροποίηση της πληροφορίας αλλά και προβλήματα σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση [25]. Πολλοί αλγόριθμοι προσαρμόζονται και χρησιμοποιούνται για τη χρήση του IoT. Στόχος ενός προσαρμοστικού αλγόριθμου είναι η σωστή συλλογή δεδομένων και η επεξεργασία τους αλλά και η μείωση χώρου κατά την αποθήκευση τους. Η δημοσίευση που παρουσιάζεται αναφέρεται στον ADA²-IoT. Ενώ η σύνδεση του IoT και του AoI προκύπτει από τα δεδομένα τα οποία είναι πάντοτε επίκαιρα [26]. Επιπλέον σε μία ακόμα δημοσίευση παρουσιάζεται το πως το AoI επηρεάζεται από καθυστερήσεις που προκύπτουν, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω προσομοιώσεων [27]. Το federated learning όπου αποτελεί έναν τρόπο ανάπτυξης για μοντέλα μηχανικής μάθησης. Σκοπός του είναι να αντιμετωπιστούν ζητήματα που αφορούν την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των δεδομένων σχετικά με το IoT [28]. Τελευταία αλλά αρκετά σημαντική δημοσίευση η οποία μελετήθηκε και μέσω της οποίας γίνεται εμφανής η σχέση του διαδικτύου των πραγμάτων και της ηλικίας της πληροφορίας. Στη συγκεκριμένη δημοσίευση χρησιμοποιείται το μοντέλο με ουρά προτεραιότητας M/M/1/2 για να μπορέσει να προσδιορίσει ποια ενημέρωση έχει μεγαλύτερη

προτεραιότητα για να μπορεί να σταματήσει τις υπόλοιπες. Ενώ μέσω παραδειγμάτων καταλήγει στο αποτέλεσμα για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της απόδοσης του δικτύου [29].

4.6.2 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning - ML)

Στις μέρες μας η μηχανική μάθηση διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο τόσο σε ερευνητικό επίπεδο όσο και στον τομέα της καθημερινότητας και της ζωής. Με τον όρο μηχανική μάθηση ή machine learning δίνεται η δυνατότητα στα συστήματα να μαθαίνουν και να βελτιώνονται βάσει της εμπειρίας. Εξάλλου η μηχανική μάθηση αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς σύγχρονες τεχνολογίες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης [30]. Σε αυτό το πλαίσιο, η μηχανική μάθηση μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας, μέσω έξυπνων αλγορίθμων που προσαρμόζουν δυναμικά τις μεταδόσεις πληροφοριών και τη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων. Στην πρώτη έρευνα που μελετήθηκε σκοπός της ήταν να ελαχιστοποιηθεί η μέση ηλικία της πληροφορίας και να πραγματοποιούνται οι μεταδόσεις των πληροφοριών με βάση έναν περιορισμό ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους. Ανάλογα με τον αν το περιβάλλον είναι γνωστό ή όχι χρησιμοποιείται και διαφορετικός τρόπος προσέγγισης. Σε γνωστό περιβάλλον επιλέγονται οι μηχανισμοί ανάδρασης ARQ και HARQ ενώ σε άγνωστο περιβάλλον επιλέγεται η εφαρμογή ένας αλγόριθμος ενίσχυσης μάθησης [31]. Στη συνέχεια στην επόμενη δημοσίευση γίνεται αναφορά σε δίκτυα οχημάτων με την βοήθεια UAVs (unmanned aerial vehicles) όπου ενισχύουν την φρεσκάδα της πληροφορίας και παρουσιάζουν πιο σύγχρονες και βοηθητικές τεχνικές. Ο ρόλος της μηχανικής μάθησης εμφανίζεται όταν χρησιμοποιείται βαθιά ενισχυτική μάθηση για να εντοπιστεί το περιβάλλον και η δυναμική που διαθέτει το μελετώμενο δίκτυο οχημάτων [32]. Ακόμη σε μία άλλη δημοσίευση παρουσιάζεται ο σχεδιασμός τροχιών των UAV λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία της πληροφορίας και επομένως και τη φρεσκάδα των δεδομένων. Ωστε να εξασφαλιστεί η φρεσκάδα των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε τεχνική βαθιάς ενισχυτικής μάθησης όπου για να μπορέσει να γίνει πιο γρήγορη η διαδικασία της μάθησης που αφορά την λήψη αποφάσεων πραγματοποιήθηκε εκπαίδευση των βαθιών νευρωνικών δικτύων [33]. Στην επόμενη δημοσίευση γίνεται αναφορά της συνεργατικής μηχανικής μάθησης (federated learning) για ιδιωτικότητα εφαρμογών στις σύγχρονες έξυπνες βιομηχανίες. Στη συγκεκριμένη δημοσίευση προτείνεται ένα

σύστημα εκπαίδευσης για τη συνεργατική μάθηση και τη συλλογή δεδομένων το οποίο φαίνεται ότι υπάρχει προσαρμοστικότητα στις διαφορετικές απαιτήσεις της ηλικίας της πληροφορίας αλλά και στους χρόνους εξυπηρέτησης [34]. Τελευταία αλλά πολύ σημαντική δημοσίευση σχετίζεται με τη βελτιστοποίηση της ποιότητας υπηρεσίας σε σιδηροδρομικές μεταφορές. Αυτό με βάση τη δημοσίευση επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος ελέγχου που ως επίκεντρο του έχει την επικοινωνία μεταξύ των τρένων. Η ηλικία της πληροφορίας χρησιμοποιείται ως δείκτης της ποιότητας υπηρεσίας και με τη βοήθεια των τεχνικών της μηχανικής μάθησης γίνεται βελτίωση της ηλικίας της πληροφορίας του συστήματος [35].

4.6.3 Διαχείριση Πληροφορίας (Information Management)

Η διαχείριση πληροφορίας έχει σαν στόχο της να απορροφήσει τη αξία που έχει η κάθε πληροφορία στον μέγιστο βαθμό και για να το καταφέρει αυτό εφαρμόζει διάφορες διαδικασίες όπως την απόκτηση, την χρήση και τη διάδοση των ανάλογων πληροφοριών [36]. Η διαχείριση της πληροφορίας δεν περιορίζεται μόνο στη διατήρηση και οργάνωση δεδομένων, αλλά και στη διασφάλιση ότι οι πληροφορίες παραμένουν επικαιροποιημένες. Μία ερευνητική εργασία που σχετίζεται με τη διαχείριση της πληροφορίας και το ρόλο που διαδραματίζει με την ηλικία της πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα εξετάζει τον διαμοιρασμό των πληροφοριών μέσα σε ένα σύστημα επικοινωνίας και παρουσιάζει μέσω της θεωρίας ουρών πως είναι εφικτό να γίνει καλύτερη διαχείριση της πληροφορίας ώστε να μην σπαταλούνται πόροι του συστήματος. Προτείνεται λοιπόν πριν γίνει η λήψη νέων ενημερώσεων να γίνεται μέτρηση της μέγιστης ηλικίας της πληροφορίας και αυτό παρουσιάζεται ως η “κορυφαία ηλικία” [37]. Στη συνέχεια σε μία άλλη δημοσίευση παρουσιάζεται η ηλικία της πληροφορίας και το ρόλο που διαδραματίζει όταν πρόκειται για σύστημα αισθητήρων όπου κάθε φορά αλλάζει η ενεργειακή του κατάσταση δηλαδή άλλοτε το μέγεθος που διαθέτει η μπαταρία δεν μας προβληματίζει καθώς είναι άπειρο άλλοτε είναι πεπερασμένο δηλαδή έχει συγκεκριμένο μέγεθος και άλλοτε το μέγεθος της μπαταρίας είναι η μονάδα. Εν τέλει καταλήγει στο συμπέρασμα ότι είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα κατώφλι σχετικά με την ενέργεια της μπαταρίας ώστε να μπορέσει να γίνει ενημέρωση της πληροφορίας και αντίστοιχα και αξιολόγηση της ηλικίας της. Εξάλλου στα δίκτυα IoT, όπου οι συσκευές έχουν περιορισμένη ενεργειακή αυτονομία, η

διαχείριση της πληροφορίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη τόσο τη φρεσκάδα των δεδομένων όσο και την κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός βέλτιστου κατωφλίου που να ισορροπεί μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων, επιτρέποντας τη βέλτιστη λειτουργία των συστημάτων IoT [38]. Μία άλλη δημοσίευση αναφέρεται σε ένα σύστημα επικοινωνιών όπου μελετά τη διαχείριση της πληροφορίας και πιο συγκεκριμένα των ενημερώσεων ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ηλικία της πληροφορίας. Η μετάδοση της πληροφορίας παρουσιάζεται μέσω της θεωρίας των ουρών ενώ παραθέτει και δύο σχήματα διαχείρισης πακέτων [39]. Άλλη δημοσίευση που εξετάστηκε σχετίζεται με τη “φρεσκάδα” της ηλικίας της πληροφορίας αυτή τη φορά όμως σε ένα δίκτυο αισθητήρων το οποίο όμως δεν αποτελείται από ατέρμονη συλλογή ενέργειας αλλά διαθέτει ασύρματη μεταφορά ενέργειας (wireless power transfer). Κατά αυτό τον τρόπο οι ενημερώσεις οι οποίες γίνονται καταφέρνουν και διατηρούν όσο το δυνατόν πιο φρέσκια την πληροφορία ενώ παράλληλα διαμορφώνει και το δίκτυο με έναν πιο αποτελεσματικό τρόπο [40]. Σε άλλη δημοσίευση παρατηρείται η διαχείριση πληροφορίας σε ένα σύστημα το οποίο διαθέτει πολλαπλές πηγές. Προτείνεται να γίνει διαχείριση της ουράς όπου διατηρείται μόνο το πιο πρόσφατο πακέτο από κάθε πηγή και παρουσιάζει ότι είναι πιο αποτελεσματικό από το μοντέλο M/M/1 [41]. Έγινε ανάλυση για τις πιθανότητες που υπάρχουν να παραβιαστεί η καθυστέρηση και η μέγιστη ηλικία της πληροφορίας. Γι’ αυτό το λόγο έγινε η επιλογή τα πακέτα να παράγονται μέσω της διαδικασίας Bernoulli και στη συνέχεια να βρίσκονται σε ουρά εξυπηρετητή και εν τέλει η μετάδοση να γίνεται μέσω ενός ασύρματου καναλιού [42].

4.6.4 Στοχαστικά Συστήματα (Stochastic Systems)

Βασικό στοιχείο των στοχαστικών συστημάτων αποτελεί η αβεβαιότητα, η οποία είναι σημαντικό να υπολογίζεται ώστε να υπάρχει οικονομικός και αξιόπιστος σχεδιασμός. Η λύση στοχαστικών εξισώσεων αποτελεί μία δύσκολη κατάσταση καθώς γίνονται απλοποιήσεις οι οποίες όμως μειώνουν την ακρίβεια. Μέσω των στοχαστικών συστημάτων αναπτύσσονται ακριβείς μεθόδους για την επίλυση αυτών των εξισώσεων [43]. Υπάρχουν αρκετές δημοσιεύσεις που σχετίζονται άμεσα με την ηλικία της πληροφορίας και την στοχαστικότητα των συστημάτων. Μία από αυτές τις δημοσιεύσεις πραγματεύεται το πρόβλημα του πότε θα γίνει η δειγματοληψία ενός νέου πακέτου, πως θα γίνει η μετάδοση ενός πακέτου αλλά και πως θα ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος

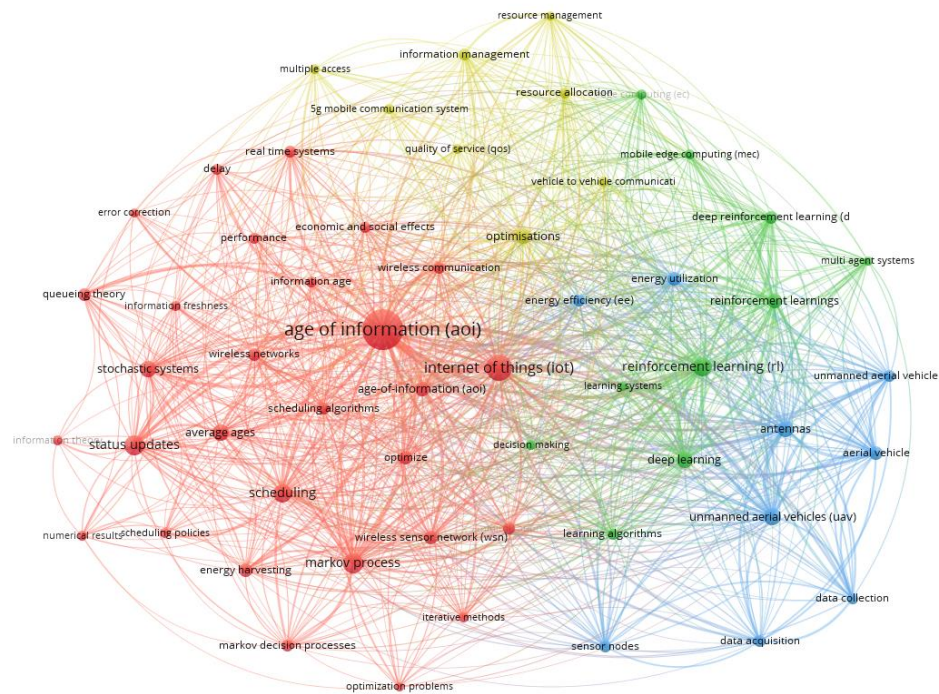
τόσο δειγματοληψίας όσο και μετάδοσης. Για να επιτευχθεί πρέπει η ηλικία της πληροφορίας να έχει συγκεκριμένα όρια για την φρεσκάδα της πληροφορίας. Αυτό αποτελεί ένα είδος στοχαστικού προβλήματος [44]. Η εργασία χρησιμοποιεί ένα υπολογιστικό μοντέλο ώστε να λάβει υπόψιν του τα επίπεδα ενός συστήματος επικοινωνίας και χρησιμοποιεί τη μέγιστη ηλικία της πληροφορίας με ένα καθορισμένο όριο. Επιπροσθέτως προτείνει και έναν αλγόριθμο που στηρίζεται στη βαθιά μηχανική μάθηση ενώ στο τέλος σχεδιάζεται ένα υποβοηθούμενο από UAV μοντέλο πολυεπίπεδης εκφόρτωσης [45]. Οι Fox et al. παρουσιάζουν ένα Μαρκοβιανό μοντέλο Aol με εφαρμογή σε ένα σύστημα επεξεργασίας δεδομένων αλλά και παράλληλα συλλογή ενέργειας. Ένα μέρος από αυτόν τον υπολογιστικό φόρτο μεταφέρεται σε έναν edge server ο οποίος έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με τις συσκευές που κάνουν επεξεργασία δεδομένων και συλλογή ενέργειας με συγκεκριμένο ρυθμό. Προτείνεται και μία νέα μέθοδος ενισχυτικής μάθησης η οποία σχετίζεται με μονότονες πολιτικές [46]. Η εργασία στην οποία παρουσιάζεται ένα στοχαστικό μοντέλο το οποίο είναι μη γραμμικό σχετικά με την εξέλιξη των ανθρώπινων πεποιθήσεων. Με βάση λοιπόν αυτό το μοντέλο παρατηρείται ότι οι ανθρώπινες σχέσεις μεταβάλλονται και εξελίσσονται όσο περνάει ο καιρός ενώ αυτό φυσικά επηρεάζεται από τη συνεχή εμφάνιση πληροφορίας.

4.6.5 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το υπολογιστικό νέφος έχει σαν κύριο σκοπό του τη επικαιρότητα των πληροφοριών και της παροχής τεχνολογιών ώστε να επιτευχθεί η αποδοτική διαχείριση και η λειτουργία συστημάτων πληροφορικής [47]. Παρακάτω θα παρουσιαστούν κάποιες δημοσιεύσεις που σχετίζονται άμεσα με τη χρήση του υπολογιστικού νέφους. Μία μελέτη επικεντρώθηκε στην εκχώρηση εργασιών και η επεξεργασία δεδομένων να γίνεται μέσω του υπολογιστικού νέφους σε αυτόνομα οχήματα ενώ συγχρόνως προτάθηκε και ένας μηχανισμός όπου θα λαμβάνει υπόψη του την ηλικία της επεξεργασίας. Ο μηχανισμός αυτός επιλέχθηκε καθώς για την εφαρμογή της cloud επεξεργασίας των δεδομένων ήταν απαραίτητη η χαμηλή καθυστέρηση που σχετίζεται με τις αξιόπιστες και ασφαλείς αποφάσεις για την αυτόνομη οδήγηση [48]. Η εργασία παρουσιάζει το πρόβλημα της χρήσης πόρων από κέντρα δεδομένων cloud. Με τη συνεχή χρήση των υπηρεσιών cloud εντοπίζεται αυτόματα και αυξημένη κατανάλωση ενέργειας το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την υπερφόρτωση των υποδομών και την

αρωγή στην θέρμανση του πλανήτη. Γι' αυτό το λόγο μέσω αυτής της δημοσίευσης προτείνετε μία προσαρμοστική προσέγγιση τοποθέτησης εικονικών μηχανών, η οποία συμβάλει τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας όσο και στη σωστή χρήση των απαιτούμενων πόρων [49]. Ακόμη σε μία δημοσίευση παρουσιάζεται η εξάρτηση που υπάρχει από απομακρυσμένους διακομιστές νέφους και σαν στόχος τίθεται η προσπάθεια μείωσης της εξάρτησης αυτής. Η συγκεκριμένη λοιπόν δημοσίευση απευθύνεται σε πολυκύτταρα περιβάλλοντα λαμβάνοντας όμως υπόψιν να μην χαθεί η φρεσκάδα της προσωρινά αποθηκευμένης πληροφορίας. Παρατηρείται λοιπόν πως όταν πρόκειται για μικρές κλίμακες εφαρμόζεται γραμμικός προγραμματισμός ενώ για μεγαλύτερα σενάρια χρησιμοποιείται ένας κλιμακούμενος αλγόριθμος βελτιστοποίησης [50]. Τέλος σε μία ακόμη δημοσίευση που εξετάστηκε παρατηρήσαμε πως ένα ετερογενές δίκτυο κινητού υπολογιστικού άκρου μπορεί να συνεργαστεί με το υπολογιστικό νέφος. Μέσω αυτού του δικτύου είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων, η επεξεργασία τους και η ανταλλαγή τους. Ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζει η φρεσκάδα των δεδομένων και η εγκυρότητα τους. Για να αντιμετωπιστεί λοιπόν το πρόβλημα

ελαχιστοποίησης του μέσου χρόνου μέγιστης ηλικίας της πληροφορίας εφαρμόστηκε ένας αλγόριθμος βαθιάς ενισχυτικής μάθησης [51].



Εικόνα 4-20 Ερευνητικές Περιοχές

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την έννοια «Ηλικία της Πληροφορίας», έναν όρο που επινοήθηκε για να ποσοτικοποιήσει τη φρεσκάδα των πληροφοριών που συνδέονται με την Ποιότητα της Υπηρεσίας και τις μετρικές της (π.χ., καθυστέρηση και ρυθμός μετάδοσης). Για τη διεξαγωγή της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την έγκριτη βιβλιογραφική βάση δεδομένων Scopus. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία της βιβλιομετρικής ανάλυσης και συγκεκριμένα δείκτες απόδοσης και ανάλυσης δικτύου. Η ανάλυση υποστηρίχθηκε από εργαλεία λογισμικού και συγκεκριμένα από τα α) VOSViewer για την ανάλυση δικτύου και οπτικοποίηση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης και β) της γλώσσας προγραμματισμού Python και των εργαλείων της για τον υπολογισμό και την γραφική απεικόνιση των δεικτών απόδοσης.

Από τη μελέτη προέκυψαν τα παρακάτω βασικά συμπεράσματα:

- Η ηλικία της πληροφορίας χρησιμοποιείται τόσο ως μετρική όσο και ως εργαλείο σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Ο όρος αναπτύχθηκε και εδραιώθηκε σαν έννοια, μετρική και εργαλείο στον επιστημονικό κόσμο. Η υιοθέτησή του και η χρήση του ήταν ραγδαία σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως αποδεικνύεται από την παραγωγή ερευνητικού έργου και τις αναφορές που έλαβε. Οι πολλές και διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης του, όπως για παράδειγμα στο επιστημονικό πεδίο των IoT, της μηχανικής μάθησης, στα στοχαστικά συστήματα, τη διαχείριση της πληροφορίας στα συστήματα επικοινωνίας, και αλλού, εξηγούν την ευρεία αποδοχή του.
- Η ηλικία της πληροφορίας αποτελεί χρήσιμο εργαλείο σε πολλούς επιστημονικούς τομείς που η λειτουργία τους βασίζεται στην έγκαιρη πληροφορία και καθορίζει τις αποφάσεις που πρέπει να λαμβάνονται.
- Με τη βοήθεια των ανάλογων εργαλείων παρουσιάστηκε η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που βοήθησε στη κατανόηση της σχετικής έρευνας
- Μελλοντικά η ηλικία της πληροφορίας φαίνεται να έχει συνεχώς εξέλιξη καθώς ενδιαφέρει πολλά επιστημονικά πεδία.

Βιβλιογραφία

1. Yates, R.D., Sun, Y., Brown, D.R., Kaul, S.K., Modiano, E. and Ulukus, S., 2021. Age of information: An introduction and survey. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(5), pp.1183-1210.
2. Arafa, A. (n.d.). Age of Information. [Online] Available at: <https://webpages.charlotte.edu/aarafa/age-of-information.html> [Accessed 9 December 2024]
3. Kosta, A., Pappas, N. and Angelakis, V., 2017. Age of information: A new concept, metric, and tool. *Foundations and Trends® in Networking*, 12(3), pp.162-259.
4. Mingers, J. and Leydesdorff, L., 2015. A review of theory and practice in scientometrics. *European journal of operational research*, 246(1), pp.1-19.
5. Παπαβλασόπουλος, Σ. (2015). Master Document. [PDF] Available at: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4755/3/00_master_document.pdf [Accessed 9 December 2024]
6. Passas, I., 2024. Bibliometric analysis: the main steps. *Encyclopedia*, 4(2).
7. Farooq, R., 2024. A review of knowledge management research in the past three decades: a bibliometric analysis. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 54(2), pp.339-378.
8. Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ), 2006. Παράρτημα Ι. [online] Available at: <http://report06.metrics.ekt.gr/el/appendixI> [Accessed: 14 November 2024].
9. Βιβλιοθήκη Επιστημών Υγείας ΕΚΠΑ, n.d. ISI Web of Science. [online] Available at: <https://healthsci.lib.uoa.gr/ypiresies/baseis-dedomenon/isi-web-of-science.html> [Accessed: 14 November 2024].
10. dblp Team, n.d. *dblp FAQ*. [online] Available at: <https://dblp.org/faq/index.html> [Accessed: στις 14 November 2024].
11. Scopus, 2024. *Celebrating 20 years of discovery with Scopus: A journey of innovation and excellence*. [online] Available at: <https://blog.scopus.com/posts/celebrating-20-years-of-discovery-with-scopus-a-journey-of-innovation-and-excellence> [Accessed: 14 November 2024]

12. Βιβλιοθήκη Επιστημών Υγείας ΕΚΠΑ, n.d. Scopus. [online] Available at: <https://healthsci.lib.uoa.gr/ypiresies/baseis-dedomenon/scopus.html> [Accessed: 14 November 2024].
13. Domino Data Lab. (2024) What is Jupyter Notebook? Available at: <https://domino.ai/data-science-dictionary/jupyter-notebook> (Accessed: 12 November 2024)
14. Codecademy, 2024. Introduction to NumPy and Pandas. [online] Available at: <https://www.codecademy.com/article/introduction-to-numpy-and-pandas> [Accessed 16 November 2024]
15. DataScientest, 2024. Matplotlib: Master Data Visualization in Python. [online] Available at: <https://datascientest.com/en/matplotlib-master-data-visualization-in-python> [Accessed 17 November 2024]
16. Van Eck, N. and Waltman, L., 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), pp.523-538
17. VOSviewer. (2024) VOSviewer - Visualizing scientific landscapes. Available at: <https://www.vosviewer.com/> (Accessed: 12 November 2024)
18. Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R.F. and Mejía, G., 2022. Highway planning trends: a bibliometric analysis. *Sustainability*, 14(9), p.5544.
19. University of Illinois Chicago Library, 2024. VOSviewer: Bibliometric Analysis and Visualization Tool. [online] Available at: <https://researchguides.uic.edu/bibliometrics/vosviewer#s-lq-box-30931911> [Accessed 17 November 2024]
20. Lim, W.M., Kumar, S. and Donthu, N., 2024. How to combine and clean bibliometric data and use bibliometric tools synergistically: Guidelines using metaverse research. *Journal of Business Research*, 182, p.114760
21. Li, S., Xu, L.D. and Zhao, S., 2015. The internet of things: a survey. *Information systems frontiers*, 17, pp.243-259
22. Li, Y., Ding, H., Yang, Z., Li, B. and Liang, Z., 2024. Integrated trajectory optimization for UAV-enabled wireless powered MEC system with joint energy consumption and AoI minimization. *Computer Networks*, 254, p.110842.

23. Wang, T., Fu, X. and Guerrieri, A., 2024. Joint resource scheduling and flight path planning of UAV-assisted IoTs in response to emergencies. *Computer Networks*, 253, p.110731
24. Kallitsis, G., Stai, E., Karyotis, V. and Papavassiliou, S., 2024, October. Enhancing the Cross-layer Operation in Wireless Energy-Harvesting Networks with Age-of-Information Features. In *Proceedings of the Twenty-fifth International Symposium on Theory, Algorithmic Foundations, and Protocol Design for Mobile Networks and Mobile Computing* (pp. 398-403)
25. Lei, B., Li, N., Guo, Y., Wang, Z., Wei, J. and Chen, R., 2024. Rapid data collection and processing in dense urban edge computing networks with drone assistance. *Physical Communication*, 66, p.102462
26. Chaudhary, A. and Peddoju, S.K., 2024. ADA2- IoT: An adaptive data aggregation algorithm for IoT infrastructure. *Internet of Things*, 27, p.101299
27. Badia, L., Zancanaro, A., Cisotto, G. and Munari, A., 2024. Status update scheduling in remote sensing under variable activation and propagation delays. *Ad Hoc Networks*, 163, p.103583
28. Cao, M., Wang, Q. and Wang, Q., 2024. Federated learning in smart home: A dynamic contract-based incentive approach with task preferences. *Computer Networks*, 249, p.110510
29. Fahim, T.E., Rabia, S.I., Abd El-Malek, A.H. and Zahra, W.K., 2024. Enhancing information freshness in multi-class mobile edge computing systems using a hybrid discipline. *Computing*, 106(6), pp.1873-1911
30. Sarker, I.H., 2021. Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN computer science*, 2(3), p.160
31. Ceran, E.T., Gündüz, D. and György, A., 2019. Average age of information with hybrid ARQ under a resource constraint. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18(3), pp.1900-1913
32. Samir, M., Assi, C., Sharafeddine, S., Ebrahimi, D. and Ghrayeb, A., 2020. Age of information aware trajectory planning of UAVs in intelligent transportation systems: A deep learning approach. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(11), pp.12382-12395

33. Zhou, C., He, H., Yang, P., Lyu, F., Wu, W., Cheng, N. and Shen, X., 2019, October. Deep RL-based trajectory planning for Aol minimization in UAV-assisted IoT. In 2019 11th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP) (pp. 1-6). IEEE.
34. Lim, W.Y.B., Xiong, Z., Kang, J., Niyato, D., Leung, C., Miao, C. and Shen, X., 2020. When information freshness meets service latency in federated learning: A task-aware incentive scheme for smart industries. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(1), pp.457-466
35. Wang, X., Liu, L., Zhu, L. and Tang, T., 2019. Train-centric CBTC meets age of information in train-to-train communications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(10), pp.4072-4085
36. Gupta, J.N. and Sharma, S.K., 2003. *Globalization and Information Management Strategy*
37. Costa, M., Codreanu, M. and Ephremides, A., 2016. On the age of information in status update systems with packet management. *IEEE Transactions on Information Theory*, 62(4), pp.1897-1910
38. Wu, X., Yang, J. and Wu, J., 2017. Optimal status update for age of information minimization with an energy harvesting source. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, 2(1), pp.193-204
39. Najm, E. and Nasser, R., 2016, July. Age of information: The gamma awakening. In 2016 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT) (pp. 2574-2578). Ieee
40. Krikidis, I., 2019. Average age of information in wireless powered sensor networks. *IEEE Wireless Communications Letters*, 8(2), pp.628-631
41. Pappas, N., Gunnarsson, J., Kratz, L., Kountouris, M. and Angelakis, V., 2015, June. Age of information of multiple sources with queue management. In 2015 IEEE international conference on communications (ICC) (pp. 5935-5940). IEEE
42. Devassy, R., Durisi, G., Ferrante, G.C., Simeone, O. and Uysal, E., 2019. Reliable transmission of short packets through queues and noisy channels under latency and peak-age violation guarantees. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 37(4), pp.721-734

43. Grigoriu, M., 2012. Stochastic systems: uncertainty quantification and propagation. Springer Science & Business Media
44. Fountoulakis, E., Codreanu, M., Ephremides, A. and Pappas, N., 2024. Joint Sampling and Transmission Policies for Minimizing Cost Under Age of Information Constraints. *Entropy*, 26(12), p.1018
45. Chen, Z., Yang, J. and Zhou, Z., 2024. UAV-assisted MEC offloading strategy with peak AOI boundary optimization: A method based on DDQN. *Digital Communications and Networks*
46. Fox, A., De Pellegrini, F. and Altman, E., 2023, October. Learning optimal edge processing with offloading and energy harvesting. In *Proceedings of the Int'l ACM Conference on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems* (pp. 83-92)
47. Alam, T., 2020. Cloud Computing and its role in the Information Technology. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, 1(2), pp.108-115.
48. Ndikumana, A., Nguyen, K.K. and Cheriet, M., 2023. Age of processing-aware offloading decision for autonomous vehicles in 5G open RAN environment. *IEEE Transactions on Mobile Computing*
49. Goyal, S. and Awasthi, L.K., 2024. An energy-efficient black widow-based adaptive VM placement approach for cloud computing. *Cluster Computing*, 27(4), pp.4659-4672
50. Yu, Z., Deng, T., Zhao, Y. and Yuan, D., 2024. Multi-cell content caching: Optimization for cost and information freshness. *Computer Networks*, 247, p.110420
51. Guo, C., Zhang, Y., Di, B. and Song, L., 2024, August. Cloud-Edge Collaboration For Integration of Sensing, Computing, and Communication in Industrial Internet. In *2024 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)* (pp. 2155-2160). IEEE.
52. Neelamma, G. and Anandhalli, G., 2018. Authorship pattern and collaborative measures in the field of crystallography. *Library Philosophy and Practice*, p.1.
53. Παπακωνσταντίνου, Σ. (2023) *Η ηλικία της πληροφορίας (Age of Information - AoI) και η σημασία της στην αποδοτική λειτουργία των συστημάτων επικοινωνίας*,

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Διαθέσιμο σε:
https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1817/Παπακωνσταντίου_71347244.pdf?sequence=2&isAllowed=y (Πρόσβαση:25/02/2024)

54. Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N. and Lim, W.M., 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 133, pp.285-296.