



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

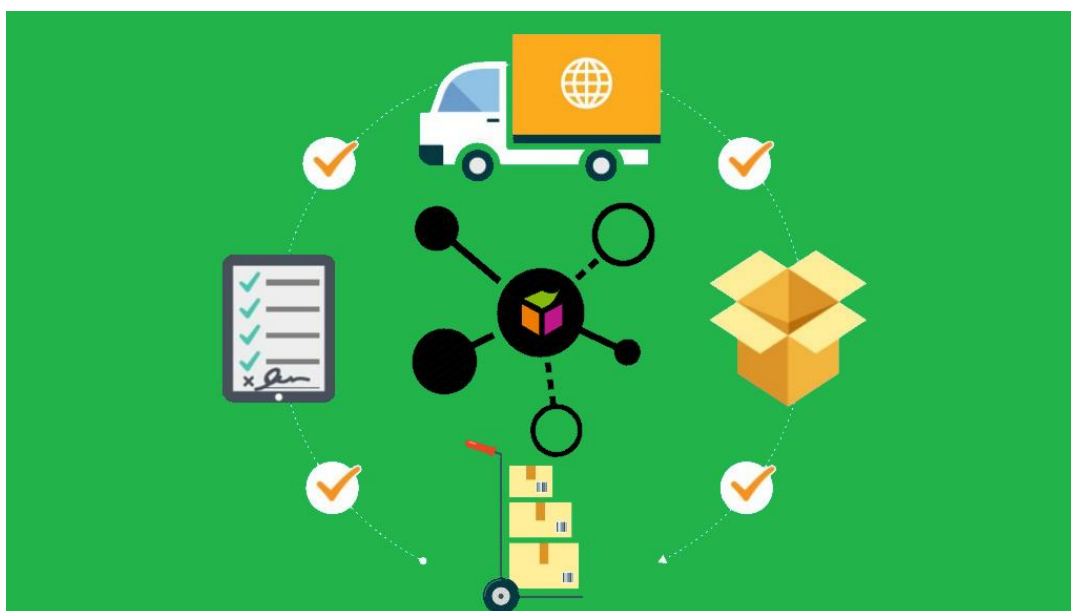
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

Ανίχνευση και διάχυση πληροφορίας σε εφοδιαστικές αλυσίδες

Πτυχιακή εργασία

Στυλιανός Τσαρσιταλίδης

A.M.:214106



Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

ΚΟΥΣΙΟΥΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Επιβλέπων)

ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΟΥ ΣΟΦΙΑ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2018

Ο Στυλιανός Τσαρσιταλίδης,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Περίληψη

Η επιτυχής διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων έχει καταστεί καθοριστικός παράγοντας για την επίτευξη και διατήρηση του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος των επιχειρήσεων. Με την εμφάνιση ενός ποικίλου συνόλου τεχνολογιών και πρωτοβουλιών που κυμαίνονται από το Διαδύκτιο των Πραγμάτων έως τα Data Analytics, τις υπηρεσίες Cloud και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, η πρόκληση για τους ιδιοκτήτες προϊόντων και τους διαχειριστές εφοδιαστικών αλυσίδων είναι να συνδυάσουν αυτούς τους τομείς για να αποκτήσουν επίγνωση και αυτοματοποίηση στη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού. Οι πληροφορίες που μετακινούνται σε όλες τις εφοδιαστικές αλυσίδες καθίστανται όλο και πιο σύνθετες και ποικίλες, καθώς οι σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού χαρακτηρίζονται από μεταβλητότητα, ποικιλία και διασυνδεσιμότητα και επηρεάζονται από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες. Ως αποτέλεσμα, η ολοκλήρωση της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια ιδέα που εισαγάγει ταυτόχρονα πολλές προκλήσεις, για την οποία πολλές επιχειρήσεις έχουν δυσκολευτεί προσπαθώντας να υλοποιήσουν.

Η κοινή περιγραφή των αλυσίδων εφοδιασμού, μαζί με την απόκτηση, τη μοντελοποίηση και το συνδυασμό πληροφοριών που προέρχονται από διάφορες πηγές και αλυσίδες εφοδιασμού είναι ο τρόπος αντιμετώπισης αυτών των χαρακτηριστικών. Οποιαδήποτε απόπειρα αυτοματοποίησης της επεξεργασίας δεδομένων και αναλυτικής πρόβλεψης σχετικά με τη συμπεριφορά και την αποτελεσματικότητα μιας αλυσίδας εφοδιασμού πρέπει να εξαρτάται από μια δυναμική περιγραφή των εξαρτήσεων μεταξύ προϊόντων καθώς και μεταξύ προϊόντων και εξωτερικών γεγονότων / περιστάσεων. Για να επιτευχθεί αυτό, διάφορες έννοιες (όπως τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής, οι τύποι οντοτήτων, τα γεγονότα και οι εξαρτήσεις τους κ.λπ.) διαμορφώνονται με βάση ένα λεξιλόγιο βασισμένο στην γλώσσα οντοτήτων ιστού (OWL).

Το λεξιλόγιο χρησιμοποιείται για να παρέχει νόημα στις εισαγόμενες πληροφορίες από χρήστες - ιδιοκτήτες προϊόντων και διαχειριστές εφοδιαστικών αλυσίδων - που είναι μέλη ή συνεργάτες διαφόρων οργανισμών. Η πρόσβαση του χρήστη σε αυτή τη σημασιολογική δομή απλοποιείται με τη χρήση γραφικών διεπαφών χρήστη, ο ρόλος των οποίων είναι η μετατροπή των πληροφοριών. Η συλλογιστική παίζει σημαντικό ρόλο στην εξεύρεση περισσότερων συνδέσεων και σημασίας, δεδομένου του λεξιλογίου και των εισαγόμενων πληροφοριών. Ο συνδυασμός του λεξιλογίου, της εισόδου του χρήστη μαζί με τα συνοδευτικά δεδομένα και μίας μηχανής συλλογισμού αποτελεί μια σημασιολογική δομή που επιτρέπει την ανακάλυψη αυτόματων ειδοποιήσεων. Ένα framework βασισμένο σε υπηρεσίες ιστού βοηθάει να προωθούνται οι ειδοποιήσεις σε όλες τις επηρεασμένες οντότητες και είναι ο συνδετικός ιστός της δομής. Είναι επίσης υπεύθυνο για την αναγωγή των σημασιολογικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων σε συγκεκριμένα συμβάντα αλυσίδας εφοδιασμού ή σε εξωτερικά συμβάντα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν προϊόντα σε μια αλυσίδα εφοδιασμού.

Αυτό το σύνολο μονάδων δημιουργήθηκε για να μπορεί να συσσωματωθεί σε μεγάλα συστήματα διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού (SCM) και να συνδεθεί με διάφορες εξωτερικές πηγές δεδομένων, εξοπλισμό αλυσίδας εφοδιασμού όπως σαρωτές και έξυπνες ετικέτες, λειτουργικές μονάδες τεχνητής νοημοσύνης και Analytics και πολλά άλλα.

Αυτή η εργασία στοχεύει να δώσει πληροφορίες για την υλοποίηση μιας τέτοιας δομής, τη διαλειτουργικότητά της με άλλες λειτουργικές μονάδες και την ολοκλήρωση ενός συστήματος SCM με τη χρήση του. Η προσέγγιση συνδέεται με πλατφόρμες διαχείρισης του Internet-of-Things και τεχνολογίες βασισμένες στο Cloud, οι οποίες είναι παράγοντες που καθιστούν βιώσιμη την όλη διαδικασία και επικυρώνονται μέσω ενός συνόλου αντιπροσωπευτικών σεναρίων.

Λέξεις κλειδιά: Εφοδιαστική αλυσίδα, Σημασιολογικός Ιστός, Οντολογίες, Διαδίκτυο των πραγμάτων, Αναγνώριση Γεγονότων, Υπηρεσίες Διαδικτύου, Τεχνητή Νοημοσύνη, Συλλογιστική, Μοντελοποίηση

Abstract

Successful management of Supply Chains has become a key factor for enterprises to achieve and maintain their competitive advantage. With the advent of a diverse set of technologies and initiatives ranging from the Internet of Things, to Data Analytics, Cloud services and to the Linked Data paradigm, the challenge for product owners and supply chain managers is to combine these domains in order to gain insights and automation in the management of supply chains. Information floating throughout supply chains is becoming more and more complex and diverse, as modern supply chains exhibit changeability, diversity and interconnectivity, and are influenced by miscellaneous external factors. As a result, supply chain management integration is a sought-after concept, which many businesses have struggled while trying to implement.

The uniform description of supply chains, along with obtaining, modelling and combining information originating from various sources and supply chains is how we tackle those attributes. Any attempt to automate data processing, and predictive analysis over the behavior and efficiency of a supply chain, has to depend on a dynamic description of dependencies between products as well as between products and external circumstances/events. To achieve this, various concepts (such as production chain stages, types of entities, events and their dependencies etc.) are modelled through an OWL-based vocabulary.

The vocabulary is harnessed to provide meaning to the inputs of users - product owners and supply chain managers - , who are members or collaborators of different organizations. User access to this semantic structure is simplified with the use of Graphical User Interfaces, whose role is to transform the information. Reasoning plays a key role in finding more connections and meaning, given the vocabulary and the inputs. The combination of the vocabulary, the user input along with accompanying data and a reasoning engine is a semantic structure, which enables the discovery of automated notifications. A web-service-based framework helps forward the notifications to all affected entities and is the connective tissue of the structure. It is also responsible for reducing semantic and analytic results into specific supply chain events or external events that could affect products in a supply chain.

This set of modules is created to be incorporated into large Supply Chain Management (SCM) systems, and to be connected with various external data sources, supply chain equipment like scanners and smart-tags, analytics and AI modules and more.

This dissertation aims to provide insights into the implementation of such a structure, its interoperability with other modules, and the integration of an SCM system by utilizing it. The approach is linked with Internet-of-Things management platforms and Cloud-based technologies that act as enablers to the process and is validated through a set of representative scenarios.

Keywords: Supply Chain, Semantic Web, Ontologies, Internet of Things, Event Identification, Web Services, Artificial Intelligence, Reasoning, Modelling

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	Εισαγωγή	9
1.1	Περιγραφή πεδίου και βασικοί ορισμοί	9
1.2	Ορισμός του προβλήματος.....	11
1.3	Κίνητρα και Στόχοι	12
2	Σχετικές εργασίες.....	14
2.1	Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικών Αλυσίδων	14
2.2	Σημασιολογικός Ιστός, Οντολογίες και Εφοδιαστικές αλυσίδες	15
3	Προτεινόμενη λύση.....	20
3.1	Βασικές αρχές και ιδέες	20
3.1.1	Βασικές ιδέες συστήματος	20
3.1.2	Βασικοί προβλεπόμενοι τύποι συμβάντων	21
3.1.3	Ρόλοι συστήματος.....	22
3.2	Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	25
3.3	Βασικές ιδιότητες και αναγκαία εργαλεία	28
3.3.1	Γενικές προβλεπόμενες εισοδοί και εξαρτήσεις του συστήματος.....	28
3.3.2	Υποθέσεις για τον εξωτερικό εξοπλισμό	28
3.4	Αναγκαίες σημασιολογικές έννοιες	29
3.5	Ολιστική σχεδίαση συστήματος.....	31
3.5.1	Περιπτώσεις χρήσης Συστήματος (Λειτουργική Άποψη)	31
3.5.2	Διάγραμμα συνιστωσών (Δομική Άποψη)	34
3.5.3	Διαγράμματα ακολουθίας (Άποψη Συμπεριφοράς).....	35
3.6	Σχεδίαση σημασιολογικής δομής.....	38
3.7	Ανάλυση της λογικής του ενδιάμεσου στρώματος	40
4	Υλοποίηση	42
4.1	Μερικά γενικά στοιχεία της υλοποίησης	42
4.1.1	Εισαγωγή στα πλαίσια εκπόνησης της υλοποίησης	42
4.1.2	Γενική υλοποίηση και διευκρίνηση των κομματιών παρουσίασης	42
4.2	Υλοποίηση σημασιολογικού λεξιλογίου	44
4.2.1	Εισαγωγή στις ιδέες του σημασιολογικού λεξιλογίου	44
4.2.2	Πεδίο και έννοιες της οντολογίας	45
4.2.3	Σημασιολογική αξιολόγηση της οντολογίας.....	52
4.3	Υλοποίηση σημασιολογικής υποδομής.....	54
4.3.1	Διαμόρφωση του Fuseki ως υπηρεσία σημασιολογικού ιστού.....	54
4.3.2	Σύνθετο καθεστώς συνεπαγωγής OWL 2 και κανόνων AffectUs.....	57
4.3.3	Χτίσιμο της συνεπαγωγής της Βάσης Γνώσης	57
4.3.4	Ολοκλήρωση με το Node-Red.....	59

4.3.5	Εναλλακτικοί κανόνες και έλεγχοι ακεραιότητας	60
4.4	Υλοποίηση ενδιάμεσου στρώματος	62
4.4.1	Συσχέτιση εισερχόμενων συμβάντων με στάδια αλυσίδας	62
4.4.2	Έλεγχος σταδίων αλυσίδας για παράνομη κατάσταση	63
4.4.3	Δρομολόγηση ειδοποιήσεων	65
4.5	Υλοποίηση γραφικών διεπαφών εισαγωγής δεδομένων	68
4.5.1	Ενεργοποίηση πρόσβασης και δήλωση εξαρτήσεων – UI του Φορέα ..	68
4.5.2	Δήλωση Αλυσίδας - UI του Προγραμματιστή εφαρμογής	70
4.5.3	Δήλωση παρεχόμενων εξωτερικών συμβάντων – UI του Εξωτερικού Προγραμματιστή Analytics	72
4.6	Ένα παράδειγμα χρήσης, και το αποτέλεσμα του	74
5	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Εξελίξεις	76
6	Αναφορές	78

Σημείωση: Οι αναφορές ακολουθούν το πρότυπο IEEE που είναι κοινό σε papers της επιστήμης των υπολογιστών.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:	Fuseki Server Configuration (RDF turtle)	56
Εικόνα 2:	Εσωτερική Δομή της Βάσης Γνώσης	58
Εικόνα 3:	Σύνδεση Node-Red και βάσης γνώσης	60
Εικόνα 4:	Schema για την ακεραιότητα του Event Condition State	61
Εικόνα 5:	Συσχέτιση εισερχόμενων συμβάντων με στάδια αλυσίδας	63
Εικόνα 6:	Έλεγχος αλυσίδας για παράνομες καταστάσεις	65
Εικόνα 7:	Γενικότερη Δρομολόγηση Συμβάντων	66
Εικόνα 8:	Εύρεση endpoints για δρομολόγηση εξωτερικών συμβάντων (KB)	67
Εικόνα 9:	Εύρεση της εγγύτητας αντικειμένων σε χώρους εξωτερικών συμβάντων (DoDB)	67
Εικόνα 10:	UI του φορέα προϊόντος	68
Εικόνα 11:	Υλοποίηση του UI του φορέα	69
Εικόνα 12:	Δήλωση εφοδιαστικής αλυσίδας, UI προγραμματιστή εφαρμογής	71
Εικόνα 13:	Υλοποίηση του UI δήλωσης αλυσίδας	72
Εικόνα 14:	UI του εξωτερικού προγραμματιστή	73
Εικόνα 15:	Υλοποίηση του UI του εξωτερικού προγραμματιστή	74
Εικόνα 16:	Μη αυτόματη ενεργοποίηση του γεγονότος καθυστέρησης SC (αριστερά) και της αντίστοιχης λήψης από τα endpoints εντοπισμού των επιπτώσεων για την έξοδο συναγερμού (δεξιά)	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Έννοιες σχετικές με Συμβάντα σε υπάρχουσες οντολογίες	17
Πίνακας 2: Έννοιες σχετικές με εφοδιαστικές αλυσίδες και τις οντοτητες σε υπάρχουσες οντολογίες	18
Πίνακας 3: Ένοιες σχετικές με Τοποθεσία σε υπάρχουσες οντολογίες.....	18
Πίνακας 4: Η έννοια του χρόνου σε οντολογία	19
Πίνακας 5: Λίστα των βασικότερων τριπλετών στην οντολογία.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Γενική Ιδέα του συστήματος	13
Σχήμα 2: Ρόλοι και σχέσεις μεταξύ τους	24
Σχήμα 3: Κύκλος ζωής οντότητας	25
Σχήμα 4: Παράδειγμα μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας για ένα προϊόν	26
Σχήμα 5: Ύπαρξη διασυνδέσεων στις αφοδιαστικές αλυσίδες	27
Σχήμα 6: Αλληλεπίδραση μεταξύ των ρόλων	31
Σχήμα 7: Δημιουργία ροών συντονισμού με χρήση του API	32
Σχήμα 8: Λήψη ειδοποιήσεων (Φορέας Προϊόντος)	33
Σχήμα 9: Δήλωση Συμβάντων από αποτελέσματα Analytics (Προγραμματιστής Analytics).....	34
Σχήμα 10: Διάγραμμα Συνιστωσών Συστήματος	35
Σχήμα 11: Δήλωση διασυνδέσεων και εξαρτήσεων	36
Σχήμα 12: Δημιουργία μοντέλου	36
Σχήμα 13: Συμπερίληψη Εξωτερικών Ροών Συντονισμού	37
Σχήμα 14: Ακολουθιακό Διάγραμμα - Δήλωση εξωτερικών γεγονότων	37
Σχήμα 15: Γενική χρήση οντολογίας και βάσης γνώσης.....	39
Σχήμα 16: Συσχέτιση συμβάντων με οντότητες που επηρεάζονται	41
Σχήμα 17: Συμβολή της παρούσας εργασίας στο σύστημα AffectUs, και ολική δομή	43
Σχήμα 18: Πλήρης όψη της οντολογίας.....	50
Σχήμα 19: Οντολογία μέρος 1 ^ο : EventCondition και σχετιζόμενες κλάσεις	50
Σχήμα 20: Οντολογία μέρος 2 ^ο : Εφοδιαστική αλυσίδα και προϊόν	51
Σχήμα 21: Οντολογία Μέρος 3 ^ο : Υπόλοιπες έννοιες εφοδιαστικής αλυσίδας	51
Σχήμα 22: Οντολογία Μέρος 4 ^ο : Συνδεδεμένα δεδομένα για χωροχρόνο	52
Σχήμα 23: Test Case για την ειδοποίηση δύο διαφορετικών κατόχων αλυσίδων	75

Συντομογραφίες

<u>Συντομογραφία</u>	<u>Επεξήγηση</u>
API	Application Programming Interface
CRUD	Create, Read, Update, Delete
DL	Description Logic
DoDB	Document-oriented Database
EPC	Electronic Product Code
EPCIS	Electronic Product Code Information System
HTTP	HyperText Transfer Protocol
KB	Knowledge Base
LCC	Large Crowd Concentration
OAuth	Open Authentication
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
REST	Representational State Transfer
RFID	Radio-frequency identification
SCM	Supply Chain Management
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
ST	Smart Tag
TDB	Triple Database
TTL	“Turtle” RDF syntax
UC	Use Case
UI	User Interface
UML	Unified Modelling Language
URL	Uniform Resource Locator
VE	Virtual Entity
W3C	World Wide Web Consortium

1 Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή πεδίου και βασικοί ορισμοί

Ο παγκόσμιος ιστός παρουσιάζει ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία χρόνια, και, ως αποτέλεσμα, η αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων, και κατ'επέκταση φορέων και επιχειρήσεων, αλλάζει ριζικά. Το φαινόμενο εντείνεται από την τάση δημιουργίας ποικίλων και ετερογενών υπολογιστικών συστημάτων για την εξυπηρέτηση του κάθε φορέα. Γενικότερα όταν αναφερόμαστε στην τεχνολογία ιστού εννοούμε το μέσο με το οποίο υπολογιστές επικοινωνούν, χρησιμοποιώντας γλώσσες σήμανσης, σημειογραφίες και πακέτα πολυμέσων [1]. Πλέον βρισκόμαστε στην τρίτη γενιά του ιστού, που αλλιώς ονομάζεται σημασιολογικός ιστός, και έχει ως κύριο χαρακτηριστικό τα σύνολα συνδεδεμένων δεδομένων. Στην προσπάθεια εξέλιξης των παρεχόμενων υπηρεσιών, είναι αναγκαία η χρήση ώριμων αλλά και πιο σύγχρονων τεχνικών και ιδεών, και επομένως τόσο η χρήση του σημασιολογικού ιστού όσο και η απλοποίησή της είναι καίρια ζητήματα.

Μια εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα σύστημα οργανισμών, ανθρώπων, δραστηριοτήτων, πληροφοριών και πόρων που σχετίζονται με τη μετακίνηση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας από τον προμηθευτή στον πελάτη. Οι δραστηριότητες της αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνουν τη μετατροπή των φυσικών πόρων, των πρώτων υλών και των συστατικών τους σε τελικό προϊόν και η παράδοσή του στον τελικό πελάτη.[2] Στις εξελιγμένες αλυσίδες εφοδιασμού, τα χρησιμοποιημένα προϊόντα μπορούν να επανέλθουν στην αλυσίδα εφοδιασμού σε οποιοδήποτε σημείο όπου η υπολειμματική αξία είναι ανακυκλώσιμη, επομένως το τέλος μιας αλυσίδας, την οποία μπορούμε να θεωρήσουμε ως ατομική μονάδα, είναι ένα στάδιο ανακύκλωσης [3]. Γενικότερα οι εφοδιαστικές αλυσίδες ενώνουν τις αλυσίδες αξίας [3], οι οποίες αποτελούν το σύνολο δραστηριοτήτων που εκτελεί μια επιχείρηση που δραστηριοποιείται σε μια συγκεκριμένη βιομηχανία προκειμένου να παραδώσει ένα προϊόν ή υπηρεσία για την αγορά [4]. Στο παρόν γενικό πλαίσιο, η αλυσίδα αξίας είναι ήδη αφηρημένη έννοια καθώς δεν είναι οι δραστηριότητες που μας ενδιαφέρουν, αλλά η σύνδεση μεταξύ των διαφορετικών δραστηριοτήτων, και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η κάθε διακινούμενη οντότητα. Η διαχείριση εφοδιαστικών αλυσίδων (SCM) συνδέει μια επιχείρηση με τους πελάτες, τους προμηθευτές και άλλα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών και της αποθήκευσης καθώς και των υπεύθυνων εταιρειών-φορέων [5]. Το πρόβλημα με το οποίο πραγματεύεται η εργασία είναι η ολοκλήρωση ενός συστήματος διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, χρησιμοποιώντας μία κεντρική υπηρεσία προώθησης ειδοποιήσεων, που συνδέεται με τα άλλα υποσυστήματα SCM μίας ή πολλών εταιρειών.

Χρησιμοποιούνται δύο επιχειρησιακές έννοιες, αναγκαίες για την μοντελοποίηση του πεδίου. Κατακόρυφοι επιχειρησιακοί άξονες (Business Verticals) είναι στενές αγορές των οποίων οι ειδικές ανάγκες τους καθιστούν ιδιαίτερα πιθανό να θέλουν τις προσφορές μιας επιχείρησης [6]. Πρόκειται για συγκεκριμένα πεδία ενασχόλησης, στα οποία εαν μια επιχείρηση ασχοληθεί αποκλειστικά, θα αποτελεί μια απομονωμένη εφοδιαστική αλυσίδα π.χ. μια εταιρεία τηλεπικοινωνιών διαθέτει πύργους κυψελών, και πουλά μόνο τηλέφωνα και πακέτα επικοινωνίας. Οριζόντιος επιχειρησιακός άξονας (Business horizontal) είναι ένα μόνο επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας (π.χ. μια εταιρεία που εκτείνεται σε έναν μόνο οριζόντιο άξονα δίνει μόνο πακέτα επικοινωνίας δίχως να ασχολείται με άλλες διαδικασίες) αλλά μπορεί να καλύψει πολλαπλά πεδία σε αυτό το επίπεδο (όπως για παράδειγμα μία μεταφορική ασχολείται με πολλών ειδών μεταφορές). Τα όρια των εταιρειών και των φορέων μπορεί να ενσωματώνουν και

παραπάνω από έναν άξονα, και επομένως είναι λογικό οι σχέσεις μεταξύ των αξόνων να περιπλέκονται, ειδικά όταν πρόκειται για συμπράξεις ή σχέσεις παραγωγού-καταναλωτή μεταξύ επιχειρήσεων.

Με την έλευση του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) άνοιξαν νέοι ορίζοντες και για την περίπτωση των εφοδιαστικών αλυσίδων. Κύριος ενεργοποιητής της χρήσης του IoT στις εφοδιαστικές αλυσίδες είναι ο ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC), όπου χρησιμοποιώντας μία οικουμενική τεχνολογία κωδικοποίησης προϊόντων μαζί με άλλες τεχνολογίες όπως αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων, ασύρματη τεχνολογία επικοινωνιών δεδομένων, μπορεί να επιτευχθεί ενιαία παρακολούθηση κατάστασης και εντοπισμός προϊόντων [7]. Με το EPC και το Διαδίκτυο, μπορεί να εντοπιστεί κάθε προϊόν με μοναδικό χαρακτηρισμό στην αλυσίδα εφοδιασμού. Το διαδίκτυο στην αλυσίδα εφοδιασμού συνεπάγεται τόσο τεχνολογικές όσο και επιχειρηματικές εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να συνδεθούν με δύο διεπαφές: απαιτήσεις πληροφόρησης και παροχή πληροφοριών [8]. Οι εφαρμογές (ή υπηρεσίες) πρέπει να παρέχουν τις απαιτήσεις πληροφόρησης που καθορίζονται από τις επιχειρηματικές εφαρμογές. Μία πιο εξειδικευμένη περίπτωση των παραπάνω είναι τα συστήματα διαχείρισης προϊόντων (ή ψηφιακής αντιπροσώπευσής τους, Virtual Entities ή VEs) και την προσεκτική παρακολούθηση των πραγμάτων (περιπτώσεις αυτών των προϊόντων) μέσω αναλύσεων, οπτικοποιήσεων και ειδοποιήσεων βασισμένων σε κανόνες, βασισμένων σε έξυπνους αισθητήρες ενσωματωμένους στα προϊόντα, που μπορούν να σαρώνουν και να παρέχουν πληροφορίες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η θέση κλπ. [9]. Γενικότερα αυτές οι περιπτώσεις χρησιμοποιούν έξυπνο εξοπλισμό σάρωσης μαζί με κοινή ταυτοποίηση.

1.2 Ορισμός του προβλήματος

Σύμφωνα με το Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) [10], η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνει τον προγραμματισμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την προμήθεια και τη μετατροπή και όλες τις λογιστικές δραστηριότητες διαχείρισης. Επιπλέον ο πρώιμος εντοπισμός των διαταραχών καθώς και η διάδοση γνώσης σε πραγματικό χρόνο θεωρούνται καίριες για να διαδραματίσουν μετασχηματιστικό ρόλο στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας [11]. Επομένως είναι αναγκαία η δημιουργία, επεξεργασία και διάδοση συμβάντων μεταξύ οντοτήτων που μετέχουν σε μια εφοδιαστική αλυσίδα.

Στην σημερινή παγκοσμιοποιημένη οικονομία, οι εξαρτήσεις από εξωτερικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται ως εισρέον υλικό σχεδόν σε κάθε αλυσίδα εφοδιασμού, φέρουν σημαντική ευθύνη και ρίσκο, οδηγώντας σε καθυστερήσεις στις γραμμές παραγωγής, στα δίκτυα διανομής κλπ. Έλλειψη επαρκών πληροφοριών για το τι συμβαίνει στις σύνθετες αλυσίδες εφοδιασμού τους, εμποδίζει τις εταιρείες να αξιολογούν τους κινδύνους και να καθιστούν δυνατή μια βιώσιμη στρατηγική διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού [12], καθώς και ενισχύουν την ανεπαρκή κατάρτιση / συντήρηση των απαραίτητων λειτουργιών της αλυσίδας εφοδιασμού και την έλλειψη αποτελεσματικής επικοινωνίας μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού [5]. Ακριβώς αυτό το παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον πολλαπλών φορέων καθώς και η κάθετη αποσύνθεση θεωρούνται μεταξύ των βασικών προκλήσεων για τις αλυσίδες εφοδιασμού [13].

Το [10] σημειώνει πως σημαντικό στοιχείο είναι ο συντονισμός και η συνεργασία μεταξύ εταίρων των καναλιών, οι οποίοι μπορούν να είναι προμηθευτές, μεσάζοντες, εξωτερικοί πάροχοι υπηρεσιών και πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού ενσωματώνει τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπ'όψη είναι αντιληπτό ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο πώς ένα συμβάν που αφορά την εφοδιαστική αλυσίδα ενός μόνο κάθετου άξονα τελικά επηρεάζει και άλλες καθέτους. Όμως η απόλυτη συνεργασία μεταξύ πολλών διοικήσεων είναι ανέφικτη στον σύγχρονο ανταγωνισμό. Ενώ η χρήση του IoT και του έξυπνου εξοπλισμού σάρωσης έχουν φέρει σημαντική πρόοδο στην διαχείριση εφοδιαστικών αλυσίδων, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά ζητήματα σχετικά με τον τρόπο διάδοσης των πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών business verticals ή μεταξύ ξεχωριστών φορέων/εταιρειών με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται συνήθως η ελεύθερη ροή δεδομένων.

Λαμβάνοντας υπ'όψη όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως η απεικόνιση αυτών των σχέσεων και εξαρτήσεων και η σωστή και έγκαιρη διάδοση ειδοποιήσεων σε πολλαπλούς φορείς πρέπει να είναι το κεντρικό σημείο προσοχής αυτής της εργασίας.

1.3 Κίνητρα και Στόχοι

Ο κύριος στόχος της διαχείρισης μιας αλυσίδας εφοδιασμού είναι να συνεργαστούν τα μέλη των οργανώσεων και να οικοδομηθεί μια σύμπραξη μεταξύ τους για να αυξηθεί το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της αλυσίδας εφοδιασμού στο σύνολό της, ακόμα κι όταν υπάρχουν πολλαπλές (ίσως και ανταγωνιστικές σε διαφορετικό πεδίο ενασχόλησης) διοικήσεις.[5] Αυτό σημαίνει πως ενώ υπάρχει η ανάγκη συνεργασίας, ένας μεσάζων θα πρέπει να έχει απομοονωμένη διεπαφή με κάθε διαφορετικό φορέα. Με την ελαχιστοποίηση των εμποδίων μεταξύ των οργανισμών, μπορεί να επιτευχθούν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις έγκαιρες προειδοποιήσεις, εναλλακτικές διαδρομές εφοδιασμού ή άλλα έγκαιρα μέτρα μετριασμού, επιτυγχάνοντας μια βελτιστοποιημένη κατάσταση της τροφοδοσίας της αλυσίδας εφοδιασμού. Η ευελιξία που επιτυγχάνεται με την ολοκλήρωση της διαδικασίας και της πληροφορίας συγκαταλέγεται μεταξύ των μεγαλύτερων συντελεστών στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού [14], καθώς και στις πτυχές της συνεργασίας [15].

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, οι στόχοι της παρούσας εργασίας συνοψίζονται στα εξής:

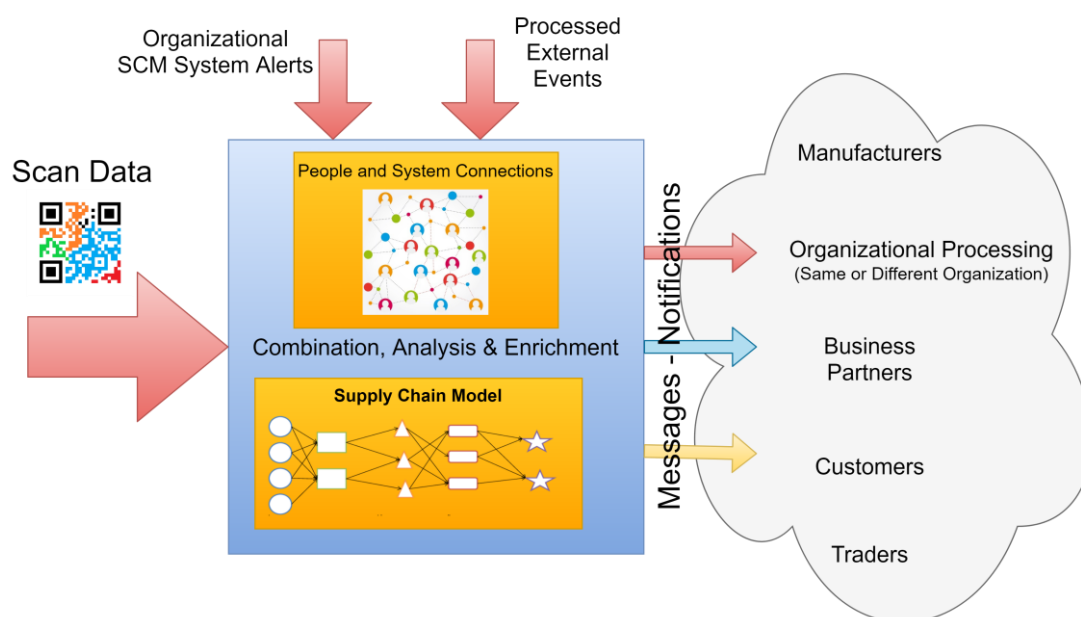
- Δυνατότητα σύνδεσης με τις υπάρχουσες πλατφόρμες διαχείρισης IoT χωρίς να χρειάζεται αντικατάσταση των υπάρχοντων προσεγγίσεων αλλά το σύστημα να ενεργεί με συμπληρωματικό τρόπο.
- Δυνατότητα αφαίρεσης του επιπέδου των δηλώσεων εξάρτησης που χρειάζονται οι τελικοί χρήστες (π.χ. από την άποψη των χρησιμοποιούμενων εισροών στην αλυσίδα τους), μέσω των σχετικών UI και τη δέσμευση αυτών των εξαρτήσεων με σημασιολογικό τρόπο, και χρησιμοποιώντας την δύναμη του συμπερασμού.
- Δυνατότητα ανίχνευσης ασυνήθιστης ή ύποπτης συμπεριφοράς στην εφοδιαστική αλυσίδα, κατά την μεταφορά προϊόντων μεταξύ σημείων παραγωγής, αποθήκευσης, πώλησης κ.λπ.
- Δυνατότητα ανίχνευσης μη φυσιολογικών συνθηκών σε σχέση με την αναμενόμενη κατάσταση μιας αλυσίδας εφοδιασμού, χρησιμοποιώντας εξωτερικά μοντέλα, δημιουργημένα από ιστορικά δεδομένα, σχετικά με τους χρόνους μετάβασης από στάδιο σε στάδιο.
- Δυνατότητα διάδοσης των παραγόμενων κοινοποιήσεων και συμβάντων ασύγχρονα σε όλες τις ενδιαφερόμενες οντότητες, με προσαρμογή σε διαφορετικά πρωτόκολλα και συστήματα.
- Σύνδεση και προώθηση εξωτερικών αναγνωρισμένων γενικών συμβάντων (που μπορούν να προέρχονται από ανοικτές πηγές δεδομένων, αιτερικές υπηρεσίες ανίχνευσης ανωμαλιών, δεδομένα έξυπνων πόλεων και γενικότερα εξωτερικούς προγραμματιστές) σε επηρεαζόμενες οντότητες της αλυσίδας.
- Αναγνώριση των συνδέσεων μεταξύ των γενικών συμβάντων και των επιδράσεών τους σε κάθε δεδομένο πράγμα / προϊόν. Αυτό συνεπάγεται την ανίχνευση συνδέσεων μεταξύ καθέτων, και γενικότερα την ενθάρρυνση της σύμπραξης μεταξύ εταιρειών, ανεξάρτητα από σχέσεις ανταγωνιστικότητας.
- Δυνατότητα γεφύρωσης και ενσωμάτωσης μεταξύ διαφορετικών λύσεων και πλαισίων, παρακάμπτοντας την τυπική ποικιλία πρωτοκόλλων και τον κατακερματισμό του τομέα IoT.

Μέσω της κοινής χρήσης της σημασιολογίας, της ταυτοποίησης συμβάντων και της προώθησης, γίνεται επιτρεπτή η διασταύρωση των ειδοποιήσεων συμβάντων μεταξύ

επιχειρησιακών καθέτων, εμπλουτίζοντας έτσι το πλαίσιο εφαρμογής. Η αυτόματη ανακάλυψη των προϊόντων που επηρεάζονται από τα προβλεπόμενα συμβάντα είναι αναγκαίο να αποτελέσουν κεντρικό σημείο αυτής της διαδικασίας.

Επιπλέον οι υπηρεσιοστρεφείς αρχιτεκτονικές είναι στο επίκεντρο της τεχνολογίας της πληροφορίας πλέον. Λαμβάνοντας υπ' όψη όλους τους ορισμούς και τις σχετικές εργασίες που έχουν εκπονηθεί, η συμβολή αυτής της εργασίας ωθείται στο να είναι η δημιουργία μίας **υπηρεσίας** που να δρομολογεί και να επεξεργάζεται συμβάντα και προειδοποιήσεις με βάση τις δηλωμένες και απεικονισμένες σχέσεις και εξαρτήσεις ανάμεσα σε προϊόντα και άλλα προϊόντα ή εξωτερικές συνθήκες. Η υπηρεσία αυτή λαμβάνει δεδομένα από εξοπλισούς σάρωσης, ήδη υπάρχοντα συστήματα SCM και εξωτερικά γεγονότα που επηρεάζουν προϊόντα.

Μία οπτικοποίηση της γενικής ιδέας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1: Γενική Ιδέα του συστήματος

Η σύνδεση μεταξύ ανθρώπων, συστημάτων και των μοντέλων εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το κύριο πεδίο στο οποίο συμβάλλουν οι τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού.

2 Σχετικές εργασίες

Οι εξεταζόμενες σχετικές εργασίες στο πλαίσιο αυτής της διατριβής εκτείνονται από τα αρχιτεκτονικά ζητήματα της ενσωμάτωσης των συστημάτων IoT και των συστημάτων διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού μέχρι τα υπάρχοντα σημασιολογικά πλαίσια για την περιγραφή και τον συμπερασμό σε αλυσίδες εφοδιασμού, και παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους.

2.1 Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικών Αλυσίδων

Ένα τυπικό σύστημα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζεται στο [16], και πρόκειται για μια στατική αλλά αποτελεσματική λύση για προβλήματα αποφάσεων και τις διακυμάνσεις της σειράς ζήτησης στην αλυσίδα εφοδιασμού όσο τα προϊόντα ανεβαίνουν σε αυτή («bullwhip effect»).

Σε σχέση με την ενσωμάτωση του IoT σε SCM, τα αρχιτεκτονικά ζητήματα της χρήσης τεχνολογιών που βασίζονται στο IoT για την παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού εμφανίζονται στο [17]. Η λογική της χρήσης δεδομένων πεδίου για τη συμπλήρωση καταγραφών δεδομένων σχετικά με τις πληροφορίες που μπορούν να συγκεντρωθούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία, είναι παρόμοια στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού και της παρακολούθησης προϊόντων, αναγνωρίζοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για σχετικές ειδοποιήσεις προς τους εμπλεκόμενους φορείς σε σχέση με τα συγκεκριμένα προϊόντα. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση, η ταυτοποίηση των κοινοποιημένων χρηστών πραγματοποιείται μόνο μέσω της στατικής καταχώρησης σε ένα κοινό σύστημα δημοσίευσης/εγγραφής (publish/subscribe) και όχι δυναμικά, με βάση προσδιορισμένες εξαρτήσεις μέσω της χρήσης σημασιολογίας. Στο [18] παρουσιάζεται μια αρχιτεκτονική αναφοράς για τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Οι βασικές καινοτομικές πτυχές περιλαμβάνουν την ευφυΐα των γεγονότων, που διατυπώνονται μέσω κανόνων που έχουν εισαχθεί με το χέρι και ανάλυσης για μεγαλύτερη αυτοματοποίηση αλυσίδας εφοδιασμού και αντικειμένων. Η προσέγγιση αυτή υπαγορεύει επίσης μια κατανομημένη φύση, λαμβάνοντας υπόψη τις υπηρεσίες EPC (EPCIS) για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού, υποδεικνύοντας ότι αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών είναι κρίσιμη.

Στο [19], εισάγεται ένα Labview prototype ενός συστήματος για τη μοντελοποίηση παρόμοιων σταδίων της αλυσίδας εφοδιασμού με αυτά που ορίζονται παρακάτω στην παρούσα εργασία, όμως ειδικά για τον τομέα των τροφίμων.

Ένα προτεινόμενο πλαίσιο που διαρθρώνει μια διακυβέρνηση για τον συντονισμό του έργου πολλών ενδιαφερόμενων φορέων, δημόσιων και ιδιωτικών, που συμμετέχουν σε ένα συνεργατικό περιβάλλον, συγκεκριμένα για την διαχείριση εφοδιαστικών αλυσίδων σε λιμάνια, παρουσιάζεται στο [20]. Το πεδίο του είναι πολύ συγκεκριμένο και περιορισμένο, παρ'όλα αυτά βασίζεται σε διαδικασίες μεταξύ διαφορετικών επιχειρήσεων και προωθεί τη συνδυαστική λειτουργία με άλλα συστήματα όπως και η παρούσα εργασία.

Στο [21] προτείνεται η αποκέντρωση της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας από κεντρικές διοικήσεις, ενώ οι μεσάζοντες χρησιμοποιούν υπηρεσίες Cloud για τη δημιουργία των δικών τους και πιο γενικευμένης φύσης υπηρεσιών.

2.2 Σημασιολογικός Ιστός, Οντολογίες και Εφοδιαστικές αλυσίδες

Ένας παράγοντας που οδηγεί στην ανάγκη για χρήση τεχνολογιών σχετικών με τον Σημασιολογικό Ιστό είναι το ότι η γενικότερη υπηρεσιακή ευφυία είναι το πεδίο που έχει επηρεαστεί από τις τεχνολογίες αυτές το λιγότερο [22]. Γενικότερα, υπάρχει χρήση οντολογιών και τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού για εφοδιαστικές αλυσίδες, αλλά σε ένα αρκετά περιορισμένο εύρος κάλυψης εννοιών.

Όσον αφορά τη σημασιολογία και τη χρήση τους στις αλυσίδες εφοδιασμού, διεξάγεται διεξοδική επισκόπηση 6 διαφορετικών οντολογιών που υπάρχουν [23]. Τα περισσότερα μοντέλα στοχεύουν στην ενοποίηση πληροφοριών μεταξύ διαφόρων πηγών δεδομένων και μοντέλων δεδομένων στις αλυσίδες εφοδιασμού μεταξύ οργανισμών. Ένα από τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι το αναφερόμενο ως «κενό» (Gap 3 όπως αναφέρθηκε στο έγγραφο) στη σύνδεση εξ ολοκλήρου των εξωτερικών αλυσίδων εφοδιασμού και των επιπτώσεών τους, μια πτυχή που καλύπτεται από το προτεινόμενο μοντέλο της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, το κενό 1 αναφέρει ότι επικεντρώνεται κυρίως στο στρατηγικό επίπεδο και όχι στο επιχειρησιακό (όπως π.χ. ο εντοπισμός καθυστερήσεων και η προειδοποίηση), ενώ το κενό 4 αναφέρει την έλλειψη παραμέτρων ιχνηλασιμότητας, η οποία καλύπτεται εκ νέου από την παρούσα εργασία μέσω της ενσωμάτωσης των τεχνολογιών του Διαδικτύου και των σχέσεων μεταξύ των προϊόντων καθώς και των προϊόντων και των καταναλωτών. Τέλος, το Gap 7 αναφέρει την έλλειψη κάλυψης στη ροή των πληροφοριών, ιδίως με έναν τρόπο κίνησης προς τα πίσω, γεγονός που καλύπτεται στην περίπτωσή μας με τη δυναμική συμπερίληψη των κανόνων για τη μεταβατική κατάσταση και τον προσδιορισμό της σωστής ακολουθίας βημάτων ανεξάρτητα από τη δομή της αλυσίδας.

Σε περαιτέρω εργασίες όπως η οντολογία EAGLET [24], το βάρος δίνεται στην αυξημένη διαθεσιμότητα και τη διαλειτουργικότητα των πληροφοριών που προέρχονται από τα ίδια τα πράγματα (Things), συμπεριλαμβανομένων των εννοιών όπως Event, AGent, Location, Equipment, and Thing. Τέτοιες έννοιες θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν στο πεδίο της παρούσας εργασίας για την τεκμηρίωση της ταυτότητας του συμβάντος (όχι της παραγωγής του) που εκτελείται επί του παρόντος στην περίπτωσή μας, μέσω της αποθήκευσης του συμβάντος που εντοπίστηκε στο back-end σύστημα αποθήκευσης.

Στο [25] παρουσιάζεται η οντολογία CDM-Core, η οποία εστιάζει σε μια μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής. Ενώ είναι πολύ λεπτομερής, ακριβώς αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας καθιστά δύσκολη την επαναχρησιμοποίησή της στο παρόν πλαίσιο. Γενικά αποκαλύφθηκε ότι για να περιγράψουμε με ακρίβεια ένα δεδομένο πεδίο, οι εισαγόμενες έννοιες δεν μπορούν εύκολα να ξαναχρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές, παρά το ότι αυτό το θέμα έχει αποτελέσει το επίκεντρο πολλών ερευνών στο υπόδειγμα των διασυνδεδεμένων δεδομένων (Linked Data). Ωστόσο, το [25] περιλαμβάνει έναν πολύ λεπτομερή τρόπο για την επικύρωση και την επαλήθευση της οντολογίας στο σύνολό της, η οποία έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμη ως διαδικασία που θα ακολουθηθεί και στην παρούσα περίπτωση.

Στο [26] παρουσιάζεται ένας συνδυασμός αυτόνομων οντολογιών για την υποστήριξη προσομοιώσεων διασταυρούμενης αλυσίδας. Από τις αυτόνομες, η γνώση της αλυσίδας εφοδιασμού είναι η πιο παρόμοια με την περίπτωσή μας, συμπεριλαμβανομένου ενός συνόλου εννοιών όπως οι συμμετέχοντες κλπ. Το κύριο μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι ενώ μπορεί κανείς να μοντελοποιήσει διαδικασίες και υποεπεξεργασίες, δεν είναι πολύ σαφές εάν και η ακολουθία από αυτά μπορούν να περιγραφούν.

Γενικά, η χρήση οντολογιών στο πλαίσιο της αλυσίδας εφοδιασμού αναφέρεται στις περισσότερες περιπτώσεις (π.χ. [5] , [27]) στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ

οργανισμών που συμμετέχουν στην αλυσίδα. Ωστόσο, στην παρούσα περίπτωση, αυτό αντιμετωπίζεται με απλούστερο τρόπο, αξιοποιώντας τις τρέχουσες εξελίξεις στον τομέα του Διαδικτύου και του τομέα των υπηρεσιών. Μέσω αυτής της προσέγγισης, ο αρχικός κάτοχος του λογαριασμού μπορεί να δηλώσει διαφορετικούς ρόλους (αντιστοιχεί στις διάφορες κατηγορίες συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού), να εκχωρήσει ένα διαφορετικό υποσύνολο δικαιωμάτων πρόσβασης σε κάθε ένα και να μοιραστεί το αντίστοιχο κλειδί API με τις αντίστοιχες οντότητες, σχετικά με τα δεδομένα και τους πόρους.

Μια ενδιαφέρουσα εξέλιξη στον τομέα περιλαμβάνει επίσης τη χρήση blockchain για να επιτρέψει την πρόσβαση, καθώς και τη σημασιολογία, προκειμένου να βρει την απαραίτητη τιμή αντικειμένου που πρέπει να μοιραστεί [28]. Η χρήση blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού έχει επίσης εισαχθεί στις πρόσφατες εξελίξεις [29] ως ένα πολύτιμο μέσο κυρίως για την εξασφάλιση της προέλευσης του χειρισμού και θα μπορούσε να προστεθεί και στην παρούσα εργασία ως εναλλακτικό ή συμπληρωματικό μέσο αποθήκευσης δεδομένων σάρωσης παράλληλα με την προσέγγιση της χρήσης μιας βάσης δεδομένων.

Μερικές από τις έννοιες με τις οποίες πραγματεύεται η οντολογία της παρούσας εργασίας, δυνδύνονται με υπάρχουσες σχετικές εργασίες και ίσως παρέχουν τη δυνατότητα της απλοποίησης της διασύνδεσης δεδομένων. Στα πλαίσια της έρευνας για έννοιες και σημασίες, οι οποίες είναι ζωτικές για το σχεδιασμό της οντολογίας, επιλέχθηκαν τέσσερις έννοιες γύρω από τις οποίες αποτέλεσαν το επίκεντρο ενδιαφέροντος, και για κάθε υποψήφια εξετάστηκαν οι γενικές χρήσεις και η χρησιμότητα της διασύνδεσης με την οντολογία της παρούσας εργασίας. Αυτές είναι:

- Εφοδιαστική Αλυσίδα (Supply Chain): Σκοπός εδώ είναι να βρεθούν τρόποι περιγραφής μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, πάνω στους οποίους μπορούμε να βασιστούμε.
- Συμβάν (Event): Η έννοια του συμβάντος είναι αναγκαία στην περίπτωσή μας, καθώς κάθε νέα εξέλιξη και κάθε αποτέλεσμα επεξεργασίας θεωρείται ένα συμβάν, και αυτό αποτελεί και το πρότυπο για κάθε ειδοποίηση που πρέπει να σταλεί. Ωστόσο, η έννοια η οποία πρέπει να χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία είναι η «η συνθήκη για να συμβεί κάτι». Αυτή η έννοια ονομάζεται *EventCondition* στο παρόν πεδίο.
- Τοποθεσία (Location): Σκοπός είναι η αποτελεσματική περιγραφή οποιουδήποτε τύπου τοποθεσίας, είτε αυτό είναι απλές συντεταγμένες είτε γεωγραφικό σχήμα, ανεξάρτητα από την εμφάνιση πρόσθετων χαρακτηριστικών.
- Χρόνος (Time): Εδώ χρειάζονται οι έννοιες της διάρκειας και της στιγμής, ώστε να είναι εύκολη η αναπαράστασή τους.

Λεπτομέρειες σε σχέση με αυτές τις έννοιες και υπάρχουσες μοντελοποιήσεις τους εμφανίζονται στους παρακάτω πίνακες.

Όνομα:	EventCondition
Πεδίο εφαρμογής:	Μια έννοια συμβάντος είναι απαραίτητη για τη διατήρηση πληροφοριών σχετικά με τη φύση του περιστατικού, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών των εξαρτήσεων μεταξύ των ετικετών εισόδου και εξόδου, του τόπου και του χρόνου της εμφάνισης και των πληροφοριών ανάκτησης.
Σχετικές εργασίες:	Η [eventOntology-escience2008] υποστηρίζει τη δημιουργία οντολογιών που βασίζονται σε συμβάντα για την περιγραφή αποτελεσμάτων πλημμύρας. Πάρα πολύ συγκεκριμένη (για την περίπτωση πλημμύρας)

	Η [http://dbpedia.org/ontology/Event] έχει μερικά καλά χαρακτηριστικά (όπως causedBy, Damage, χρονισμούς), ωστόσο, διαθέτει επίσης και άλλα χαρακτηριστικά, π.χ. για να περιγράψουν ανθρώπινες εκδηλώσεις (όπως συναντήσεις, συναυλίες κλπ), που δεν χρειάζονται στην περίπτωσή μας Η [http://purl.org/NET/c4dm/event.owl#] είναι μια πολύ απλούστερη περίπτωση, καθώς ενώ εστιάζει και πάλι σε π.χ. συναυλίες, ενσωματώνει πολύ ευρύτερες έννοιες όπως η τοποθεσία [http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#], ο χρόνος [http://www.w3.org/2006/time#], πράκτορες, παράγοντες (που μπορούν να θεωρηθούν ως οι βασικές εισροές στην περίπτωσή μας) και τα προϊόντα (πιθανώς τα επηρεαζόμενα αποτελέσματα στην περίπτωση μας), καθώς και ένα επαναληπτικό υποσύνολο που μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο και για τον καθορισμό θετικών και αρνητικών περιπτώσεων γεγονότων). Ο χρόνος και η θέση είναι υποψήφιοι για επαναχρησιμοποίηση ακόμη και αν δεν επιλεγούν τελικά οι άλλες έννοιες. Αυτό το λεξιλόγιο χρησιμοποιείται επίσης σε μεγάλο βαθμό από 36 άλλα λεξιλόγια Η [http://linkedevents.org/ontology/] ορίζει μια κλάση Συμβάντων και 7 ιδιότητες που μπορεί να είναι χρήσιμες, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών του χώρου και του χρόνου, καθώς και των οντοτήτων που εμπλέκονται. Μια ακόμη ενδιαφέρουσα προσθήκη είναι η [http://semanticweb.cs.vu.nl/2009/11/sem/], η οποία επίσης επεκτείνεται από το βασικό λεξιλόγιο συμβάντος/εκδήλωσης, αλλά έχει ωραίες γενικές μορφοποιήσεις που είναι πιο περιγραφικές, όπως eventType, ActorType, αφηρημένους περιορισμούς κ.λπ.
--	---

Πίνακας 1: Έννοιες σχετικές με Συμβάντα σε υπάρχουσες οντολογίες

Όνομα:	Έννοιες σχετικές με εφοδιαστικές αλυσίδες.
Πεδίο εφαρμογής:	Η περιγραφή των σχέσεων μεταξύ οντοτήτων αποτελεί βασικό τμήμα της οντολογίας, προκειμένου να ενισχυθεί η περιγραφή και η ταυτοποίηση των εξαρτήσεων.
Σχετικές εργασίες:	Όσον αφορά την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ οντοτήτων, η [https://www.w3.org/TR/2013/NOTE-prov-overview-20130430/] περιέχει χαρακτηριστικά όπως ActivityInfluence που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ένδειξη της εξάρτησης. Έχει επίσης χαρακτηριστικά χρόνου (όπως generatedAt ή endedAt). Η οντολογία οργάνωσης PRIMER [https://www.w3.org/TR/vocab-org/#bib-OWL2-PRIMER] είναι επίσης ενδιαφέρουσα, αλλά προορίζεται κυρίως για την περιγραφή συνδεδεμένων οντοτήτων, όπως οργανισμοί, παρόλο που υπάρχουν έννοιες τοποθεσίας (όπως ο ιστότοπος), προκειμένου να συμπεριληφθεί η θέση των οργανώσεων και των ιδιοτήτων που συνδέονται με αυτό για να δηλώνεται η σύνδεση μεταξύ των οργανισμών. Η GoodRelations [http://www.heppnetz.de/ontologies/goodrelations/v1.html] περιέχει έννοιες που μπορούν να περιγράψουν ένα προϊόν ή περιεχόμενο ενός καταστήματος, έτσι είναι περισσότερο εστιασμένη στο τμήμα λιανικής πώλησης της περιγραφής. Ορισμένες πτυχές στις οποίες βασίζεται (π.χ. http://schema.org/latitude ή longitude έννοιες) είναι επίσης ενδιαφέρουσες.

Πίνακας 2: Έννοιες σχετικές με εφοδιαστικές αλυσίδες και τις οντότητες σε υπάρχουσες οντολογίες

Όνομα:	Location (έννοια της τοποθεσίας)
Πεδίο εφαρμογής:	Η έννοια της τοποθεσίας είναι κρίσιμη για πολλούς σκοπούς, η κυριότερη από τις οποίες είναι η συσχέτιση των πληροφοριών σαρωμένων ετικετών προϊόντων (που περιλαμβάνουν την τοποθεσία) με τη θέση στην αλυσίδα εφοδιασμού (σχετικό στάδιο) ή τον εντοπισμό των εξωτερικών συμβάντων του επηρεασμού της γεωπεριβάλλοντος) στο συγκεκριμένο αναγνωριστικό προϊόντος.
Σχετικές εργασίες:	Ένα από τα πιο βασικά λεξιλόγια για τη δήλωση απλουστευτικών (υπό μορφή lat, lon συντεταγμένων) χαρακτηριστικών θέσης περιλαμβάνεται στο WGS84 Geo Positioning [https://www.w3.org/2003/01/geo/]. Μια πιο περίπλοκη προσέγγιση περιλαμβάνεται στη GeoNames [http://www.geonames.org/ontology/documentation.html], η οποία περιέχει πάνω από 11 εκατομμύρια τοπωνύμια, και τα geonames έχουν μια μοναδική διεύθυνση URL με μια αντίστοιχη υπηρεσία ιστού RDF. Άλλες υπηρεσίες περιγράφουν τη σχέση μεταξύ τοπωνυμίων. Ενώ είναι πολύ λεπτομερές, ένα από τα μειονεκτήματα στην περίπτωση αυτή είναι η χονδρόκοκη φύση των τόπων. Στην περίπτωση μας χρειάζεται μια πιο εκλεπτισμένη, αλλά αρκετά γενική, περίπτωση. Για παράδειγμα να υπάρχει η δυνατότητα ύπαρξης geobox το οποίο έχει συντεταγμένες στη Νότιοδυτική και την Βοριοανατολική γωνία με απλό {lat,lon} format. Το LinkedGeoData project [Description: http://linkedgeodata.org/About] είναι μια πρωτοβουλία LOD που εκθέτει πάνω από 1,2 δισεκατομμύρια θέσεις, συμπεριλαμβανομένων πτυχών όπως το πόσες θέσεις ενδιαφέροντος υπάρχουν, π.χ. εστιατόρια, σημεία εξυπηρέτησης κ.λπ. σε μια τοποθεσία. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να είναι πολύ χρήσιμο σε περίπτωση που εξετάσουμε τη διάδοση των αντίστοιχων προσδιορισμένων πληροφοριών εκδήλωσης με ad-hoc τρόπο σε όλες τις πληγείσες οντότητες μιας περιοχής. Έτσι, οι σχετικοί τύποι εξυπηρέτησης μπορούν να ανακτηθούν εντός της δεδομένης περιοχής. Τέλος για την γενική χρήση στην παρούσα εργασία έχει χρησιμοποιηθεί το λεξιλόγιο GeoJSON-LD [http://purl.org/geojson/vocab#] το οποίο δίνει την δυνατότητα περιγραφής γεωγραφικής θέσης με το πρότυπο GeoJSON, με χρήση RDF, και με βάση το πρότυπο RFC 7946. Όλα τα διαφορετικά χαρακτηριστικά του GeoJSON υποστηρίζονται, και αυτό προσδίδει την ικανότητα περιγραφής περίπλοκων γεωμετριών, και των προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών τους. Η περιγραφή βρίσκεται στο [http://geojson.org/geojson-ld/]

Πίνακας 3: Ένοιες σχετικές με Τοποθεσία σε υπάρχουσες οντολογίες

Όνομα:	Time
Πεδίο εφαρμογής:	Η έννοια του χρόνου είναι χρήσιμη για τον χρονικό προσδιορισμό των συμβάντων, και τον προσδιορισμό του μέσου χρόνου αναμονής σε ένα σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας.
Σχετικές εργασίες:	Επειδή εδώ χρειάζεται μία ευρέως αποδεκτή και πλήρης αναπαράσταση, θεωρήθηκε πως η οντολογία [http://www.w3.org/2006/time#] του World Wide Web Consortium είναι αρκετή για τις ανάγκες της εργασίας, και η εισαγωγή της οντολογίας αυτής στις έννοιες της παρούσας εργασίας προσίδει περεταίρω επεκτασιμότητα, λόγω του ότι το W3C αποτελεί οργανισμό προτυποποίησης. Το σημείο διασύνδεσης της παρούσας οντολογίας με την οντολογία χρόνου του W3C είναι η χρονική οντότητα “Time Instant” και χρησιμοποιείται για τον χρονικό προσδιορισμό των σαρώσεων, και η έννοια “Temporal Duration” που χρησιμοποιείται για την έκφραση της μέσης διάρκειας που ένα αντικείμενο παραμένει στο ίδιο μέρος.

Πίνακας 4: Η έννοια του χρόνου σε οντολογία

3 Προτεινόμενη λύση

3.1 Βασικές αρχές και ιδέες

3.1.1 Βασικές ιδέες συστήματος

Με βάση το γενικό πλαίσιο του πεδίου, γίνεται να δηλωθούν οι εφοδιαστικές αλυσίδες με όρους μοντελοποίησης. Ορίζοντας τα παρακάτω, σκοπός είναι μια γενική μοντελοποίηση εφοδιαστικών αλυσίδων, που κάνει εφικτή την επεξεργασία δεδομένων.

- Ο βασικός τύπος οντότητας (όπως σε όρους π.χ. της προσομοίωσης και του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού) που ρέει στο «σύστημα» της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα προϊόν (product). Το προϊόν, σαν έννοια του παρόντος πεδίου είναι η εικονική αναπαράσταση (Virtual Entity ή VE) των φυσικών αντικειμένων.
- Οι οντότητες που υπάρχουν στο σύστημα της αλυσίδας, μία συσχετισμένη χρονική στιγμή, είναι τα αντικείμενα που υπάρχουν σε χώρο συσχετισμένο με την εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτές τις οντότητες μπορούμε να τις αποκαλούμε αντικείμενα (things). Το thing/ αντικείμενο είναι κατα μία έννοια ένα στιγμιότυπο/instance του προϊόντος/product.
- Κάθε χώρος (όπως π.χ. εργοστάσιο, αποθήκη, super market) σχετίζεται με μια βασική κατάσταση στην οποία βρίσκεται μια χρονική στιγμή ένα αντικείμενο με βάση τον κύκλο ζωής του product/VE. (π.χ. το αντικείμενο βρίσκεται στο εργοστάσιο = το αντικείμενο μόλις παράχθηκε) Θεωρούμε επομένως πως ένα αντικείμενο πρέπει να βρίσκεται σε μία κατάσταση ανά χρονική στιγμή.
- Αυτό που προσδίδει την έννοια της «αλυσίδας» στον όρο είναι η συνδεσιμότητα, ενώ αυτό που αποτελεί τον «εφοδιασμό» είναι η μετάβαση του αντικειμένου από τη μία κατάσταση στην άλλη, και αυτό ισοδυναμεί με την αλλαγή θέσης ή κατοχής του φυσικού αντικειμένου. Επομένως ο «εφοδιασμός» για ένα φυσικό αντικείμενο ξεκινά από τις απαιτούμενες πρώτες ύλες για την παραγωγή του, η έναρξη της ζωής του σηματοδοτείται από την έξοδο από το εργοστάσιο/γραμμή παραγωγής και τελειώνει εκεί που το αντικείμενο παύει να έχει την ίδια μορφή και υπόσταση ή καταστρέφεται.
- Λαμβάνοντας υπ' όψη τον παραπάνω ορισμό, θεωρούμε πως οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενός προϊόντος αποτελούν και αυτές ένα προϊόν (ως μια κλάση αντικειμένων) διαφορετικό από αυτό που παράγεται. Αυτή η ιδιότητα αποτελεί το σημείο σύνδεσης των εφοδιαστικών αλυσίδων των προϊόντων και αποδεικνύει ότι οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι αλληλένδετες σε όλες τις ιδιότητές τους. Επομένως θεωρούμε ειδικό τύπο μετάβασης την τροφοδοσία ενός προϊόντος σε μία άλλη αλυσίδα, για την δημιουργία ενός άλλου.
- Στο εικονικό επίπεδο, θεωρούμε πως η απεικόνιση/αντιπροσώπευση ενός φυσικού αντικειμένου μπορεί να αλλάξει και αυτό μπορεί να σημαίνει αλλαγή δικαιοδοσίας. Ωστόσο, αυτό δεν επηρεάζει τον τρόπο προσέγγισης, γιατί αλλάζει το προϊόν (ως κλάση ή VE) και η ταυτοποίηση του αντικειμένου. Π.χ. αν στο ίδιο φυσικό αντικείμενο αλλάξει ετικέτα, συσκευασία ή μέσο αποθήκευσης.

Όταν αναφέρουμε τον όρο "Συμβάν" εννοούμε την εμφάνιση μιας υπόθεσης που ικανοποιεί μια κατάσταση (που μπορεί να προκαλέσει κάποια άλλη ενέργεια), ένα αποτέλεσμα, ένα ζήτημα, ένα αποτέλεσμα. Επομένως συμβάν είναι μια ενέργεια ή περιστατικό αναγνωρισμένο από το σύστημα, που συχνά προέρχεται ασύγχρονα από το εξωτερικό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να χειριστεί το λογισμικό [30].

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπ' όψη, γίνεται αντιληπτό πως η αλλαγή κατάστασης είναι η πρωταρχική μορφή συμβάντος, σε ένα τέτοιο σύστημα. Καθώς τα αντικείμενα μεταφέρονται, αλλάζουν κατάσταση, αλλά μπορεί να υπάρξουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι μπορεί να το επηρεάσουν. Έστω πως οι παράγοντες αυτοί θεωρούνται διαφορετικά εξωτερικά συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν και αυτά αλλαγές κατάστασης, επομένως ο σκοπός είναι η δυνατότητα επεξεργασίας και δρομολόγησης των συμβάντων. Μέσα από τα συμβάντα, είναι δυνατό να δημιουργούνται διαφορετικά μηνύματα, που προειδοποιούν πως συμβαίνει κάτι που ίσως επηρεάζει κάποιους.

Επιπλέον αναμένεται πως σε ένα επιχειρηματικό περιβάλλον, όπου ήδη υπάρχει πληθώρα υπηρεσιών και συστημάτων, που ήδη υποστηρίζουν εφοδιαστικές αλυσίδες, να χρειάζεται μια υπηρεσία που να δρομολογεί και να επεξεργάζεται συμβάντα και προειδοποιήσεις με βάση τις δηλωμένες και απεικονισμένες σχέσεις και εξαρτήσεις ανάμεσα σε προϊόντα και άλλα προϊόντα ή εξωτερικές συνθήκες, ειδικά καθώς το διαδίκτυο των πραγμάτων ενθαρρύνει την χρήση εξοπλισμού σάρωσης και ταυτοποίησης αντικειμένων. Οι αλλαγές κατάστασης των αντικειμένων, όπως ορίστηκαν παραπάνω, θεωρείται πως προέρχονται από εξοπλισμούς σάρωσης και συνεπώς η υπηρεσία της παρούσας εργασίας θεωρεί αναγκαία την σύνδεση με πηγή δεδομένων, που παρέχει συμβάντα αλλαγής κατάστασης εφοδιαστικής αλυσίδας για συγκεκριμένα προϊόντα, σε απλές μορφές τα οποία προέρχονται από εξοπλισμό σάρωσης του φορέα. Στη συνέχεια, η χρήση άλλων πηγών για εξωτερικά συμβάντα και εξωτερικών υπηρεσιών ανάλυσης δίνουν την δυνατότητα εμπλουτισμού πληροφορίας, αυξάνοντας την ποικιλία συμβάντων που είναι δυνατό να στέλνονται, και κατά συνέπεια των ειδοποιήσεων που στέλνονται.

Για να διευκολυνθεί περαιτέρω η χρήση μιας τέτοιας υπηρεσίας, είναι αναγκαία η παραμετροποίησή της, η οποία παρέχεται με την μορφή γραφικών διεπαφών χρήστη.

3.1.2 Βασικοί προβλεπόμενοι τύποι συμβάντων

Μία από τις βασικές πτυχές της εργασίας είναι η δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών πηγών εξωτερικών δεδομένων με τρόπο που θα συγκεντρώνει και θα παράγει περισσότερη γνώση και ενεργητική διαχείριση εκ μέρους των εμπλεκόμενων φορέων στο σύστημα. Η πιο σημαντική απαίτηση είναι να συνδυαστούν όχι μόνο εξωτερικά δεδομένα (π.χ. πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες) ή γενικές πληροφορίες που προέρχονται από την σάρωση, όπως η θέση, ο χρόνος και το tag id σε μια σάρωση, αλλά και οι τιμές που προέρχονται από τον εξοπλισμό σάρωσης, ώστε να παρέχεται μια πιο πλήρης απεικόνιση της κάθε κατάστασης.

Έχοντας υπ' όψη τα παραπάνω, έχουν συνταχθεί τα παρακάτω κύρια συμβάντα:

- Γεγονότα που έχουν να κάνουν με καθυστερήσεις στη μετάβαση μεταξύ των σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας και μπορούν να ανιχνευθούν μέσω της εκμετάλλευσης ιστορικών δεδομένων (π.χ. για την εξαγωγή μέσου χρόνου ή άλλων στατιστικών χαρακτηριστικών μιας μετάβασης). Αυτά τα συμβάντα είναι αγνωστικιστικά με τις εσωτερικές τιμές εξοπλισμού σάρωσης και βασίζονται κυρίως στις τυπικές τιμές θέσης-χρόνου-αναγνωριστικού (tagid), αλλά έχουν ιδιαίτερη επίδραση στις περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η έγκαιρη παράδοση. Αυτά τα συμβάντα μπορούν να ενεργοποιηθούν εάν μια αντίστοιχη σάρωση στην τοποθεσία προορισμού (επόμενο στάδιο) δεν φθάνει εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου.
- Μη φυσιολογικά ή ύποπτα γεγονότα, με την έννοια μιας μη εφικτής ή παράνομης ακολουθίας εμφάνισης, όπως για παράδειγμα:
 - Το προϊόν σαρώθηκε δύο συνεχόμενες φορές στο ίδιο σημείο πώλησης
 - Προϊόντα σαρώθηκαν έξω από μια καθορισμένη περιοχή πώλησης ή αποθήκευσης, ενώ δεν πρόκειται για σάρωση εν κινήσει.

- Προϊόντα σαρώθηκαν στο σημείο ανακύκλωσης ενώ δεν σαρώθηκαν στο σημείο πώλησης. (παράλειψη σάρωσης)
- Το προϊόν σαρώθηκε στο σημείο ανακύκλωσης και στη συνέχεια μεταπωλήθηκε στο σημείο πώλησης. (παράνομη/ μη προβλεπόμενη επιστροφή)
- Το προϊόν σαρώθηκε στο σημείο πώλησης ενώ σαρώθηκε στο παρελθόν και διαπιστώθηκε παραβίαση στο κατώτατο όριο θερμοκρασίας. Αυτό το συμβάν έχει επίσης την απαίτηση για τη χρήση των τιμών των εσωτερικών αισθητήρων του εξοπλισμού.
- Ανάκληση παρτίδας. Ένα γεγονός που έρχεται σε σχέση με ένα από τα κομμάτια μιας παρτίδας που υποδηλώνει ελαττωματική παρτίδα, πρέπει να συσχετιστεί με τα σημεία πώλησης αυτής της παρτίδας, προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία ανάκλησης.
- Ένα άλλο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό (που σχετίζεται με το πρώτο στοιχείο αυτής της λίστας) είναι επίσης το γεγονός ότι το προσωπικό πρέπει να εκπαιδεύεται και να παρακολουθείται ώστε να μην ξεχάσει να σαρώσει τα προϊόντα σε καθορισμένες θέσεις. Αυτό αποτελεί κύρια ευθύνη μιας εμπλεκόμενης επιχείρησης. Η έλλειψη σάρωσης μπορεί να αποδοθεί σε ορισμένες περιπτώσεις και σε ύποπτη συμπεριφορά (π.χ. εάν σε αυτό το στάδιο δεν τηρούνται απαιτήσεις αποθήκευσης για ευαίσθητα προϊόντα, ο υπεύθυνος μπορεί να αποφύγει τη σάρωση για να σπάσει την ακολουθία ευθύνης που μπορεί να οδηγεί πίσω σε συγκεκριμένο σημείο της αλυσίδας) ή μπορεί να οφείλεται σε απλή αμέλεια. Έτσι, θα πρέπει να εκδίδονται σχετικές ειδοποιήσεις για να υπενθυμίζεται η ανάγκη σάρωσης σε συγκεκριμένα σημεία σε χρόνο ή τοποθεσία.
- Ειδικές προσφορές για προϊόντα τα οποία πλησιάζουν την ημερομηνία λήξης αλλά δεν έχουν επαρκή δυναμική πώλησης για να μειωθεί η αποθηκευμένη ποσότητα. Η ειδοποίηση αυτή απευθύνεται στους εμπόρους / κατόχους προϊόντος.

Οι συμβατές εξωτερικές πηγές δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν περιλαμβάνουν:

- Χρήση δεδομένων κοινωνικού δικτύου, προκειμένου να ανιχνευθούν μεγάλες συγκεντρώσεις πλήθους (LCC) σε μια δεδομένη περιοχή, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν διάφορες πτυχές όπως:
 - Αυξημένη κατανάλωση του συγκεκριμένου προϊόντος.
 - Αυξημένες καθυστερήσεις στη φάση μεταφοράς που περιλαμβάνουν τις θέσεις γύρω από τις οποίες έχει εντοπιστεί το συμβάν.
- Μετεωρολογικά δεδομένα που μπορούν να επηρεάσουν:
 - Χρόνους μεταφοράς.
 - Παραγωγή κυρίως γεωργικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενός προϊόντος.

3.1.3 Ρόλοι συστήματος

Το σύστημα πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των προγραμματιστών, οι οποίοι το χρησιμοποιούν μαζί με άλλα εξωτερικά συστήματα, και τελικά εξυπηρετούνται εκείνοι που παράγουν, πωλούν ή/και καταναλώνουν προϊόντα. Οι κύριοι ρόλοι που προβάλλονται στο σύστημα είναι οι παρακάτω:

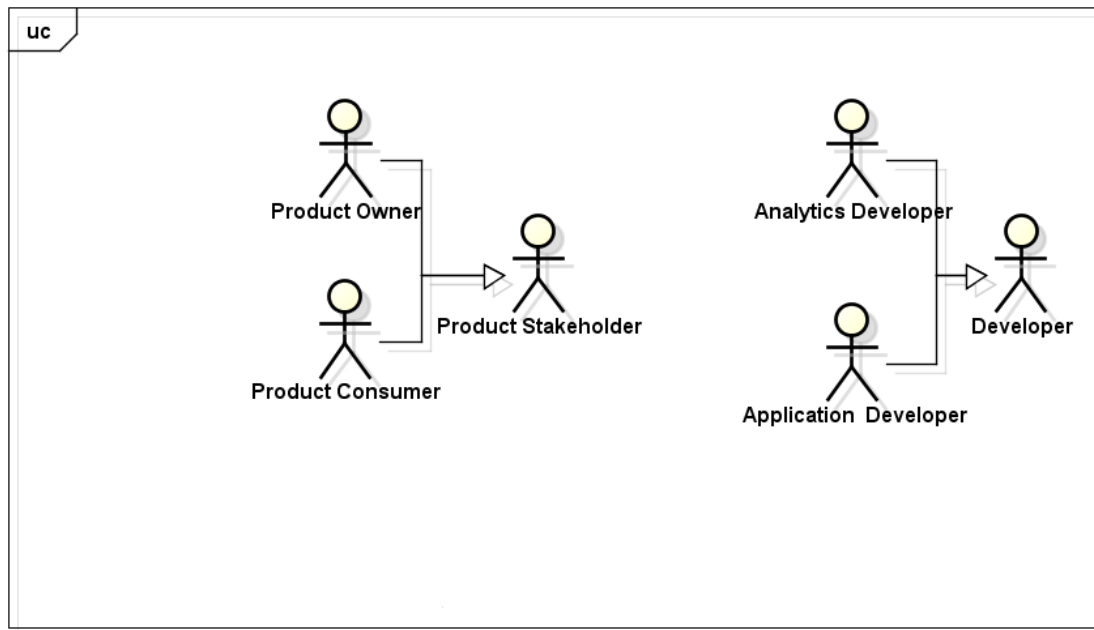
- Φορέας επηρεαζόμενος από ένα προϊόν (**Product Stakeholder**): ο ρόλος αυτός επηρεάζεται άμεσα από οποιοδήποτε γεγονός που συμβαίνει και επηρεάζει ένα δεδομένο προϊόν Α. (Συντομότερα ο ρόλος αυτός λέγεται «Φορέας

Προϊόντος».) Ο ρόλος μπορεί να είναι περαιτέρω εξειδικευμένος στον **Παραγωγό Προϊόντων (Producer)** (ή αλλιώς Ιδιοκτήτη (Owner) Προϊόντος) ή στον Καταναλωτή Προϊόντος (δηλαδή μπορεί να είναι οποιοσδήποτε τελικός χρήστης ή άλλος Παραγωγός Προϊόντων που αναμένει το προϊόν Α ως τμήμα της αλυσίδας εφοδιασμού τους, προκειμένου να δημιουργήσουν με τη σειρά τους το δικό τους προϊόν Β). Οι καθυστερήσεις, ή άλλα συμβάντα, στο προϊόν Α υποτίθεται ότι επηρεάζουν τόσο τον παραγωγό του προϊόντος όσο και τον καταναλωτή του προϊόντος. Ένα προϊόν μπορεί να επηρεαστεί από άλλα προϊόντα ή από εξωτερικές πηγές δεδομένων (π.χ. καιρός). Ένας φορέας προϊόντος μπορεί να επηρεαστεί από ένα ή περισσότερα άλλα προϊόντα. Κατά την ανίχνευση ενός συμβάντος και με βάση τον προαναφερθέντα σύνδεσμο, μπορεί κανείς να εντοπίσει από την εκδήλωση του γεγονότος τα επηρεαζόμενα προϊόντα και από αυτά τους εμπλεκόμενους παράγοντες του προϊόντος. Τα ενδιαφερόμενα μέρη προϊόντων προβλέπεται να είναι υπεύθυνοι υλικοτεχνικής υποστήριξης ή διευθυντές επιχειρήσεων. Επομένως, μια γενική ακολουθία ειδοποίησης των φορέων μπορεί να είναι η ακόλουθη:

Σε περίπτωση συμβάντος → Βρες ποιά προϊόντα επηρεάζονται → Βρες ποιοί φορείς επηρεάζονται → Στείλε μήνυμα στους φορείς.

- **Προγραμματιστής Εφαρμογών (Application developer):** Αυτός ο προγραμματιστής έχει το ρόλο να υποστηρίζει τους προαναφερθέντες ρόλους των φορέων στη μοντελοποίηση και την παροχή ειδοποιήσεων με βάση τα συμβάντα που εντοπίστηκαν. Ο Προγραμματιστής Εφαρμογών θα πρέπει να έχει ένα σαφές UI για να πραγματοποιήσει την προσαρμογή των ροών που απαιτούνται για κάθε περίπτωση, καθώς και σχετικές περιλήψεις που μπορούν να τους βοηθήσουν στην επιτάχυνση της διαδικασίας.
- **Προγραμματιστής Analytics (Analytics Developer):** Αυτή η οντότητα είναι ένας εξωτερικός ανεξάρτητος προγραμματιστής που μπορεί να χρησιμοποιεί εξωτερικά διαθέσιμα δεδομένα (όπως είναι οι καιρικές συνθήκες, οι πηγές κοινωνικών μέσων κ.λπ.) και να παράγει γενικά συμβάντα γύρω από μη φυσιολογικές καταστάσεις σε σχέση με αυτά τα δεδομένα. Τα σχετικά συμβάντα μπορούν επίσης να βοηθήσουν τον υπεύθυνο ανάπτυξης εφαρμογών, προκειμένου να εμπλουτίσουν το επίπεδο των ειδοποιήσεων ή να ανιχνεύσουν τις εξαρτήσεις μεταξύ των διαχειριζόμενων προϊόντων τους και αυτής της πηγής δεδομένων (π.χ. συνθήκες κυκλοφορίας σε μια συγκεκριμένη περιοχή που επηρεάζει το χρόνο μεταφοράς μεταξύ δύο σταδίων μιας αλυσίδας).

Το ίδιο το σύστημα είναι το σύνολο των στοιχείων που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τους προγραμματιστές στις προσπάθειές τους, παρέχοντας μια παραμετροποιήσιμη υπηρεσία τόσο οργάνωσης διαλειτουργικότητας μεταξύ υπηρεσιών, όσο και ανάλυσης και δρομολόγησης συμβάντων, για ολοκλήρωση SCM.



Σχήμα 2: Ρόλοι και σχέσεις μεταξύ τους

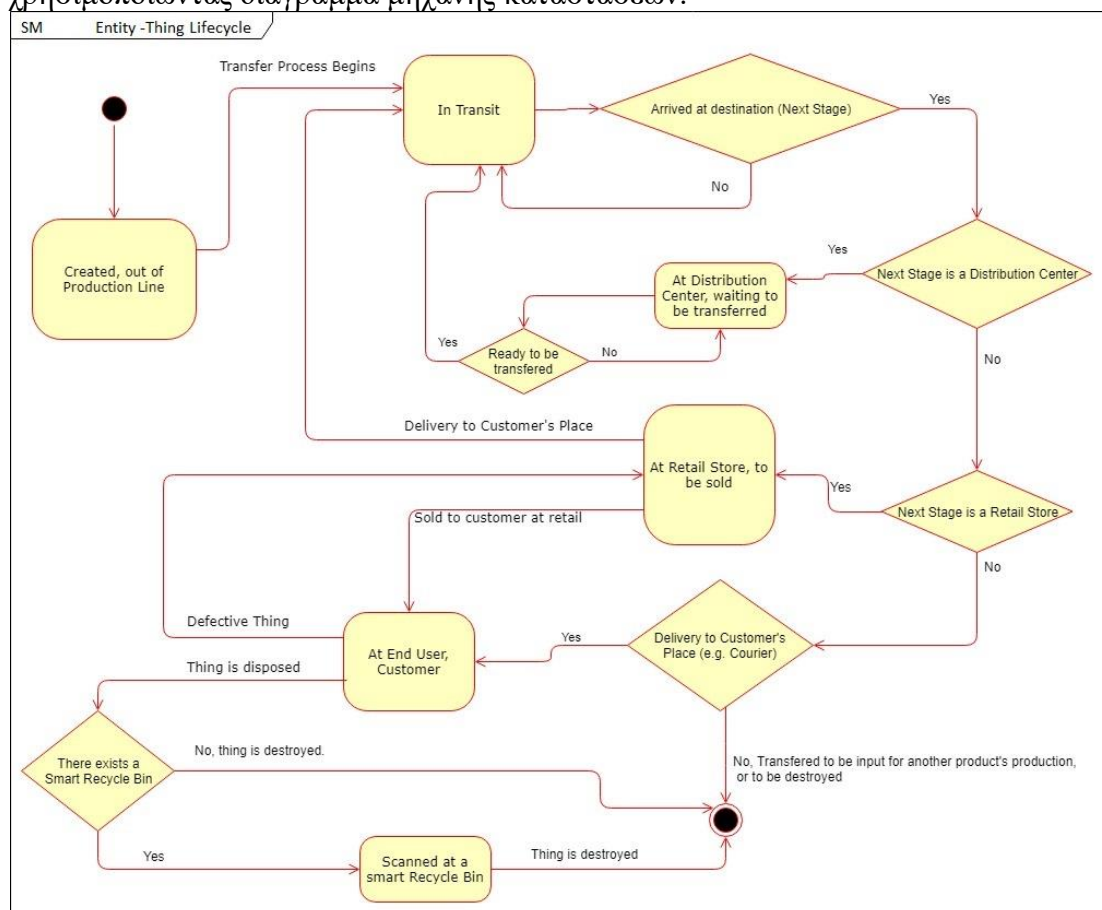
Μέσα από αυτό το σύστημα και τους ρόλους του ορίζονται οι ακόλουθοι στόχοι:

- Ευκολότερη συσχέτιση μεταξύ των εννοιών, καθορίζοντας και γεμίζοντας σημασιολογικές δομές που μπορούν να ενισχυθούν μέσω της συλλογιστικής και του συμπερασμού.
- Δημιουργία πλαισίων συντονισμού που μπορούν να βοηθήσουν στη συγχώνευση και συγχρονισμό της απαραίτητης λειτουργικότητας, ενώ ενσωματώνονται τεχνικές μοντελοποίησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση συμβάντων από μια πληθώρα πηγών δεδομένων.
- Συνδυασμός των δύο προηγούμενων περιπτώσεων, προκειμένου να συνδεθούν σωστά οι ρόλοι που πρέπει να κοινοποιηθούν, καθώς και η εφαρμογή του αντίστοιχου πλαισίου γεφύρωσης για το σκοπό αυτό.

3.2 Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

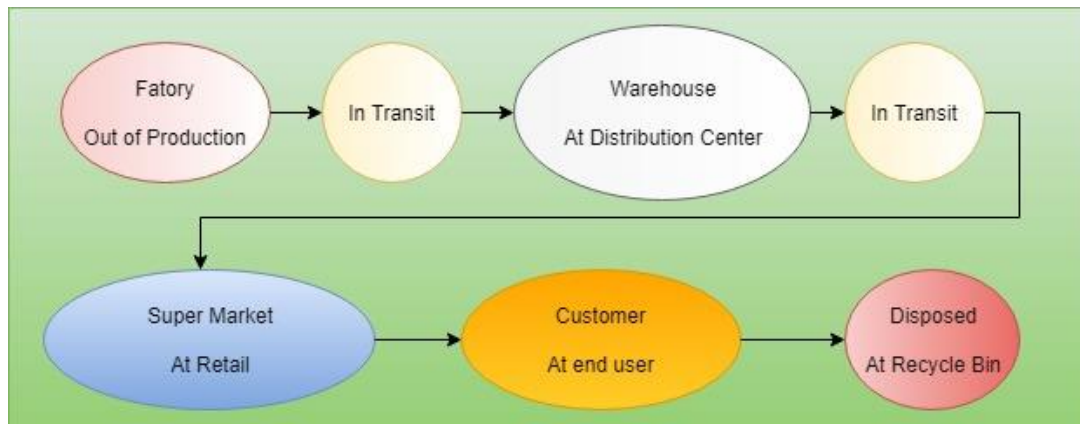
Με βάση όσα έχουν οριστεί, κυρίως στην ενότητα 3.1.1, η εφοδιαστική αλυσίδα, ως μια σειρά από στάδια (stages), μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένας κατευθυνόμενος γράφος, όπου τα στάδια είναι κόμβοι, ενώ οι δυνατές και νόμιμες μεταβάσεις μεταξύ σταδίων είναι ακμές. Οι πληροφορίες σχετικά με την διαδοχή των σταδίων στα πλαίσια μίας επιχείρησης, δίνονται από τον φορέα προϊόντος, και η διαδικασία μοντελοποίησης περατώνεται από τον προγραμματιστή εφαρμογής που δρα εκ μέρους του. Τα στάδια μοντελοποιούνται ως διακριτές τοποθεσίες, όπου τελούνται διαφορετικές διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως π.χ. ένα εργοστάσιο, ένα κατάστημα ή ακόμα και ένας κάδος ανακύκλωσης. Όμως υπάρχει μία ακόμα βασική πτυχή των σταδίων, που καθορίζεται από τον τύπο κάθε σταδίου. Ο τύπος σταδίου, σχετίζεται περισσότερο με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα αντικείμενο (στιγμιότυπο του προϊόντος) όταν σαρώνεται σε μία τοποθεσία (όπως π.χ. το προϊόν είναι προς πώληση, όταν βρίσκεται σε ένα κατάστημα). Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να γενικεύσουμε τις μεταβάσεις καταστάσεων, με μορφή κατάλληλη για χρήση σε ένα σύστημα επεξεργασίας δεδομένων.

Παρακάτω εξετάζεται η συμπεριφορά κάθε οντότητας, προσδιορίζοντας την γενική ακολουθία των αλλαγών κατάστασης που περνάει ένα αντικείμενο κατά τη διάρκεια της ζωής του, ως στιγμιότυπο ενός προϊόντος εφοδιαστικής αλυσίδας, χρησιμοποιώντας διάγραμμα μηχανής καταστάσεων.



Σχήμα 3: Κύκλος ζωής οντότητας

Ως αποτέλεσμα της παραπάνω λογικής, για κάθε προϊόν μια εφοδιαστική αλυσίδα έχει μια γενικευμένη και προκαθορισμένη ακολουθία τύπου καταστάσεων ή σταδίων. Ένα κοινό παράδειγμα ακολουθίας ή απαρίθμησης σταδίων, που αναμένεται να υπάρχει σε πολλές περιπτώσεις, έχει την δομή του επόμενου σχήματος.



Σχήμα 4: Παράδειγμα μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας για ένα προϊόν

Στο παραπάνω σχήμα, κάθε στάδιο έχει αποτυπωμένο τον ρόλο που επιτελεί ως φυσική τοποθεσία (πάνω), και τον τύπο σταδίου αλυσίδας που της αντιστοιχεί (κάτω). Όταν μεταφέρεται (π.χ. σε container, με φορτηγό, ή με courier) ένα αντικείμενο, και σαρώνεται σε τοποθεσία εκτός των ορίων των υπόλοιπων σταδίων, είναι στην κατάσταση «**In Transit**» ή κατάσταση «μεταφοράς», και είναι κατά κανόνα δυνατό είτε να υπάρξει ανάμεσα σε δύο στάδια, εκτός των δύο τελευταίων, είτε να μην υπάρξει.

Η γενική ακολουθία εφοδιαστικής αλυσίδας είναι: **Out of Production → At Distribution Center → At Retail → At End-User → At Recycle Bin**. Συμπεριλαμβανόμενης και της κατάστασης «In Transit» και της ιδιότητας ύπαρξής της, υπάρχουν οι παρακάτω ιδιότητες για την παρούσα ακολουθία:

- Σε καμία περίπτωση δεν γίνεται η αντιστροφή της φοράς της, για παραπάνω από ένα στάδιο κάθε φορά. Οι μόνες περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι εφικτή η αντιστροφή είναι πιο συγκεκριμένα:
 - Η επιστροφή προβληματικού αντικειμένου στο κατάστημα από τον πελάτη.
 - Η επιστροφή συλλογής αντικειμένων των οποίων αποκαλύφθηκε η προβληματικότητα.
- Ένα στιγμιότυπο εφοδιαστικής αλυσίδας (τέτοιο στιγμιότυπο αποτελεί το παράδειγμα που εξετάστηκε στο σχήμα 4) είναι επίσης πιθανό να έχει πολλά στάδια ίδιου τύπου, όντας παράλληλα. Επιπλέον ένα τέτοιο στιγμιότυπο μπορεί και να έχει διασυνδέσεις μεταξύ των παράλληλων σταδίων. Σε αυτή την περίπτωση ισχύουν τα ακόλουθα:
 - Δεν γίνεται ένα αντικείμενο να βρίσκεται σε παραπάνω από ένα στάδια μιας εφοδιαστικής αλυσίδας την ίδια χρονική στιγμή. Το να συμβεί αυτό συνεπάγεται την ανίχνευση πλαστού αντικειμένου.
 - Τέτοιου είδους σχέσεις δηλώνονται από τον προγραμματιστή εφαρμογής εκ μέρους του φορέα, και αν δεν υπάρχει η σύνδεση μεταξύ σταδίων, σημαίνει αυτόματα πως είναι αδύνατη.
- Ένα στιγμιότυπο εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πιθανό να μην έχει όλους τους τύπους σταδίων που υπάρχουν στη γενική έννοια. Παρ'όλα αυτά, η σειρά τους τηρείται, αλλά μπορεί ένας τύπος να παραληφθεί κατά την δήλωση.

Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή, μια επιχειρησιακή κάθετος είναι ένα μοναδικό πεδίο (ή niche/κόγχη) απασχόλησης της επιχείρησης, επομένως μπορεί να θεωρηθεί πως μια εφοδιαστική αλυσίδα η οποία υποστηρίζει ένα μοναδικό προϊόν, ως ένα τέτοιο κάθετο άξονα. Στο παρόν πεδίο, και σημασιολογικά όπως θα δούμε σε παρακάτω κεφάλαια, η ακολουθία σταδίων που ανήκουν σε έναν φορέα, ισοδυναμεί με ένα

«στιγμιότυπο εφοδιαστικής αλυσίδας». Συνεπώς θεωρείται πως επιχειρησιακή κάθετος είναι το μέρος του στιγμιότυπου εφοδιαστικής αλυσίδας που διακινεί ένα μόνο προϊόν. Όταν ένα προϊόν αποτελεί είσοδο για την παραγωγή ενός άλλου προϊόντος, θεωρείται σύνδεση μεταξύ των καθέτων. Επομένως είναι δυνατό να υπάρξουν διαφορετικοί τύποι μεταβάσεων:

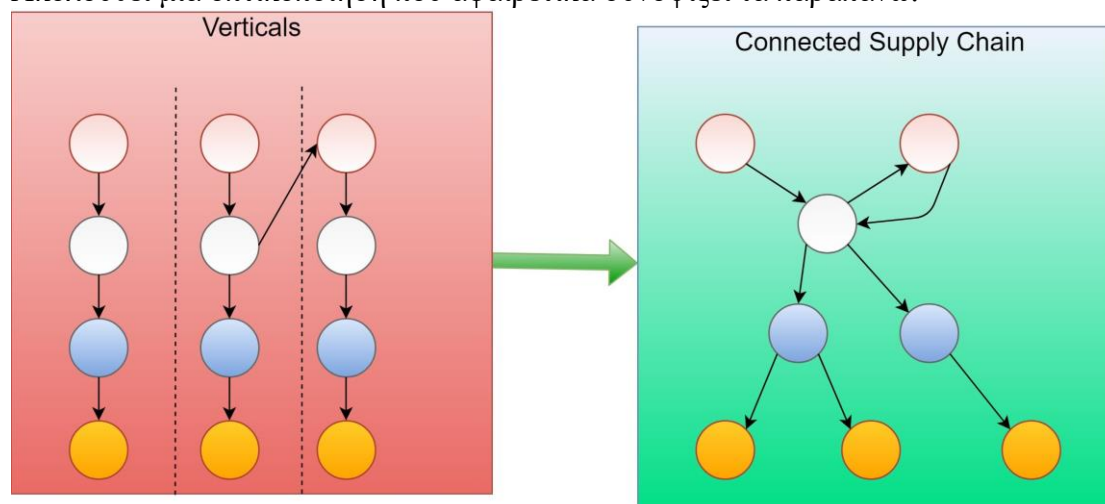
- Για το ίδιο προϊόν, η μετάβαση από ένα στάδιο σε ένα άλλο, όπως είδαμε μέχρι τώρα.
- Για διαφορετικά προϊόντα, η δυνατή μετάβαση αντικειμένου από οποιοδήποτε στάδιο/κατάσταση της αλυσίδας, πριν την απόκτηση από τελικό χρήστη, σε άλλο στάδιο αλυσίδας άλλου προϊόντος, συνήθως σε «out of production», το οποίο συνήθως αντιστοιχεί σε εργοστάσιο ή κάποια άλλη μορφή μετασχηματισμού (π.χ. ένα προϊόν συνδυάζεται με ένα άλλο, στην ίδια συσκευασία, οπότε δημιουργείται, τουλάχιστον όσο αφορά το παρόν πεδίο, καινούριο προϊόν).

Στην δεύτερη περίπτωση μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις όπου προϊόντα από άλλες επιχειρήσεις/φορείς μπορούν να είναι είσοδοι για μία επιχείρηση, είτε λόγω σύμπραξης είτε λόγω σχέσης παραγωγού-πελάτη.

Τέλος, λαμβάνοντας όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω υπ' όψη, γίνεται αντιληπτό πως ένα στάδιο αλυσίδας μπορεί να είναι ακόμη πιο δυναμικό από ότι στο σχήμα 3. Πιο συγκεκριμένα:

- Μπορεί ένα στάδιο αλυσίδας να έχει, ανεξάρτητα από τα προϊόντα εισόδου του, και πολλαπλά προϊόντα εξόδου.
- Υπάρχει περίπτωση ένα στάδιο να ανήκει σε, ή να εξυπηρετεί, παραπάνω από έναν φορείς.

Ακολουθεί μια οπτικοποίηση που αφαιρετικά συνοψίζει τα παραπάνω.



Σχήμα 5: Ύπαρξη διασυνδέσεων στις εφοδιαστικές αλυσίδες

Στο παραπάνω παράδειγμα βλέπουμε πως τρεις διαφορετικές κάθετοι, που μπορεί και να ορίζονται ξεχωριστά, στην πραγματικότητα διασυνδέονται. Επιπλέον σε κάθε σύνδεση μπορεί να διακινούνται πάνω από ένα προϊόντα.

3.3 Βασικές ιδιότητες και αναγκαία εργαλεία

3.3.1 Γενικές προβλεπόμενες εισοδοί και εξαρτήσεις του συστήματος

Στις προβλεπόμενες εξαρτήσεις για αυτοματοποιημένες ροές δεδομένων και εισροές δεδομένων βάσει των αναγκαίων διαδικασιών, περιλαμβάνονται:

- Ανάκτηση όλων των διαθέσιμων προϊόντων από τους συνδεδεμένους λογαριασμούς ή υπηρεσίες, έτσι ώστε ο Φορέας Προϊόντος (ή ο υπεύθυνος για την ανάπτυξη του έργου εκ μέρους του) να συσχετίσει και να διαρθρώσει τις εξαρτήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού τους.
- Ανάκτηση ιστορικών δεδομένων από τα αντικείμενα (things, instances) των εξαρτώμενων προϊόντων για τη δημιουργία / κατάρτιση των μοντέλων και των ανιχνευτών συμβάντων.
- Ανάκτηση τιμών πραγματικού χρόνου για τα αντικείμενα (things, instances) για έλεγχο της τρέχουσας κατάστασης.
- Πρόσβαση στα τελικά σημεία (endpoints) γνωστοποίησης των εμπλεκόμενων οντοτήτων που πρέπει να ειδοποιηθούν με βάση τις επιπτώσεις του συμβάντος.

Οι απαραίτητες εισροές από τους εξωτερικούς ρόλους μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

- Ο φορέας πρέπει να είναι σε θέση να δηλώσει συγκεκριμένες πτυχές της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως η θέση σε κάθε στάδιο (εάν υπάρχει), η σειρά των σταδίων και οι πιθανές εξαρτήσεις από εξωτερικά προϊόντα (π.χ. χρησιμοποιούμενα ως πρώτη ύλη), των οποίων οι πληροφορίες θα πρέπει επίσης να διαδοθούν στην αλυσίδα που ανήκει το προϊόν.
- Ο προγραμματιστής της ανάλυσης (analytics developer) πρέπει να δηλώσει πτυχές της ταυτοποίησης των γεγονότων του, όπως η γενική σημασιολογία καθώς και τα χαρακτηριστικά. (π.χ. διαφορετικοί τύποι αναγνωρισμένων καταστάσεων κ.λπ.)
- Ο φορέας πρέπει επίσης να επιλέξει ποιο από αυτά τα εξωτερικά συμβάντα (και οι σχετικές καταστάσεις) τους ενδιαφέρει (δεδομένου ότι αυτό επηρεάζει το προϊόν τους κατά μία έννοια)
- Ο προγραμματιστής εφαρμογής εισάγει επίσης πληροφορίες, αλλά όχι με την ίδια αφηρημένη έννοια όπως οι προηγούμενοι ρόλοι, δεδομένου ότι χρειάζεται επίσης να καθορίσει συγκεκριμένες ροές εργασίας. Επομένως, αυτός ο ρόλος θεωρείται περισσότερο ως χρήστης ορισμένων αφαιρετικών λειτουργιών (όπως πρότυπα μοντέλων) αλλά όχι στο ίδιο επίπεδο συνολικής αφαίρεσης που πρέπει να επιτευχθεί για τους άλλους ρόλους. Ο προγραμματιστής της εφαρμογής πρέπει να έχει μια σαφή κατανόηση του συνολικού συστήματος, προκειμένου να δημιουργήσει τη λογική πίσω από μια δεδομένη περίπτωση συστήματος.

3.3.2 Υποθέσεις για τον εξωτερικό εξοπλισμό

Στην παρούσα εργασία θεωρείται πως τα δεδομένα προς επεξεργασία προέρχονται από εξοπλισμό σάρωσης, ο οποίος ανήκει, έστω έμμεσα, στον φορέα. Τα αντικείμενα θεωρείται πως έχουν μοναδική ταυτοποίηση, περιλαμβάνοντας και ταυτοποίηση του προϊόντος στο οποίο συγκαταλέγονται. Επιπλέον θεωρείται πως συγκαταλέγεται και η τοποθεσία στα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται. Αυτό είναι απόρεια του ότι οι τεχνολογίες όπως το RFID χρησιμοποιούνται ευρέως σε σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες [31].

Επιπλέον περαιτέρω δεδομένα σχετικά ακόμα και με την ποιότητα του αντικειμένου είναι πιθανόν να περιλαμβάνονται στα αποτελέσματα της σάρωσης, καθώς νέες τεχνολογίες των smart tags αρχίζουν να σιγά σιγά να ερευνώνται και να χρησιμοποιούνται [32].

Μερικά περαιτέρω δεδομένα που είναι δυνατό να παρέχονται, ανάλογα τη χρήση, είναι:

- Θερμοκρασία
- Οξύτητα
- Ακεραιότητα συσκευασίας
- Έκθεση σε φως κλπ.

3.4 Αναγκαίες σημασιολογικές έννοιες

Με βάση το περιγραφόμενο όραμα, τις απαιτήσεις και τους στόχους καινοτομίας, μπορούν να εντοπιστούν οι ακόλουθες περιπτώσεις ερωτημάτων, τα οποία άμεσα αποδεικνύουν το είδος σημασιολογίας που χρειάζεται:

- Ικανότητα να τεκμηριώνεται (και να διερευνάται αργότερα) ο **δεσμός μεταξύ των επηρεαζόμενων κατηγοριών οντοτήτων και συμβάντων** (σε επίπεδο κλάσης), αλλά και στο επίπεδο τιμής (individuals). Για παράδειγμα, ένα προϊόν μπορεί να επηρεαστεί από μια καιρική κατάσταση, αλλά μόνο σε μια δεδομένη τοποθεσία ενδιαφέροντος. Επομένως χρειάζεται ένας χαρακτηρισμός του γεγονότος με βάση ένα εύρος δεδομένων.
- Μια τεκμηρίωση και σύνδεσμος μεταξύ των χρησιμοποιούμενων/συνδεδεμένων **πηγών δεδομένων**, με τη μορφή "ποιο αναγνωριστικό μοντέλου χρησιμοποιεί ποια πηγή δεδομένων", προκειμένου να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία ανίχνευσης συμβάντων. π.χ. [Πηγή δεδομένων] συμπεριλαμβάνεται στο [id model]
- Προκειμένου να δημιουργηθούν **δεσμοί μεταξύ «φάσεων» ή σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας**, θα ήταν απαραίτητη μια υψηλού επιπέδου περιγραφή μιας αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό θα σήμαινε επίσης τη σύνδεση των φυσικών τοποθεσιών με τα στάδια παραγωγής, αποθήκευσης και πώλησης, έτσι ώστε η σύνδεση με τη σημασιολογία του σταδίου να γίνεται προγραμματιστικά και σε επίπεδο δεδομένων. Επομένως λαμβάνονται υπ' όψη:
 - Το μοντέλο τομέα των καταστάσεων ή των σταδίων μιας γενικής γραμμής παραγωγής:
νέες παραγγελίες → παραδοθείσες → παραγόμενες → απεσταλμένες → παραδοθείσες στον προορισμό
 - Ορισμένες τοποθεσίες που αντιστοιχίζονται σε έναν ορισμό σταδίου αλυσίδας, έτσι ώστε όταν φτάνει μια σάρωση με τις λεπτομέρειες της {location, tag_id, timestamp}, είναι δυνατόν να συσχετιστούν οι ετικέτες με το στάδιο στο οποίο βρίσκονται, μαζί με τις ιδιότητες που το διέπουν.
- Μια περιγραφή της έννοιας του γεγονότος, με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά όπως η τοποθεσία και ο χρόνος, καθώς και οι γενικές συνδέσεις με τις οντότητες που επηρεάζει. Η έννοια του γεγονότος αποτελεί βάση της έννοιας της **προϋπόθεσης δημιουργίας του γεγονότος** και τις παραμέτρους που τη διέπουν. Επιπλέον είναι αναγκαία η ύπαρξη κατηγοριών συμβάντων, ώστε να είναι ευκολότερη τόσο η δήλωση όσο και η σύνδεση του κάθε γεγονότος με άλλες σημασιολογικές έννοιες. Η δήλωση αυτών των πληροφοριών αναμένεται να εκτελείται από τον χρήστη, μέσω ενός καθοδηγητικού περιβάλλοντος χρήστη. Αυτή η πτυχή θα επιτρέψει την προγραμματιζόμενη σύνδεση μεταξύ της ανίχνευσης συμβάντων και της διαδικασίας ειδοποίησης.

Οι παραπάνω βασικές έννοιες είναι τα θεμέλια πάνω στα οποία πρέπει να οικοδομηθεί η οντολογία. Αυτή η οντολογία περιγράφει τις συνδέσεις μεταξύ μιας αιτιότητας (π.χ. καιρού, παρατεταμένου χρόνου) και πιθανών επιπτώσεων (π.χ., την ποιότητα του προϊόντος σε κίνδυνο). Επιπλέον είναι αναγκαίο να υπάρχει μια πλήρης, αλλά αρκετά

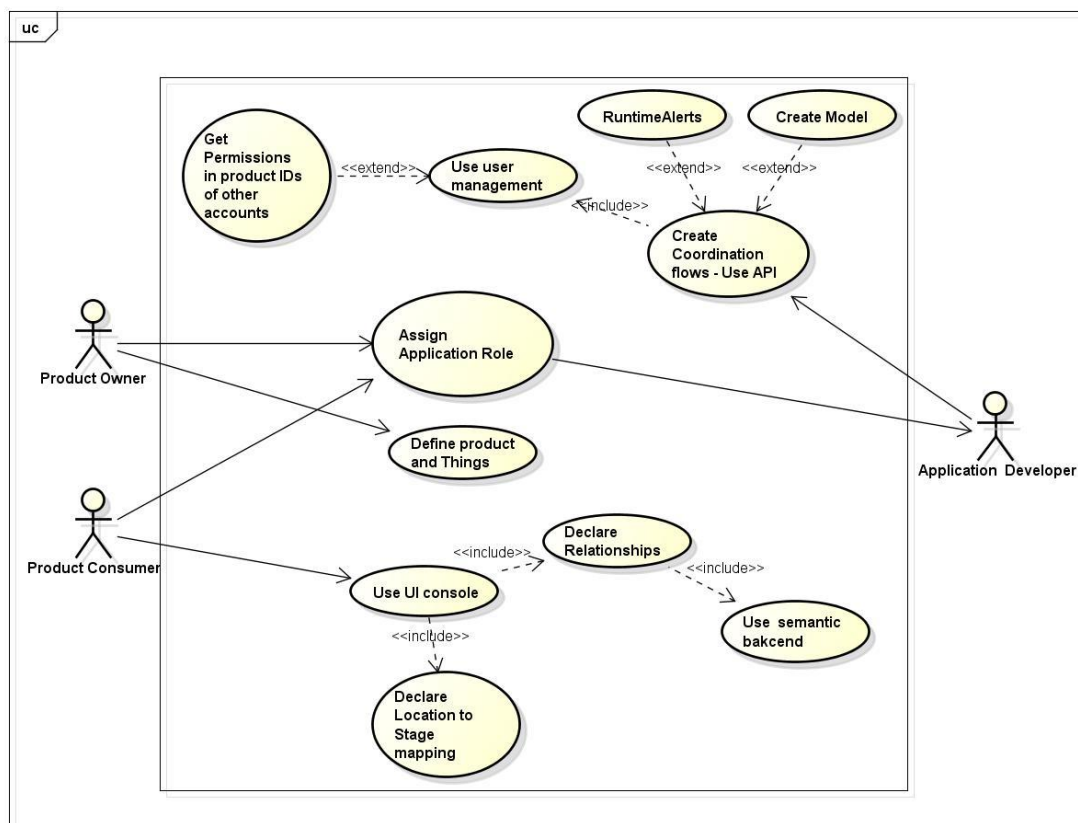
αφηρημένη και επεκτάσιμη, περιγραφή μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Για να είναι ακριβείς και χρησιμοποιήσιμες αυτές οι συνδέσεις, τα γεγονότα και οι τύποι προϊόντων πρέπει να αλληλοσυνδέονται, έτσι ώστε τα ερωτήματα να επιστρέφουν χρήσιμα αποτελέσματα, εκμεταλλευόμενα τα συλλογιστικά συμπεράσματα.

3.5 Ολιστική σχεδίαση συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια γενική σχεδίαση του προτεινόμενου συστήματος με χρήση του πρότυπου UML.

3.5.1 Περιπτώσεις χρήσης Συστήματος (Λειτουργική Άποψη)

Οι περιπτώσεις χρήσης συστήματος, βασισμένες στο πρότυπο UML, που μπορούν να επισημανθούν για το σύστημα τεκμηριώνονται στις παρακάτω ενότητες, με βάση την αναμενόμενη λειτουργικότητα που πρέπει να παρέχεται. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η σφαιρική εικόνα των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος.

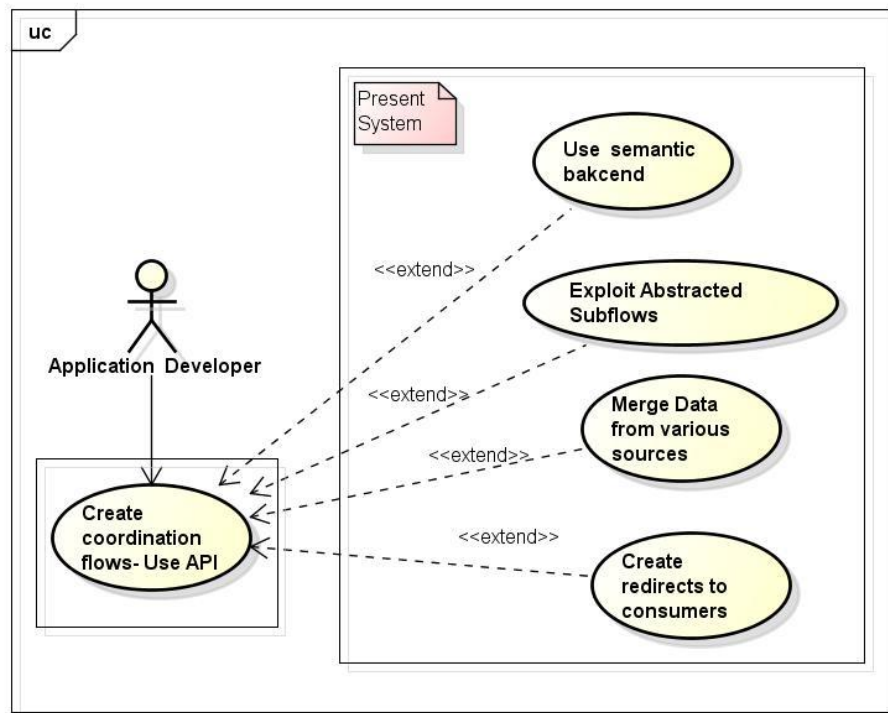


Σχήμα 6: Αλληλεπίδραση μεταξύ των ρόλων

Οι παρακάτω υποενότητες παρουσιάζουν μερικές πιο ειδικές περιπτώσεις χρήσης.

3.5.1.1 Δημιουργία Ροών Συντονισμού (Ρόλος: Πργραμματιστής Εφαρμογής)

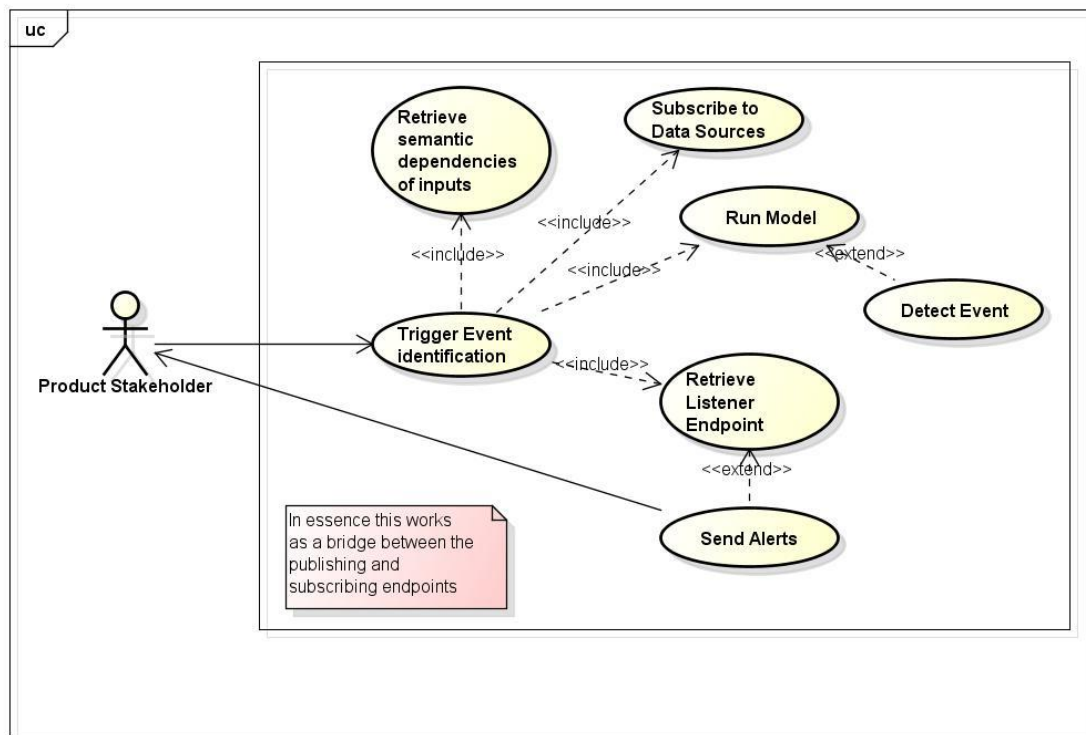
Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης ο υπεύθυνος ανάπτυξης εφαρμογών είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία μιας συνολικής ροής συντονισμού που θα ενσωματώνει τη συνολική λογική της ανίχνευσης και της διάδοσης συμβάντων μέσω των αντίστοιχων οντοτήτων. Σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί προκατασκευασμένα αφηρημένα σημασιολογικά ερωτήματα και ροές του συστήματος αλλά δίχως να γνωρίζει λεπτομέρειες, χρησιμοποιώντας το σύστημα ως μια λειτουργική μονάδα.



Σχήμα 7: Δημιουργία ροών συντονισμού με χρήση του API

3.5.1.2 Λήψη Ειδοποιήσεων (Ρόλος: Φορέας Προϊόντος)

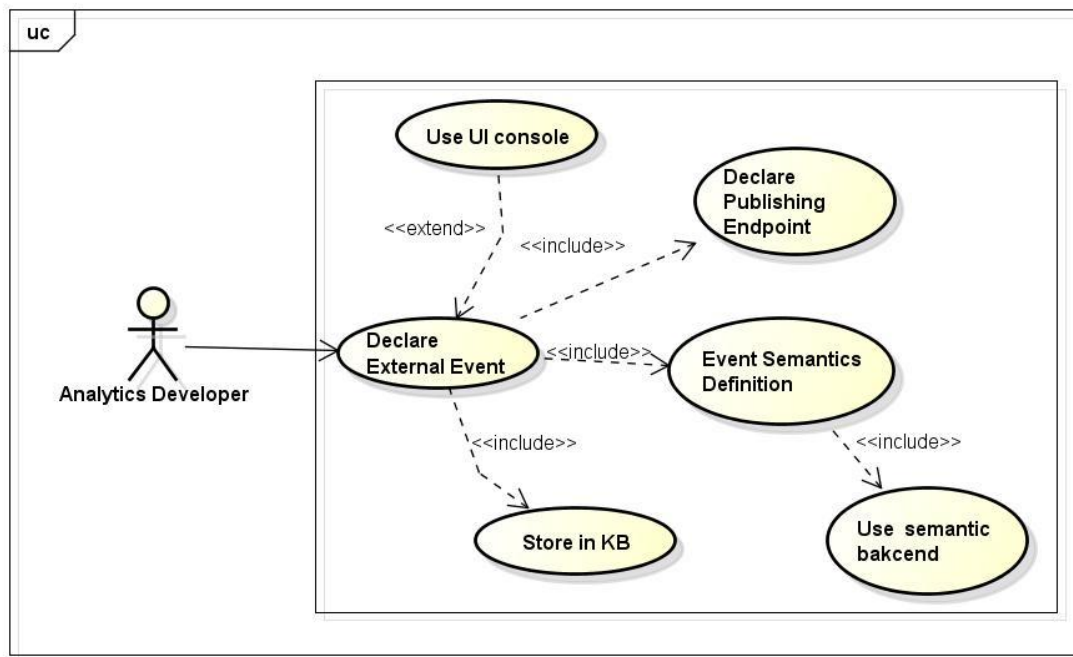
Σε αυτήν την περίπτωση χρήσης ο φορέας μπορεί να ενεργοποιήσει τις ειδοποιήσεις που προέρχονται από τα μοντέλα. Αυτό θα πρέπει λογικά να κρύψει τις ροές που δημιουργούνται στην Ενότητα 3.5.1.1 που στοχεύουν στην ενεργοποίηση όλων των απαιτούμενων λειτουργιών backend, από την ανάκτηση των απαραίτητων βασικών δεδομένων, στην εκκίνηση του μοντέλου και στην ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο του συγκεκριμένου συμβάντος, στέλνοντας ταυτόχρονα την τελική ειδοποίηση στο αρχικά δηλωμένο endpoint.



Σχήμα 8: Λήψη ειδοποιήσεων (Φορέας Προϊόντος)

3.5.1.3 Δήλωση εξωτερικών γεγονότων (Ρόλος: Προγραμματιστής Analytics)

Ο εξωτερικός προγραμματιστής Analytics μπορεί να δημιουργήσει τη διαδικασία ανίχνευσης συμβάντων με οποιονδήποτε τρόπο κρίνει κατάλληλο, αλλά το κύριο σημείο της συμμετοχής είναι η δήλωση από μέρους τους για το είδος του συμβάντος που δημιουργήθηκε, όπως κάποιες πρακτικές λεπτομέρειες όπως η δημοσίευση τελικού σημείου ειδοποίησης κ.λ.π. Ο σκοπός αυτού του βήματος είναι ότι αυτή η γνώση αποτυπώνεται και οριστικοποιείται στο backend (τη βάση γνώσης πιο συγκεκριμένα), έτσι ώστε να μπορεί να συνδυαστούν οι εισαγόμενες πληροφορίες από τον προγραμματιστή εφαρμογών κατά τη διάρκεια των ενεργειών δημιουργίας μοντέλου ή δημιουργίας ροών συντονισμού για την ανακατεύθυνση δεδομένων.



Σχήμα 9: Δήλωση Συμβάντων από αποτελέσματα Analytics (Προγραμματιστής Analytics)

3.5.2 Διάγραμμα συνιστωσών (Δομική Άποψη)

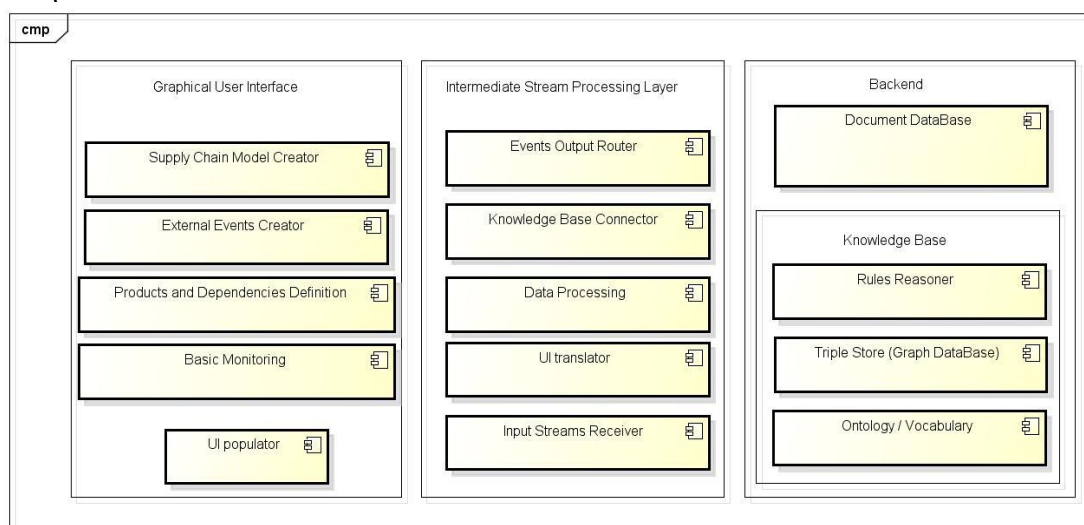
Παρακάτω βλέπουμε το διάγραμμα συνιστωσών του συστήματος, χωρίς την οπτικοποίηση των διεπαφών μεταξύ συνιστωσών, για καλύτερη απεικόνιση. Με το διάγραμμα αυτό προσφέρεται μια γενική εικόνα ως προς το ποιες δομικές μονάδες απαρτίζουν το σύστημα, ενώ στο παρόν κείμενο περιγράφεται ο ρόλος του κάθε κομματιού.

Κατ'αρχάς το όλο σύστημα χωρίζεται σε τρία λειτουργικά σύνολα, το Γραφικό περιβάλλον των χρηστών, το ενδιάμεσο στρώμα επεξεργασίας ροών δεδομένων και το backend αποθήκευσης και επερωτήσεων.

Το γραφικό περιβάλλον δίνει την δυνατότητα σε κάθε τύπο χρήστη να εισάγει τις παραμέτρους που του αναλογούν, και να παρέχει βασικές λειτουργίες επίβλεψης. Στη συνιστώσα της επίβλεψης, παρέχονται γραφήματα και στατιστικά σχετικά με την εφοδιαστική αλυσίδα, και αποτελούν σύννοψη των δεδομένων στην βάση δεδομένων εγγράφων και των δεδομένων που ρέουν το ενδιάμεσο στρώμα. Στις συνιστώσες της εισαγωγής δεδομένων ανα χρήστη, υπάρχουν τρεις διαφορετικές λειτουργίες, και αντιστοιχούν στους ρόλους του φορέα προϊόντος, του προγραμματιστή εφαρμογής και του προγραμματιστή analytics. Ο προγραμματιστής εφαρμογής έχει ουσιαστικά την αρμοδιότητα να δημιουργήσει το μοντέλο της εφοδιαστικής αλυσίδας, ή απλά ένα κομμάτι/στάδιο της, με την δικαιοδοσία του φορέα. Ο προγραμματιστής analytics δίνει την πλήρη περιγραφή των εξωτερικών συμβάντων που θα τροφοδοτούνται στο παρόν σύστημα. Ο φορέας έχει την αρμοδιότητα να δηλώσει προϊόντα τα οποία παράγει και να διαλέξει ποιά καταναλώνει από την διαθέσιμη λίστα. Ο πιο συγκεκριμένος ρόλος του ανάλογα το προϊόν είναι αποτέλεσμα των κανόνων του συστήματος. Τέλος, για την ενεργοποίηση των λειτουργιών αυτών είναι αναγκαία μια βασική λειτουργικότητα συμπλήρωσης του UI για την οποία υπάρχει μια αρμόδια συνιστώσα.

Το ενδιάμεσο στρώμα είναι το κομμάτι στο οποίο αποτυπώνεται η κύρια επιχειρησιακή λογική, και αναλαμβάνει τόσο την ενδοεπικοινωνία των διαφόρων κομματιών, όσο την επικοινωνία με άλλες λειτουργικές μονάδες. Αρχικά, μία συνιστώσα είναι υπεύθυνη για την εισαγωγή ροών δεδομένων, η οποία εκθέτει ένα web API, αποτελούμενο από

REST και WebSocket endpoints, καθώς και λογική κλήσης προς άλλα εξωτερικά endpoints. Μια συνιστώσα είναι υπεύθυνη για την μεταγλώττιση/μετασχηματισμό των δεδομένων που εισάγονται από το γραφικό περιβάλλον. Άλλη μία συνιστώσα είναι η αναγκαία σύνδεση με την βάση γνώσης (KB), η οποία δίνει την δυνατότητα επερωτήσεων προς την KB και αποτελεί καίριο σημείο του συστήματος. Το άλλο κεντρικό σημείο του συστήματος είναι η συνιστώσα επεξεργασίας δεδομένων, η οποία είναι βασισμένη στην κύρια επιχειρησιακή λογική. Τέλος, υπάρχει ένας δρομολογητής συμβάντων, ο οποίος έχει κύρια μέριμνα την αποστολή των κατάλληλων μνημάτων ανά παραλήπτη, σε κάθε περίπτωση που χρειάζεται να γίνει ειδοποίηση. Ο σχεδιασμός του ενδιάμεσου στρώματος θα εξεταστεί σε λίγο περισσότερο βάθος στο κεφάλαιο 3.7. Το backend αποτελείται από δύο κύριες μονάδες: την βάση γνώσης (KB) και την εγγραφοστρεφή βάση δεδομένων (Document-oriented Database ή DoDB). Η DoDB αποτελεί το κύριο σημείο αποθήκευσης δεδομένων, πιο συγκεκριμένα αντικειμένων ίδιας μορφής με αυτή που ρέει στο ενδιάμεσο στρώμα (JSON). Εδώ αποθηκεύονται μόνο δεδομένα χρήσιμα για συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως π.χ. ιστορικά δεδομένα. Η KB είναι το σημείο όπου αποτυπώνονται όλες οι διασυνδέσεις μεταξύ εννοιών και οντοτήτων. Η οντολογία αποτελεί το λεξιλόγιο και ταυτόχρονα τα μεταδεδομένα της βάσης γνώσης, και η μηχανή συλλογισμού χρησιμοποιεί κανόνες για να δημιουργήσει νέες συνδέσεις μέσω των υπάρχουσων. Όλη η γνώση αποθηκεύεται ως γράφος αποτελούμενος από τριπλέτες σημασιολογικού ιστού στο triple store. Η KB μαζί με την συνιστώσα σύνδεσής της και τις σχετιζόμενες λειτουργίες αποτελούν την σημασιολογική δομή του συστήματος, και εξετάζεται με περισσότερη λεπτομέρεια στο κεφάλαιο 3.6. Μπορεί ακόμη να γίνει απαναχρησιμοποίηση των στοιχείων του backend και από άλλες υπηρεσίες εκτός από την παρούσα, αν οι προγραμματιστές-χρήστες το θελήσουν.

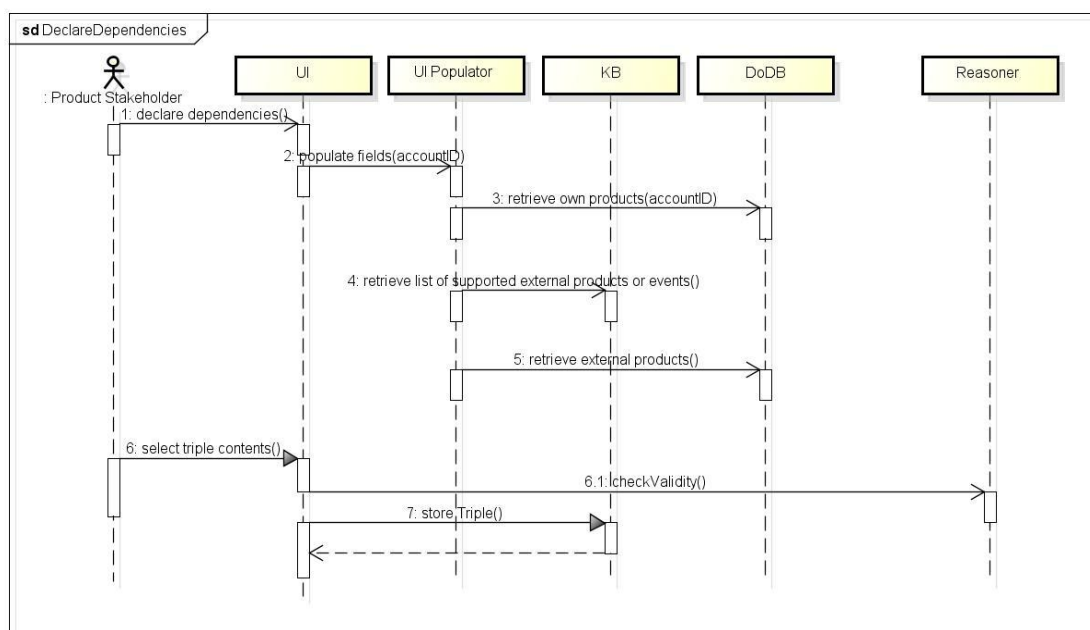


Σχήμα 10: Διάγραμμα Συνιστωσών Συστήματος

3.5.3 Διαγράμματα ακολουθίας (Άποψη Συμπεριφοράς)

Η άποψη συμπεριφοράς του συστήματος, για την υποστήριξη των προαναφερθέντων περιπτώσεων χρήσης του συστήματος, εμφανίζεται στις ακόλουθες παραγράφους, οι οποίες υποστηρίζονται από τα στοιχεία που περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.5.2.

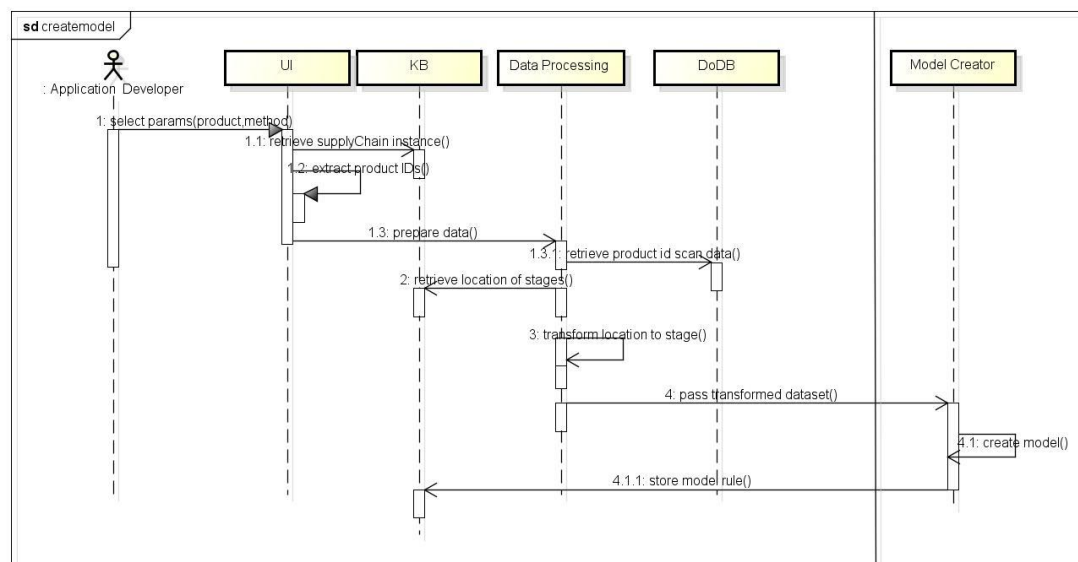
3.5.3.1 Δήλωση διασυνδέσεων



Σχήμα 11: Δήλωση διασυνδέσεων και εξαρτήσεων

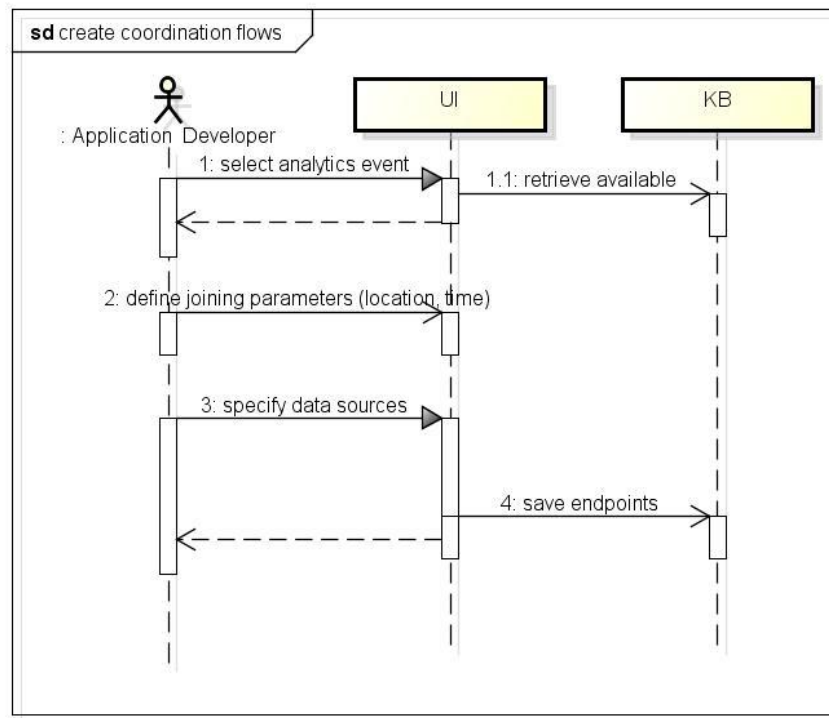
3.5.3.2 Δημιουργία Μοντέλου

Στην προκειμένη περίπτωση εισάγεται μία εξωτερική συνιστώσα, όπου ένας προγραμματιστής δημιουργεί μοντέλα (π.χ. πρόβλεψης ή συμπερασμάτων) και στο παρακάτω διάγραμμα εξετάζεται η αναγκαία αλληλεπίδραση με το παρόν σύστημα σε αυτή τη περίπτωση.



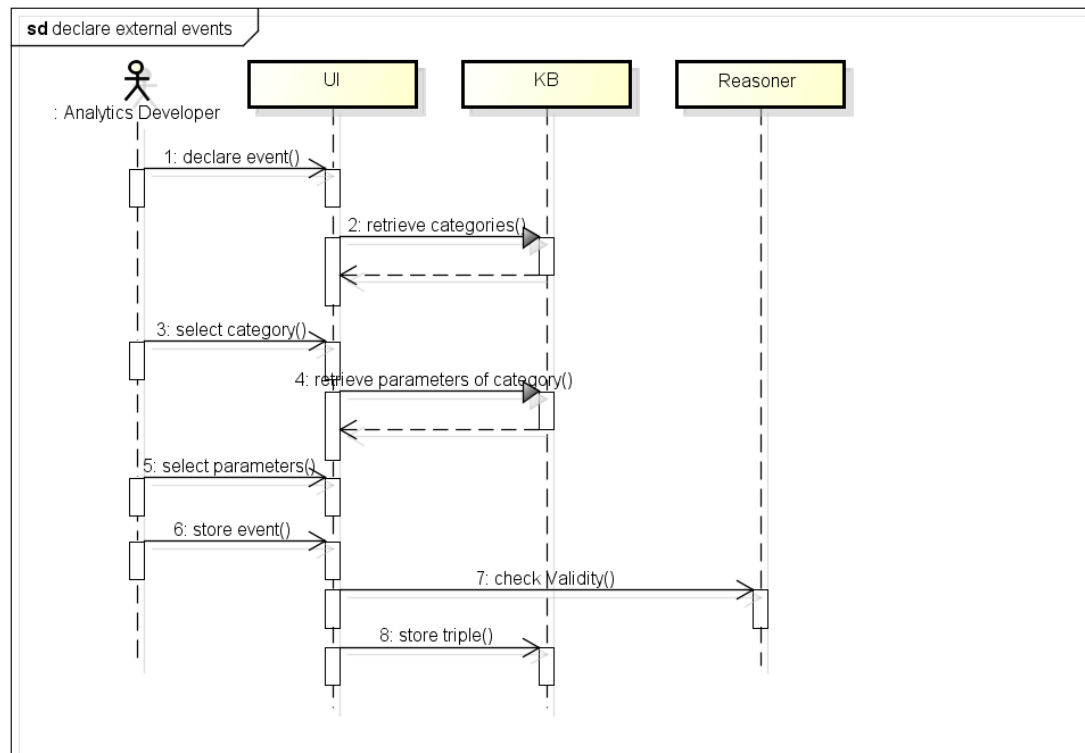
Σχήμα 12: Δημιουργία μοντέλου

3.5.3.3 Συμπερίληψη Εξωτερικών Ροών Συντονισμού



Σχήμα 13: Συμπερίληψη Εξωτερικών Ροών Συντονισμού

3.5.3.4 Δήλωση εξωτερικού γεγονότος



Σχήμα 14: Ακολουθιακό Διάγραμμα - Δήλωση εξωτερικών γεγονότων

3.6 Σχεδίαση σημασιολογικής δομής

Οι πληροφορίες που ρέουν από διάφορες πηγές, σε πραγματικό χρόνο ή όχι, είναι ημι-συνεχείς. Οι πληροφορίες για κάθε φυσική πλειάδα {τοποθεσία, tag id, χρονοσφραγίδα} "στιγμιότυπο" ενός προϊόντος, καθώς και εξωτερικά δεδομένα που επηρεάζουν, πρέπει να είναι ξεχωριστά από τη λογική που κωδικοποιείται στην οντολογία.

Η οντολογία αποτελείται από τις βασικές αλήθειες για το γεγονός και το προϊόν, μαζί με τις πρόσθετες πληροφορίες που παρέχει ο χρήστης. Το UI πρέπει να επιτρέψει διαισθητικά σε έναν χρήστη να προσθέσει συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με γεγονότα και είδη προϊόντων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, ώστε να επεκτείνει τις πληροφορίες που μπορούν να αναζητηθούν. Είναι επομένως δυνατό να υπάρχει ένας συνεχώς διευρυνόμενος ιστός πληροφοριών, ο οποίος μπορεί να εκτείνεται πολύ πέρα από τα όρια των αρχικών ιδεών και να είναι προσαρμοσμένος στις ανάγκες των χρηστών. Η συλλογιστική μπορεί επίσης να διαδραματίσει κάποιο ρόλο εδώ, να επικυρώσει τους "ισχυρισμούς" των χρηστών και πιθανώς να βρει πρόσθετες πληροφορίες. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας σημασιολογικά ερωτήματα, η σύνθετη λογική απλοποιείται. Τα συμπεράσματα που προέρχονται από σημασιολογικά ερωτήματα παρέχουν γνώση σχετικά με τους τύπους των προϊόντων που επηρεάζονται και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται.

Χρησιμοποιώντας τα προαναφερθέντα σημασιολογικά ερωτήματα, ορισμένοι κανόνες ή συνθήκες συνάγονται. Με αυτούς τους κανόνες, το φάσμα των προϊόντων που επηρεάζονται περιορίζεται στο προϊόν (ως κλάση, όχι ως στιγμιότυπο). Επιπλέον, είναι διαθέσιμες οι "συνθήκες" που πρέπει να πληρούνται στο επίπεδο ενός φυσικού αντικειμένου (μοναδικό tag_id), έτσι ώστε να μπορούν να ειδοποιηθούν οι σωστοί φορείς για τον πιθανό κίνδυνο, την αλλαγή ή το συμβάν. Οι συνθήκες εφαρμόζονται προγραμματιστικά σε κάθε άφιξη ενός γεγονότος.

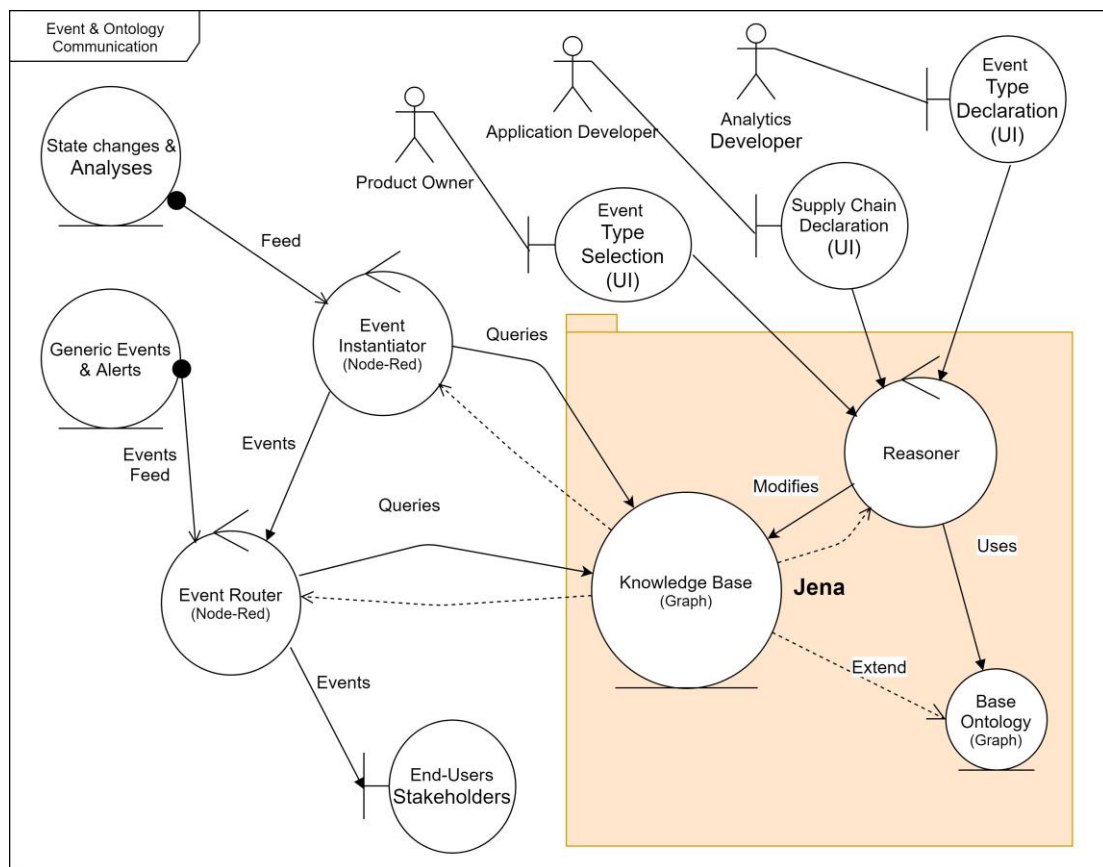
Για παράδειγμα, ο καιρός δεν είναι ο ίδιος σε κάθε τοποθεσία κάθε φορά. Ένα γεγονός σχετικά με την αλλαγή του καιρού σε μια δυνητικά επιβλαβή κατάσταση για ορισμένα είδη προϊόντων ρέει σε όλη την πλατφόρμα. Μέσα από τα βήματα που περιγράφονται παραπάνω, μόνο τα ενδιαφερόμενα / επηρεαζόμενα μέρη ενημερώνονται γι' αυτό.

Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε σημασιολογικά ερωτήματα για την απλοποίηση της ίδιας εκδήλωσης ενός γεγονότος. Για παράδειγμα, η αλλαγή της κατάστασης των καιρικών συνθηκών μπορεί να ενδιαφέρει μια συγκεκριμένη περίπτωση, και μια άλλη όχι. Αυτό ισχύει και για τα κοινωνικά δεδομένα, καθώς μπορεί να μην είναι γνωστό αν μια ανάλυση έχει αποτελέσματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για όλα τα μέρη. Για να βεβαιωθούμε ότι κάτι μπορεί πραγματικά να επηρεάσει μια οντότητα (προϊόν, πρόσωπο κ.λπ.), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της σημασιολογίας με τρόπο παρόμοιο με τον παραπάνω, για να δημιουργήσουμε ένα γεγονός, το οποίο με τη σειρά του θα έχει ένα καλύτερο εύρος αποδεκτών/στόχων. Η δήλωση συμβάντων μπορεί να απλουστευθεί με παρόμοιο τρόπο, καθώς ο analytics developer μπορεί να δηλώσει τις πιθανές καταστάσεις της εκδήλωσης και ο ιδιοκτήτης του προϊόντος μπορεί να υπαγορεύει μόνο κάποιο ή ακόμη και ένα συγκεκριμένο τύπο συμβάντος που τον ενδιαφέρει.

Τέλος, η οντολογία πρέπει να έχει αποτυπωμένα την αλυσίδα εφοδιασμού και όλους τους σχετικούς τύπους εννοιών και οντοτήτων. Η είσοδος του χρήστη μεταφράζεται στις εμφανίσεις κάθε κλάσης, έτσι ώστε ουσιαστικά οποιαδήποτε συλλογή των σταδίων της αλυσίδας και τα χαρακτηριστικά τους να μπορούν να αιτιολογηθούν. Ο γράφος της οντολογίας κωδικοποιεί όλες τις συσχετίσεις, ενώ οι περιπτώσεις και οι συσχετισμοί μεταξύ των περιπτώσεων/individuals κωδικοποιούν την πλήρη λειτουργικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού που δηλώνει ο χρήστης. Μέσα από κανόνες

που βασίζονται στο μοντέλο της αλυσίδας εφοδιασμού, μπορεί να δημιουργηθεί μια σειρά γεγονότων σχετικά με την αλυσίδα εφοδιασμού.

Έτσι, γενικεύοντας, μπορούμε να έχουμε μια ροή δεδομένων που μετακινούνται μέσα σε μια ροή εργασίας (σχεδιασμένη στο εργαλείο Node-Red), όπου οι σημασιολογικές επερωτήσεις (σε SPARQL) γίνονται για να χτυπήσουν το triple-store (JENA) που κρατά την οντολογία μαζί με τα individuals. Το triple-store μπορεί να ενισχυθεί με πρόσθετες δυνατότητες συλλογιστικής και σύνδεση με δεδομένα από άλλες πηγές στον ιστό. Τα συμβάντα που επιστρέφονται χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία συμβάντων και την κατεύθυνση των ειδοποιήσεων προς τους σωστούς φορείς. Αυτή η προσέγγιση παρέχει τη νοημοσύνη που απαιτείται για την επίτευξη των περιγραφόμενων στόχων. Ο τομέας της οντολογίας πρέπει να είναι η λογική που επιτρέπει τον αποτελεσματικό συνδυασμό των δεδομένων από όλες τις προαναφερθείσες πηγές και παράγει συμπεράσματα.



Σχήμα 15: Γενική χρήση οντολογίας και βάσης γνώσης

3.7 Ανάλυση της λογικής του ενδιάμεσου στρώματος

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή της εργασίας, ένας από τους κύριους στόχους είναι να ανιχνεύσει γεγονότα και να διαβιβάσει τις αντίστοιχες ειδοποιήσεις σε πολλαπλές προσβεβλημένες οντότητες, οι οποίες μπορεί να εξαρτώνται ή να κατέχουν περιουσιακά στοιχεία που επηρεάζονται από το συγκεκριμένο γεγονός. Για να ενεργοποιηθούν αυτές οι λειτουργίες, πρέπει να υπάρχει μια λογική συσχέτισης μεταξύ των εισερχόμενων συμβάντων και των εμπλεκόμενων οντοτήτων, που φαίνονται στο σχήμα 17. Η χρωματική κωδικοποίηση είναι η εξής:

- Το μπλε υποδεικνύει το τμήμα όπου εκτελούνται σημασιολογικά ερωτήματα.
- Το γαλαζοπράσινο υποδεικνύει τα μέρη που κωδικοποιείται η υπηρεσιακή λογική.
- Το πορτοκαλί δείχνει τις ενέργειες που συμμετέχουν στο τμήμα μπλοκ δεδομένων AI / αποθήκευσης δεδομένων.

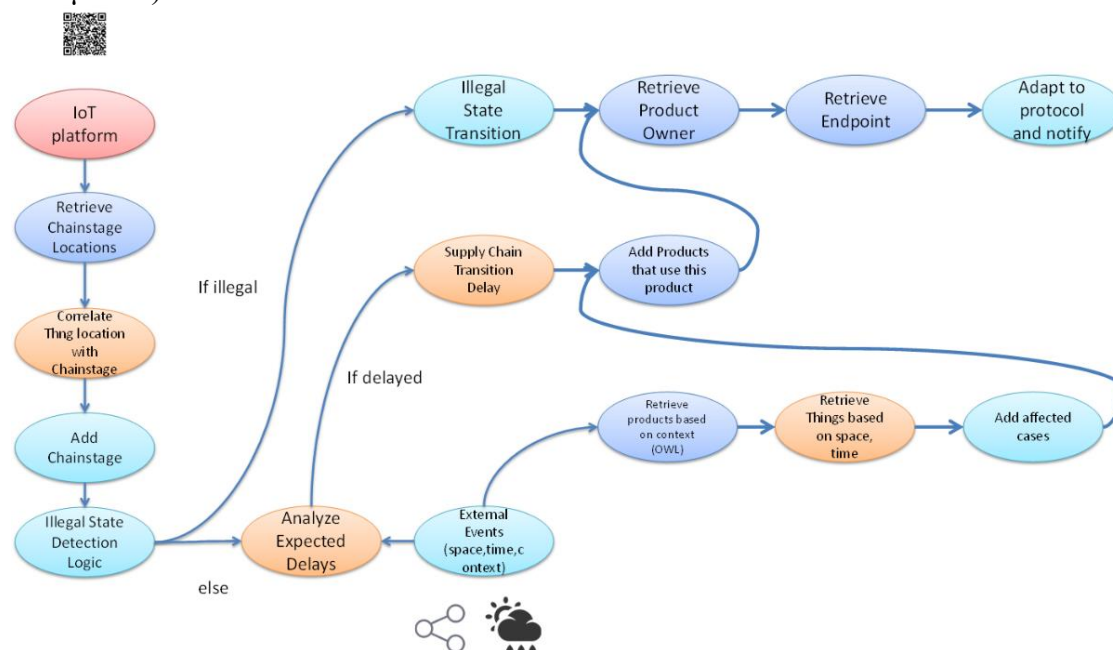
Αρχικά, τα εισερχόμενα συμβάντα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν τις περιπτώσεις παράνομης μετάβασης κατάστασης στο εσωτερικό της αλυσίδας εφοδιασμού και με βάση το μοντέλο της αλυσίδας, καθυστερήσεις που εξάγονται από τις συνήθεις μεταβάσεις στο στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού και τα εξωτερικές γεγονότα από ανεξάρτητους παρόχους αναλύσεων στο σύστημα, βασισμένοι στο σημασιολογικό πλαίσιο (π.χ. καιρός, κοινωνική δραστηριότητα κλπ.) και επισημαίνονται με τις σχετικές χωροχρονικές λεπτομέρειες της εμφάνισης του συμβάντος.

Οι ακολουθίες ανίχνευσης οι οποίες απαρτίζουν το ενδιάμεσο στρώμα μοιράζονται ένα κοινό μέρος, το οποίο αφορά την ταυτοποίηση ενός ιδιοκτήτη προϊόντος και το αντίστοιχο endpoint, καθώς και την προσαρμογή του πρωτοκόλλου (σε αυτό το endpoint) και την αποστολή της κοινοποίησης. Ωστόσο, το προηγούμενο τμήμα της ακολουθίας εξαρτάται επίσης από την πηγή της αναγνώρισης, η οποία υπαγορεύει την ανάγκη ειδοποίησης ενός μικρότερου ή μεγαλύτερου συνόλου ενδιαφερομένων. Έτσι διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Γεγονότα που προέρχονται από την παρακολούθηση για παράνομη κατάσταση, θεωρείται ότι αφορούν κυρίως τον ιδιοκτήτη του προϊόντος. Επομένως, η αντίστοιχη ταυτοποίηση πρέπει να ανακτήσει τις λεπτομέρειες αυτής της οντότητας καθώς και το αντίστοιχο endpoint.
- Για γεγονότα που προέρχονται από τους χρόνους μετάβασης στην αλυσίδα, θεωρείται ότι αυτά αναφέρονται στον ιδιοκτήτη του προϊόντος καθώς και σε οποιαδήποτε άλλη αλυσίδα εφοδιασμού που χρησιμοποιεί το προϊόν ως πρώτη ύλη (εισροή), δεδομένου ότι τυχόν καθυστερήσεις στην εν λόγω αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί επίσης να διαδοθεί στην περίπτωση τους. Αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο λεπτό. Για πιο λεπτομερή αποτελέσματα, θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί και το batch-id (ταυτοποίηση παρτίδας), για να ειδοποιήσει μόνο τις περιπτώσεις που εξαρτώνται από αυτό το σύνολο παρτίδων. Για λιγότερης λεπτομέρειας αποτελέσματα, θα μπορούσαμε να εξετάσουμε περιπτώσεις όπου π.χ. υπάρχει μια καθυστέρηση πολλαπλών παρτίδων ή παραγωγής που μπορεί να επηρεάσει περισσότερες από μία εξαρτώμενες οντότητες από αυτό το προϊόν.
- Για γεγονότα που προέρχονται από εξωτερικές πηγές, πρέπει να συσχετίζεται όχι μόνο με το σημασιολογικό πλαίσιο του συμβάντος (και να ελέγχεται αν ένα συγκεκριμένο προϊόν επηρεάζεται π.χ. από τις καιρικές συνθήκες), αλλά και να συσχετίζει τις χωροχρονικές λεπτομέρειες τόσο του συμβάντος όσο και των παρουσιασμάτων του προϊόντος στην περιοχή και το χρονικό διάστημα (χωροχρονική συσχέτιση). Όπως προσδιορίστηκε προηγουμένως, από τη

στιγμή που εντοπίστηκαν αυτές οι περιπτώσεις (π.χ. ID παρτίδων) από ένα σχετικό ερώτημα προς την DoDB, δεδομένου ότι αυτή είναι η θέση αποθήκευσης των δεδομένων σάρωσης, ο προσδιορισμός όλων των επηρεαζόμενων φορέων, είτε είναι ο ιδιοκτήτης του προϊόντος είτε άλλες αλυσίδες εφοδιασμού που χρησιμοποιούν αυτές τις παρτίδες ως υλικά εισόδου), και πρέπει να αποστέλλονται οι σχετικές ειδοποιήσεις.

Παρακάτω φαίνεται η κύρια λογική του ενδιαμέσου στρώματος. (μπλε: σημασιολογικά ερωτήματα, γαλαζοπράσινο: λογική ενδιαμέσου στρώματος, πορτοκαλί: μπλοκ δεδομένων)



Σχήμα 16: Συσχέτιση συμβάντων με οντότητες που επηρεάζονται

4 Υλοποίηση

4.1 Μερικά γενικά στοιχεία της υλοποίησης

4.1.1 Εισαγωγή στα πλαίσια εκπόνησης της υλοποίησης

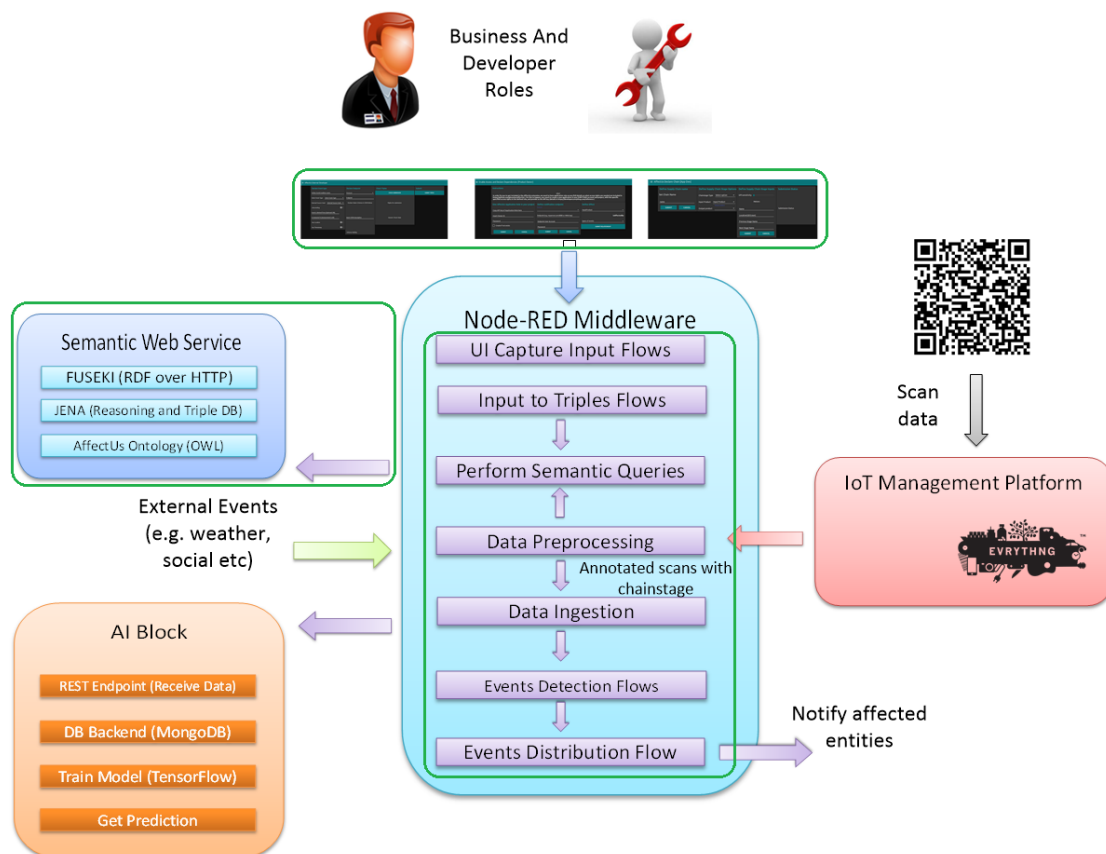
Γενικότερα, η παρούσα υλοποίηση αποτελεί ένα prototype, και είναι ένα κομμάτι που εκπονήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος AffectUs. Καθώς η παρούσα εργασία είναι εμπνευσμένη από το συγκεκριμένο πρόγραμμα στο οποίο μετείχα, οι λειτουργικές μονάδες που παρουσιάζονται στις παρακάτω ενότητες είναι αποτέλεσμα της εργασίας μου στα πλαίσια του προγράμματος, τα οποία συνδυάστηκαν με κομμάτια που εκπονήθηκαν από άλλα μέλη της ομάδας ως λειτουργικές μονάδες. Συνεπώς στην παρουσίαση της υλοποίησης, βάση δίνεται στο κύριο κομμάτι της εργασίας μου, που είναι η σημασιολογική περιγραφή του πεδίου, η οποία περιλαμβάνει την δημιουργία της οντολογίας, την υλοποίηση της σημασιολογικής υποδομής, η οποία περιλαμβάνει το στήσιμο μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας σημασιολογικού ιστού, με δυνατότητες συμπερασμού και τα αναγκαία χαρακτηριστικά γράφου που το πρόβλημα επιτάσσει, την υλοποίηση των γραφικών διεπαφών χρήστη για την εισαγωγή γνώσης παραμετροποίησης από τους ρόλους του συστήματος, και την δημιουργία του ενδιάμεσου στρώματος σε συνεργασία με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.

4.1.2 Γενική υλοποίηση και διευκρίνιση των κομματιών παρουσίασης

Η γενικότερη υλοποίηση του AffectUs ακολουθεί τα πλαίσια των προηγούμενων ενοτήτων, και περιλαμβάνει τα εξής δομικά κομμάτια:

- Ενδιάμεσο στρώμα, δημιουργημένο στο προγραμματιστικό περιβάλλον ροών εργασίας Node-Red [33], το οποίο εξετάζεται στην ενότητα 4.4.
- UIs για την εξυπηρέτηση των χρηστών, δημιουργημένα με το Node-Red Dashboard, τα οποία εξετάζονται στην ενότητα 4.5.
- Ένα εξωτερικό block τεχνητής νοημοσύνης, το οποίο προσφέρει στο σύστημα την ικανότητα πρόβλεψης, με χρήση ιστορικών δεδομένων από την Βάση Δεδομένων, και υλοποιημένο από άλλο μέλος της ομάδας σε python και TensorFlow [34] [35].
- Την υπηρεσία σημασιολογικού ιστού ή βάση γνώσης (KB), η οποία είναι δημιουργημένη με τη χρήση του JENA framework [36]. Για την υλοποίηση της υπηρεσίας χρησιμοποιήθηκε το JENA Fuseki Server [37] ως triple store, η μηχανή συμπερασμού είναι δημιουργημένη με JENA Rules και βασίζεται στους κανόνες του OWL reasoning, σε συνδυασμό με κανόνες του παρόντος πεδίου καθώς και το σημασιολογικό λεξιλόγιο. Η υλοποίησή και σύνδεσή της εξετάζονται στην ενότητα 4.3, ενώ η υλοποίηση του σημασιολογικού λεξιλογίου παρουσιάζεται στην ενότητα 4.2.
- Την εγγραφοστρεφή βάση δεδομένων (DoDB) MongoDB [38], η οποία χρησιμοποιείται ως γενική αποθήκη δεδομένων του συστήματος, κυρίως για τα ιστορικά δεδομένα.
- Την πλατφόρμα EVRYTHNG [9] για την διαχείριση εξοπλισμών εφοδιαστικής αλυσίδας, που βασίζονται στο διαδίκτυο των πραγμάτων, και αποτελεί την πηγή δεδομένων σάρωσης των Smart Tags (ST). Το παρόν σύστημα αποτελεί επέκταση αυτής της πλατφόρμας.
- Το deployment έγινε με την χρήση του Docker, και κάθε λειτουργική μονάδα έγινε ένα image, από άλλο μέλος της ομάδας.

Παρακάτω παρουσιάζεται η γενική δομή του AffectUs, και με πράσινο είναι περικυκλωμένες οι λειτουργικές μονάδες που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.



Σχήμα 17: Συμβολή της παρούσας εργασίας στο σύστημα AffectUs, και ολική δομή

Η υλοποίηση των μονάδων αυτών ακολουθεί τις ιδιότητες που προκύπτουν από την ανάλυση που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

4.2 Υλοποίηση σημασιολογικού λεξιλογίου

4.2.1 Εισαγωγή στις ιδέες του σημασιολογικού λεξιλογίου

Η παρούσα εργασία στηρίζεται στη διασυνδεσιμότητα πολύπλοκων εννοιών. Γι' αυτόν τον λόγο καθορίζεται ένα λεξιλόγιο που ταιριάζει στις ανάγκες του συστήματος και οι έννοιες συνδέονται ώστε να παράγουν ένα νέο νόημα, τόσο εννοιολογικά όσο και προγραμματιστικά. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται ορισμένες από τις πιο ώριμες τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού, για να αποτελέσουν το πλαίσιο της βάσης γνώσης. Για τη σημασιολογική δομή χρησιμοποιείται η Γλώσσα Οντολογίας Ιστού (OWL 2). Η OWL ταιριάζει με τις ανάγκες μας, διότι βασίζεται στον φορμαλισμό εκπροσώπησης γνώσης που λέγεται περιγραφική λογική (Description Logic ή DL) [39]. Λόγω της σύνθετης δομής και περιγραφικότητας που απαιτείται, η οντολογία που ορίζουμε ταιριάζει με το προφίλ OWL-Full. Η οντολογία χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων, με την χρήση της γενικής αλήθειας που αποθηκεύεται στο triple store της βάσης γνώσης.

Με βάση τις ανάγκες της πλατφόρμας έχουν γίνει περαιτέρω αλλαγές στο σημασιολογικό πλαίσιο. Τα συμβάντα υποδηλώνουν ότι προέρχονται από τους εξωτερικούς προγραμματιστές της ανάλυσης ωστόσο, για να φιλτράρονται αυτά τα συμβάντα και να εξακριβωθούν οι συνδέσεις, ώστε να ενημερωθούν τα εμπλεκόμενα μέρη, πρέπει να υπάρχουν κάποιες συνθήκες. Μόνο όταν πληρούνται αυτές οι προϋποθέσεις, ενεργοποιούνται οι ειδοποιήσεις.

Αυτό που πρέπει να συσχετίσουμε πρώτα από όλα, είναι ένα VE κι ο τύπος του γεγονότος που μπορεί να το επηρεάσει, χρησιμοποιώντας την γενική έννοια του προϊόντος και θεωρώντας κάθε αντικείμενο μέλος της VE κλάσης του προϊόντος. Το σημείο που πραγματικά συνδέει μια συνθήκη συμβάντων με ένα προϊόν VE είναι ο τύπος συμβάντος, ο οποίος είναι ο πρώτος απαραίτητος συνδετικός κρίκος. Αυτός ο τύπος συμβάντος μπορεί να επηρεάσει κάτι μόνο όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Γι' αυτό και χρησιμοποιούμε την ιδέα μιας «Συνθήκης Συμβάντος» ("Event Condition") για αυτήν την περίπτωση. Η βασική ιδέα είναι να υπάρχει ως φίλτρο η "Συνθήκη συμβάντος", ωστόσο πρόκειται για μια πολύ γενική ιδέα (π.χ. Υγρασία), η οποία έχει κάποιες καθορισμένες καταστάσεις και παραμέτρους τις πιθανές καταστάσεις. Αυτές οι παράμετροι σχηματίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν εύκολα να συσταδοποιηθούν. Υπάρχει επίσης ένα συγκεκριμένο στιγμιότυπο μιας συνθήκης συμβάντος, το οποίο υπάρχει στο χώρο και στο χρόνο, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αποστολή ειδοποιήσεων όταν ένα "Event Condition Instance" ταιριάζει με τις παραμέτρους που επηρεάζουν ένα προϊόν και τα σχετιζόμενα Things του, και συμβαίνει κοντά στην τοποθεσία στην οποία τα αντικείμενα βρίσκονται αυτή τη στιγμή. Η αντιστοίχιση της τοποθεσίας και της χρονικής στιγμής του συμβάντος συμβάντος με την περιοχή και την χρονική περίοδο που ανήκει στο αντικείμενο είναι στην πραγματικότητα το δεύτερο κριτήριο που πρέπει να πληρείται για την παραγωγή μιας ειδοποίησης.

Η ιδέα της αλυσίδας εφοδιασμού μας επιτρέπει να μοντελοποιούμε όχι μόνο τη διαδρομή των προϊόντων, από το εργοστάσιο στον καταναλωτή, αλλά όλα τα στάδια τα οποία περνάει το αντικείμενο, ενεργώντας έτσι και ως έννοια διαχείρισης του κύκλου ζωής του. Τα προϊόντα μπορούν ακόμη και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή άλλων προϊόντων, όπως είχε ειπωθεί και στην ενότητα 3. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο εφοδιάζεται με πρώτες ύλες, οι οποίες είναι ουσιαστικά προϊόντα με τον ίδιο τρόπο που τα προϊόντα που παράγονται από το εργοστάσιο είναι προϊόντα. Επιπλέον, η εφοδιαστική αλυσίδα, ως έννοια, ακολουθεί μια συγκεκριμένη ακολουθία σταδίων ως μοτίβο βάσης.

Για να μπορέσουμε να εντοπίσουμε οποιοδήποτε είδος ανωμαλίας, πρέπει να γνωρίζουμε αν ένα Thing/αντικείμενο (ή πολλά 'Things') μιας VE κλάσης δεν ακολουθούν τα στάδια που το προϊόν είναι δηλωμένο να περνά κανονικά. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η δήλωση ενός Supply Chain Instance είναι σημαντική. Το στιγμιότυπο της αλυσίδας πρέπει να περιέχει δηλωμένα "Στάδια Αλυσίδας" (Chain Stages) και την ακολουθία τους, καθώς και τις θέσεις τους. Τα μοντέλα προβλέπουν τα συμβάντα που σχετίζονται με ένα Supply Chain Instance βάσει ιστορικών δεδομένων των Things που μεταβαίνουν από το ένα στάδιο στο άλλο.

Τέλος, για να είναι δυνατή η διασύνδεση μεταξύ επιχειρησιακών καθέτων, οι πληθάριθοι πολλών συνδέσεων εννοιών (predicates ή object properties σε όρους τριπλετών RDF), όπως τα predicates με πεδίο το Chain Stage, δεν είναι περιορισμένοι. Επιπλέον είναι επιτρεπτή η σύνδεση μεταξύ σταδίων από διαφορετικά στιγμιότυπα αλυσίδας.

4.2.2 Πεδίο και έννοιες της οντολογίας

4.2.2.1 Λίστα των σημασιολογικών εννοιών

Συνδέσεις μεταξύ όλων των παραπάνω ιδεών δημιουργούν ένα γράφημα. Αυτό το γράφημα είναι η βάση πάνω στην οποία οι ροές κάνουν σημασιολογικά ερωτήματα και η βάση γνώσεων τις επεξεργάζεται. Χωρίς τον γράφο δεν υπάρχει δομή και νόημα στο triple store από το οποίο αποτελείται η βάση γνώσης, ούτε μπορεί να υπάρξει συμπερασματολογία. Για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε και να χρησιμοποιήσουμε σύνθετους κανόνες, διαμορφώνουμε τις ιδέες με το λεξιλόγιο και συνδέσμους μεταξύ των στοιχείων του. Ως εκ τούτου, ορίσαμε έναν τομέα οντολογίας για να διατηρήσουμε αυτές τις πληροφορίες σε μορφή που είναι φορητή και χρησιμοποιείται ευρέως στον σημασιολογικό ιστό, η οποία είναι το RDF turtle format. Χρησιμοποιούμε αυτή την οντολογία στη βάση γνώσης για συλλογιστική. Οι πιο βασικές τριπλέτες από τις οποίες αποτελείται η οντολογία παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Subject	Predicate	Object	Σχόλια
Event Condition	hasState	EventConditionState	Το EventCondition αντιπροσωπεύει μια έννοια όπως π.χ. υγρασία. EventConditionState είναι μια συγκεκριμένη κατάσταση π.χ. Ξηρή. Εισάγεται από το UI του εξωτερικού προγραμματιστή με βάση την ανάλυση (π.χ. συσταδοποίηση καταστάσεων) που έχει γίνει στα πρωτογενή δεδομένα
Event Condition Instance	has Location Time	LocationTime	Υποδεικνύει την εμφάνιση ενός συμβάντος. Το LocationTime συνδέει τη Θέση και την Χρονική στιγμή σε μια οντότητα.
Location Time	hasTime Instant	Instant (Time)	Επαναχρησιμοποίηση των υπάρχουσων εννοιών χρόνου από την οντολογία χρόνου w3.org. Ορισμός κλάσης που απαιτείται στην προηγούμενη γραμμή.
Location Time	has Location	Location	Η θέση είναι μια υπερκλάση των οντοτήτων λεξιλογίου GeoJSON-DL.

			Ως εκ τούτου, η θέση αποθηκεύεται ως Geo-JSON.
Event Condition Instance	Subclass Of	EventCondition	Στιγμιότυπο ενός EventCondition. Χρήση στον δρομολογητή συμβάντων.
Event Condition	isFor Type	EventType	Το EventType είναι ένα από τα παρακάτω: Humidity, Luminocity, Precipitation, SocialNetwork, Temperature, Weather etc.). Επιλέγεται από τον εξωτερικό Analytics Dev με βάση μια αρχική ταξινόμηση του συστήματος.
Product	Is Affected By	EventType	Ένα προϊόν επηρεάζεται γενικά από ένα EventType π.χ. υγρασία. Το συμπέρασμα προκύπτει από τα συμβάντα που έχουν παρόμοιες παραμέτρους θέσης και χρόνου με τα αντικείμενα του προϊόντος. Ορίζεται μέσω του UI του ιδιοκτήτη/φορέα προϊόντος.
SupplyChain Instance	predictionsMadeBy	Model	Απαραίτητη τριπλέτα για την αναφορά ενός εξωτερικού μοντέλου.
Event Condition State Parameter	has MinValue	Αριθμός	Προαιρετικό πεδίο, προκειμένου ο Ext Dev να δηλώσει πώς αναγνωρίζονται οι καταστάσεις. Αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο για έναν καταναλωτή του γεγονότος να συμπεριλαμβάνει ενδεχομένως ενδιαφέρον μόνο σε ένα υποσύνολο των εντοπισμένων καταστάσεων. Εισάγεται από τη δήλωση καταστάσεων JSON, στο UI του εξωτερικού προγραμματιστή.
Event Condition State	hasState Parameter	EventCondition StateParameter	Αυτό είναι απαραίτητο να περιγραφεί από τον εξωτερικό προγραμματιστή στο αντίστοιχο UI για να αφήσουμε το πλαίσιο (και τους καταναλωτές) να γνωρίζουν τις πιθανές καταστάσεις του συμβάντος που ανιχνεύθηκε.
Event Condition State Parameter	hasMax Value	Αριθμός	Ίδιο με το πάνω, όπως και το hasMinValue.
Event Condition	isAscending	Boolean	Υποδηλώνει ότι το υψηλότερο είναι «καλύτερο». Εισάγεται από κουμπί του UI του εξωτερικού προγραμματιστή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή μόνο

			συγκεκριμένων καταστάσεων με βάση το πλαίσιο.
Event Condition	published At	Endpoint , όπου μπορεί κανείς να αποκτήσει πληροφορίες σχετικά με την εμφάνιση ενός τέτοιου γεγονότος	Απαραίτητη από το σύστημα για να καταναλώσει τις αντίστοιχες ειδοποιήσεις από την πλευρά του παραγωγού (Ext Dev).
Producer	produces	Product	Ποιος παράγει ένα προϊόν. Εισάγεται από το UI του φορέα προϊόντος, μετά την ανάκτηση της λίστας αναγνωριστικών προϊόντων από την πλατφόρμα EVRYTHNG
Consumer	consumes	Product	Οντότητα (φορέας) που καταναλώνει ένα προϊόν (και τα αντίστοιχα αντικείμενα). Εισάγεται έμμεσα μέσω της ενσωμάτωσης του προϊόντος εισόδου στο πλαίσιο δήλωσης του μοντέλου εφοδιαστικής αλυσίδας του προγραμματιστή εφαρμογής.
Actor	has Endpoint	Endpoint	Χρησιμοποιείται για σκοπούς κοινοποίησης, ειδικά για την περίπτωση κοινοποιήσεων εξόδου προς τους καταναλωτές προϊόντων. Εισάγεται μέσω του UI του ιδιοκτήτη/φορέα προϊόντος. Το endpoint περιλαμβάνει το πρωτόκολλο, τη URL διαδρομή (path) και τα ενδεχόμενα διαπιστευτήρια που απαιτούνται για την πρόσβαση σε αυτό το τελικό σημείο.
Chainstage	belongsTo	SupplyChain Instance	Στάδιο εφοδιαστικής αλυσίδας, το οποίο χρησιμοποιείται για μοντελοποίηση και εύρεση παράνομων καταστάσεων. Εισάγεται με την χρήση του UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
SupplyChain Instance	subclassOf	SupplyChain	Διαφοροποίηση μεταξύ γενικής έννοιας και κάθε συγκεκριμένης οντότητας, εισάγεται με την συμπερίληψη του ονόματος της στο UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
SupplyChain	hasStage	Stage Enumeration	Η εφοδιαστική αλυσίδα (η γενική έννοια –πρότυπο για νέα στιγμιότυπα. Συνώνυμη με τον ορισμό της DBpedia.) έχει στάδια. Χρήση των

			σταδίων στην συμπλήρωση του UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
ChainStage	isOfType	Stage Enumeration	Out of production, in transit, at retail κλπ. Χρήση για εύρεση παράνομων καταστάσεων και παράνομων μεταβάσεων με βάση τους γενικούς κανόνες επιτρεπόμενης μετάβασης. Εισαγωγή μέσω UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
Stage Enumeration	hasNext Type	Stage Enumeration	Ακολουθεί την ανάλυση της ενότητας 3.2, και υποδεικνύει την κύρια ακολουθία των τύπων σταδίων.
Stage Enumeration	has Previous Type	Stage Enumeration	Όμοιο με το πάνω.
Chainstage	has Location	Location	Η τοποθεσία συμμορφώνεται με το Geo-JSON standard. Αναγκαίο για αντιστοίχιση εισερχόμενων δεδομένων στον τύπο σταδίου. Εισαγωγή μέσω UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
ChainStage	has Previous	ChainStage	Αναγκαίο για την διατήρηση σειράς των σταδίων και χρήσιμο στην εύρεση παράνομων μεταβάσεων, με χρήση των ιδιοτήτων που ορίστηκαν στην ενότητα 3.2
ChainStage	hasNext	ChainStage	Όμοια με πάνω.
ChainStage	is Connected To	ChainStage	Χρήσιμο στο parsing των μοντέλων εφοδιαστικών αλυσίδων, ειδικά για την ανακάλυψη της προέλευσης παράνομης συμπεριφοράς (π.χ. νοθεία ή πλαστογραφία) μέσω property paths. Συμπληρώνεται μέσω συμπερασμού.
ChainStage	transitions To	ChainStage	Ειδική μετάβαση από ChainStage ενός Supply Chain Instance σε ChainStage άλλου. Συμπλήρωση από συμπερασματολογία που πυροδοτείται από εισαγωγές των application developers.
Chainstage	has Average Duration Time	Duration	Αυτό συμπληρώνεται από ερωτήματα στα ιστορικά δεδομένα και στη συνέχεια η KB δείχνει στο αποτέλεσμα της ανάλυσης που αποθηκεύεται στην DoDB, για αυτήν την αλυσίδα εφοδιασμού και την αλυσίδα παραγωγής.
Chainstage	hasInputs	VE (Product)	Το ChainStage μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα προϊόντα ως εισροές.

			Απαραίτητο για να συνάγουμε τη χρήση και τις εξαρτήσεις. Εισάγεται με την χρήση του UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
Chainstage	hasOutputs	VE (Product)	Το ChainStage μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα προϊόντα ως εκροές. Εισροές και εκροές μπορούν να διαφέρουν. Εισάγεται με την χρήση του UI του προγραμματιστή εφαρμογής.
Consumer	orders	Collection	Αυτό είναι απαραίτητο για να έχουμε πληροφορίες για το ποια παρτίδα παραγγέλλεται από ποιόν φορέα.
Collection	consistsOf	Thng	Το Collection είναι ουσιαστικά μια παρτίδα και αποτελείται από πολλά αντικείμενα, και η πληροφορία αυτή προέρχεται από το EVRYTHNG API στην προκειμένη περίπτωση.
Event Condition	isDerived From	(URI) Data Source	Μια σύνδεση με μια άλλη πηγή (εξωτερική) από την οποία προέρχεται η συνθήκη συμβάντων. Εισαγόμενο στο UI του External analytics Developer, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φιλτράρει τα συμβάντα με βάση τις επιθυμητές πηγές εισόδου. (π.χ. δεδομένα από καιρό από μια αξιόπιστη πηγή)

Πίνακας 5: Λίστα των βασικότερων τριπλετών στην οντολογία

4.2.2.2 Όψη της οντολογίας ως γράφου

Όλες οι τριπλέτες subject-predicate-object που παρατίθενται στον πίνακα 4 σχηματίζουν ένα γράφημα, με το subject και το object ως κόμβους και τα predicates ως ακμές. Στις τριπλέτες RDF / OWL είναι γνωστά ως αντικείμενο-ιδιότητα-τιμή (object-property-value), αλλά το γράφημα είναι ακριβώς το ίδιο. Η διαφορά με τις οντολογίες OWL είναι όμως ότι οι κόμβοι είναι κλάσεις και κάθε predicate (ακμή) έχει πεδίο και εύρος τα subject και predicate αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει επειδή η οντολογία είναι τα μεταδεδομένα για την KB, και επειδή στο OWL, subjects και Objects είναι κλάσεις. Κάθε εγγραφή στο KB είναι είτε “individual”, μέλος μιας τάξης είτε δεδομένα που σχετίζονται με ένα individual.

Πρακτικά όλα όσα σχετίζονται με τον σημασιολογικό ιστό είναι ένας γράφος. Τα individuals που τίθενται στη βάση γνώσης ακολουθούν, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, τη δομή που υπαγορεύει το γράφημα οντολογίας. Για αυτό παρουσιάζουμε τα αναπόσπαστα μέρη της οντολογίας ως γράφημα. Για ευκολία, χρησιμοποιούμε το πρότυπο VOWL για την οπτικοποίηση της Οντολογίας. Μία πλήρης άποψη της οντολογίας είναι η ακόλουθη:

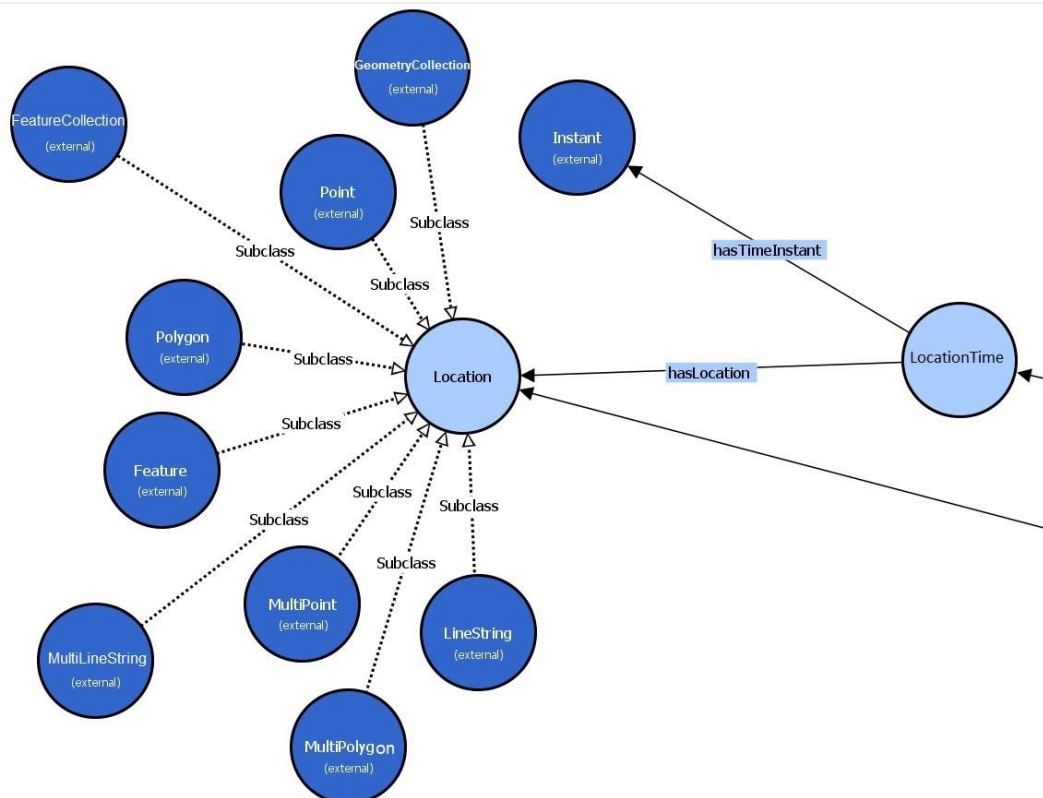
The diagram illustrates a supply chain system with the following components and relationships:

- Classes and Primitives:**
 - Product** (blue circle) is associated with a **string** primitive via `isAffectedBy`.
 - Chainstage** (blue circle) is associated with **Duration (enum)** via `hasAverageDurationTime` and `transitionsTo`, and with **Location** via `locatedAt`.
 - Stage Enumeration** (blue circle) is associated with **float** via `isOf type (functional)`.
 - SupplyChain** (blue circle) is associated with **string** via `hasEndPointCredentials`.
 - Actor** (blue circle) is associated with **OpKey** via `hasOpKey`.
- Relationships:**
 - Product** and **Chainstage** are connected by `isConstructedBy` (dashed line) and `isConnectedToStage (symmetric)` (solid line).
 - Chainstage** has `hasInputs` and `hasOutputs` relationships with **Product**.
 - Chainstage** has `hasPrevious` and `hasNext` relationships with **Stage Enumeration**.
 - Chainstage** has `hasText` and `hasTextType` relationships with **Stage Enumeration**.
 - Chainstage** has `hasStage` and `hasPreviousType` relationships with **SupplyChain**.
 - Chainstage** has `hasSensitivity` relationship with **SupplyChain Instance**.
 - Chainstage** has `belongs to` relationship with **SupplyChain Instance**.
 - Chainstage** has `produces` relationship with **Product**.
 - Chainstage** has `consumes` relationship with **Product**.
 - Chainstage** has `consists of` relationship with **Collection**.
 - Chainstage** has `orders` relationship with **Consumer**.
 - Chainstage** has `isPart of` relationship with **Actor**.
 - Chainstage** has `hasEndPoint` relationship with **Endpoint Credentials**.
 - Chainstage** has `hasCredentials` relationship with **Actor**.
 - Chainstage** has `hasOpKey` relationship with **OpKey**.
- Generalization:**
 - Product** is a subclass of **Thing** (indicated by a dashed line).
 - Chainstage** is a subclass of **Stage Enumeration** (indicated by a dashed line).
 - SupplyChain** is a subclass of **Stage Enumeration** (indicated by a dashed line).
 - Actor** is a subclass of **Consumer** (indicated by a dashed line).
 - SupplyChain Instance** is a subclass of **SupplyChain** (indicated by a dashed line).

2018年12月15日



51
Στυλιανός Τσαρσιταλίδης – Ανίχνευση και διάχυση πληροφορίας σε εφοδιαστικές αλυσίδες.



Σχήμα 22: Οντολογία Μέρος 4^ο: Συνδεδεμένα δεδομένα για χωροχρόνο

4.2.3 Σημασιολογική αξιολόγηση της οντολογίας

Προκειμένου να αξιολογηθεί η σημασιολογική δομή της οντολογίας, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται στο [25] που ελέγχει διάφορα χαρακτηριστικά. Εκτός από τη συντακτική και τη λογική συνοχή (που ελέγχθηκε μέσω του Protégé και των αντίστοιχων reasoners), εξετάστηκε μια σειρά προτεινόμενων μετρήσεων. Συνολικά, έχουμε 177 αξιώματα δήλωσης και 435 λογικά αξιώματα, συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών αναφορών σε οντολογίες, 55 κλάσεις, 67 object properties και 42 data properties.

Το **attribute richness (AR)**, σύμφωνα με τα [40] και [41], είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των attributes σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των κλάσεων και **αποτελεί ένδειξη για το πόσο πλούσια είναι η περιγραφή της κλάσης**, και γενικά **ένας υψηλότερος αριθμός δείχνει περισσότερες συμπιεσμένες πληροφορίες**, με αποτέλεσμα μια χαμηλότερη ανάγκη αριθμού τριπλετών για το ίδιο ποσό γνώσης. Στην περίπτωση μας, **το AR που προκύπτει είναι 1,99**, το οποίο είναι σημαντικά υψηλότερο από την αντίστοιχη μετρική τιμή AR (0,8156) στο [25]. Για τη μετρική του Relationship Richness RR, όπως αναφέρεται στο [41] να είναι ο λόγος των σχέσεων (attributes δηλαδή) χωρίς την έννοια της διαδοχής (non-inheritance relationships) προς τις συνολικές σχέσεις, η τιμή στην περίπτωση μας είναι 0,71, σε σύγκριση με 0,3993 στο [25]. Σύμφωνα με το [41] υψηλότεροι αριθμοί σε αυτή τη μέτρηση υποδηλώνουν γενικά μια ποικιλομορφία στις σχέσεις και την αυξημένη τάξη των λεπτομερειών όπως αναφέρεται στο [25]. Η πολυπλοκότητα της περιγραφικής λογικής της οντολογίας είναι SROIN (D).

Όσον αφορά την προσαρμοστικότητα, δεδομένου ότι η οντολογία δεν σχεδιάστηκε με συγκεκριμένη αλυσίδα εφοδιασμού, βοήθησε να επικεντρωθεί σε αφηρημένες και γενικές έννοιες που της επιτρέπουν να επαναχρησιμοποιείται εύκολα σε περαιτέρω πλαίσια. Γενικότερα, η παρούσα οντολογία αποσκοπεί να περιγράψει με ευελιξία τις σχέσεις μεταξύ των σταδίων σε μια αλυσίδα εφοδιασμού, δίνοντας τη δυνατότητα,

αφενός, να δηλωθούν μαζικά σημεία (μέσω της εισαγωγής συστάδων) ενώ αφετέρου να είναι σε θέση να καθορίζει διάφορους δεσμούς μεταξύ των σταδίων. Επιπλέον, επιτρέπει την περιγραφή των εξαρτήσεων μεταξύ διαφορετικά διαχειριζόμενων στιγμιοτύπων εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή αλυσίδων εφοδιασμού που έχουν ξεχωριστά οργανωτικά όρια. Σε κάθε στάδιο, οι εισροές μπορούν να αναφέρονται σε προϊόντα της ίδιας ή διαφορετικής αλυσίδας εφοδιασμού που συμμετέχουν στο ολοκληρωμένο οικοσύστημα του AffectUs, αλλά χωρίς να χρειάζεται να συμπεριληφθούν τα συγκεκριμένα δεδομένα σάρωσης που ενδέχεται να περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες που προέρχονται από το σύστημα διαχείρισης IoT.

4.3 Υλοποίηση σημασιολογικής υποδομής

Το σημασιολογικό πλαίσιο είναι χτισμένο σε τρία μέτωπα: Η Βάση Γνώσης που χρησιμοποιεί την οντολογία OWL για συμπεράσματα και συλλογισμούς, την γλώσσα επρωτήσεων SPARQL 1.1 και την χρήση συνεπαγωγής στα ερωτήματα, και την ενσωμάτωση των κανόνων της οντολογίας, στους κανόνες στην πλευρά του Node-Red με την σύνδεσή τους.

Το σημασιολογικό πλαίσιο στην περίπτωση μας γίνεται με διαφορετική προσέγγιση από τις συνήθεις εφαρμογές σημασιολογικού ιστού. Η αρχιτεκτονική κατ'αρχάς είναι εν γένει υπηρεσιοστρεφής, επομένως η KB είναι στην πραγματικότητα Υπηρεσία Σημασιολογικού Ιστού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το Apache Jena Fuseki Server, το οποίο διακομίζει δεδομένα RDF πάνω από το HTTP. Το Fuseki χρησιμοποιεί τη SPARQL για να γνωστοποιήσει τη γνώση σε μορφή RDF. Κανονικά, το Fuseki είναι μόνο ένα RDF triple store, χωρίς δυνατότητα συλλογιστικής σε σχέση με τα δεδομένα, ωστόσο η υποστήριξη συμπερασματολογίας που παρέχει το JENA framework είναι διαθέσιμη για χρήση από διακομιστή. Για να το κάνουμε αυτό, καθορίζουμε τις Jena κλάσεις που θα φορτώσει το Fuseki για να χρησιμοποιήσει στη διαδικασία συμπερασματολογίας, μαζί με τις παραμέτρους τους.

Η χρήση εξωτερικής υπηρεσίας για συμπερασματολογία απορρίφθηκε, διότι δεν προσέφερε κάτι παραπάνω στην όλη διαδικασία, και επειδή με τις τεχνικές που αναφέρονται στις παρακάτω υποενότητες, είναι δυνατή μια πιο λεπτομερής μορφοποίηση ολόκληρης της υπηρεσίας, για τις ανάγκες του συστήματος AffectUs.

4.3.1 Διαμόρφωση του Fuseki ως υπηρεσία σημασιολογικού ιστού

Όσον αφορά την Fuseki ως βάση γνώσης, υπάρχουν οι ακόλουθες απαιτήσεις:

- Απομόνωση της οντολογίας από τις τριπλέτες των individuals που έχουν αποθηκευτεί στη KB από τα UI / Flows. Κατά μία έννοια σημαίνει απομόνωση μεταδεδομένων από δεδομένα. Οι ορολογικές δηλώσεις είναι ασφαλείς και αμετάβλητες, ενώ η ολική γνώση ενημερώνεται, με αρκετά αργούς ρυθμούς από την πλευρά των clients, αλλά συνεχώς.
- Πρέπει να εξαγάγουμε τη γνώση που είναι κρυμμένη στις μεταξύ των επιχειρησιακών καθέτων συνδέσεις, για όλες τις οντότητες του συστήματος. Με αυτή τη λειτουργικότητα είμαστε σε θέση να εξαγάγουμε γεγονότα που είναι άγνωστα πριν από την εισαγωγή των τριπλετών. Πρόκειται για ένα πολύ περίπλοκο πρόβλημα, γι' αυτό και χρησιμοποιούμε την Οντολογία ως ένα σύνολο πολύπλοκων κανόνων για τη Λογική / Συμπερασματολογία στις τριπλέτες των individuals.
- Για να υποστηρίξουμε την εξαγωγή γνώσης χρησιμοποιώντας σημασιολογικά ερωτήματα, χρειαζόμαστε μια δομημένη γλώσσα που να ταιριάζει με το προφίλ. Η SPARQL δεν είναι ικανή από προεπιλογή, καθώς είναι ως επί το πλείστον μια γλώσσα επρωτήσεων, και ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ωστόσο, καθορίζοντας ένα πιο περίπλοκο καθεστώς συνεπαγωγής στα ερωτήματα SPARQL, βασισμένο στην αιτιολογία της οντολογίας μας, σχετικά απλά ερωτήματα μπορούν να επιστρέψουν υπονοούμενες γνώσεις που δεν ζητούν επί τούτου οι χρήστες ή τα ερωτήματα του ενδιαμέσου στρώματος.

Ο διακομιστής Fuseki δεν απαιτεί γραφή (hardcoding) κώδικα Java, αν και η άρτια γνώση της είναι αναγκαία για την κατανόηση της λειτουργίας του πλαισίου JENA. Η υλοποίηση του διακομιστή στηρίζεται σε ένα υποσύστημα που χρησιμοποιεί τις κλάσεις Java του Jena για να «συγκεντρώσει» τις απαιτούμενες «Υπηρεσίες». Αυτό το υποσύστημα είναι γνωστό ως Jena Assembler. Για να δοθούν οδηγίες σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας των απαιτούμενων υπηρεσιών, ο Assembler χρησιμοποιεί τη μορφή RDF, ως διαμόρφωση. Σε αυτό το αρχείο διαμόρφωσης RDF, οι τριπλέτες δρουν ως

οδηγοί στον assembler για το τι πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μιας υπηρεσίας και ποιές παράμετροι χρειάζονται για την τέλεση εσωτερικών λειτουργιών. Αυτό είναι, κατά μία έννοια, το ισοδύναμο του dependency injection στο σημασιολογικό ιστο. Οι Assemblers είναι ένας γενικός μηχανισμός περιγραφής για το χτίσιμο κλάσεων. Το Jena παρέχει την απαιτούμενη «βάση δεδομένων τριπλετών», ή TDB εν συντομία, για να κάνει CRUD πράξεις σε τριπλέτες χρησιμοποιώντας τα πρότυπα SPARQL 1.1 Request and Update. Με το πλαίσιο της Jena έχουμε επίσης πρόσβαση στη δημιουργία reasoner, ώστε να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα εφαρμόζοντας ένα διαφορετικό καθεστώς συνεπαγωγής στα ερωτήματα. Για να οικοδομήσουμε το καθεστώς συνεπαγωγής που ταιριάζει στις ανάγκες μας, καθορίζουμε τον reasoner και το μοντέλο συμπερασματολογίας που ενσωματώνει. Ουσιαστικά το "περιεχόμενο" που χρησιμοποιεί το μοντέλο συμπερασμάτων δεν είναι άλλο από την οντολογία OWL που δημιουργήθηκε, αλλά ο τρόπος που δρα επάνω της εξαρτάται από τη δομή και τους εσωτερικούς κανόνες του. Ο reasoner είναι βασισμένος σε κανόνες και η κατασκευή των εσωτερικών κανόνων εξετάζεται στην επόμενη υποενότητα. Η συλλογή των γεγονότων με τα οποία ο reasoner επιχειρεί να συλλογιστεί, αποκαλείται "Βασικό Μοντέλο" και δεν είναι άλλο από το γράφημα των individuals, δηλαδή την TDB. Έχοντας εξετάσει όλα τα παραπάνω έχουμε δημιουργήσει ένα αρχείο ρυθμίσεων Fuseki με τις τριπλέτες που επιτρέπουν την απαιτούμενη λειτουργικότητα. Τα λεξιλόγια που χρησιμοποιούνται για ένα τέτοιο αρχείο διαμόρφωσης, εκτός από τα κοινά prefixes rdf και rdfs, είναι το ja για το Jena Assembler, το tdb για την Tripple Database και το fuseki.

Έπομένως, **η οντολογία είναι η ορολογική συνιστώσα ή το Tbox**, ενώ **τα δεδομένα που προστίθενται στη KB**, μέσω του SPARQL 1.1, **είναι η κατηγορική συνιστώσα ή το Abox**. Η μορφή που χρησιμοποιείται γενικά για τις τριπλέτες RDF είναι η "σύνταξη turtle" ή TTL που είναι η πιο κοινή, και πιο εύκολο να διαβαστεί από το κανονικό RDF / XML. Να σημειωθεί επίσης πως η σύνταξη της SPARQL βασίζεται στο TTL.

```

1  @prefix :      <http://base/#> .
2  @prefix tdb:   <http://jena.hpl.hp.com/2008/tdb#> .
3  @prefix rdf:   <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
4  @prefix ja:    <http://jena.hpl.hp.com/2005/11/Assembler#> .
5  @prefix rdfs:  <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
6  @prefix fuseki: <http://jena.apache.org/fuseki#> .
7
8  :service_tdb_all a          fuseki:Service ;
9      rdfs:label              "TDB affectus" ;
10     fuseki:dataset           :dataset_on_steroids;
11     fuseki:name               "affectus" ;
12     fuseki:serviceQuery      "query" , "sparql" ;
13     fuseki:serviceReadGraphStore "get" ;
14     fuseki:serviceReadWriteGraphStore
15         "data" ;
16     fuseki:serviceUpdate      "update" ;
17     fuseki:serviceUpload      "upload" ;
18
19
20 #Dataset with Jena Rules Reasoner only.
21 :dataset_on_steroids a ja:RDFDataset ;
22     ja:defaultGraph      <#model_inf2> ;
23
24
25 <#model_inf2> a ja:InfModel ;
26     ja:baseModel <#graph> ;
27     #Reference to ontology file.
28     ja:content [ ja:externalContent <file:///fuseki/databases/model.ttl> ] ;
29     #Reference to rules file.
30     ja:reasoner [ ja:reasonerURL <http://jena.hpl.hp.com/2003/GenericRuleReasoner>;
31         ja:rulesFrom <file:///fuseki/databases/all_rules.ttl>;
32     ] .
33
34 <#graph> rdf:type tdb:GraphTDB ;
35     tdb:dataset :tdb_dataset_readwrite .
36
37
38
39 :tdb_dataset_readwrite
40     a          tdb:DatasetTDB ;
41     tdb:location "/fuseki/databases/affectus" ;
42
43 ## -----
44
45
46 :service_ont a          fuseki:Service ;
47     rdfs:label          "affectus ontology";
48     fuseki:name          "ontology";
49     fuseki:serviceQuery  "query" , "sparql" ;
50     fuseki:serviceReadGraphStore "get" ;
51     fuseki:dataset       :affectus_ontology;
52
53
54
55 :affectus_ontology a ja:RDFDataset ;
56     rdfs:label "Ontology" ;
57     ja:defaultGraph
58     [ rdfs:label "model.ttl";
59     a ja:MemoryModel ;
60     ja:content [ja:externalContent <file:///fuseki/databases/model.ttl> ]
61     ];
62

```

Εικόνα 1: Fuseki Server Configuration (RDF turtle)

Η υπηρεσία που δημιουργούμε έχει διαφορετικό endpoint για κάθε λειτουργία. Τα ερωτήματα γίνονται στο '/query' και ενημερώνονται στο '/update'. Υπάρχουν επίσης κάποιες άλλες υπηρεσίες διαθέσιμες για διαχείριση μέσω του γραφικού περιβάλλοντος του διακομιστή Fuseki, όπως η μεταφόρτωση ενός συνόλου δεδομένων. Τέλος η οντολογία είναι απομονωμένη και διαθέσιμη για επερωτήσεις, και το endpoint '/ontology' στο οποίο διατίθεται, δέχεται μόνο ανάγνωση, και είναι χρήσιμη και ως ένας τύπος περιγραφής του service.

4.3.2 Σύνθετο καθεστώς συνεπαγωγής OWL 2 και κανόνων AffectUs

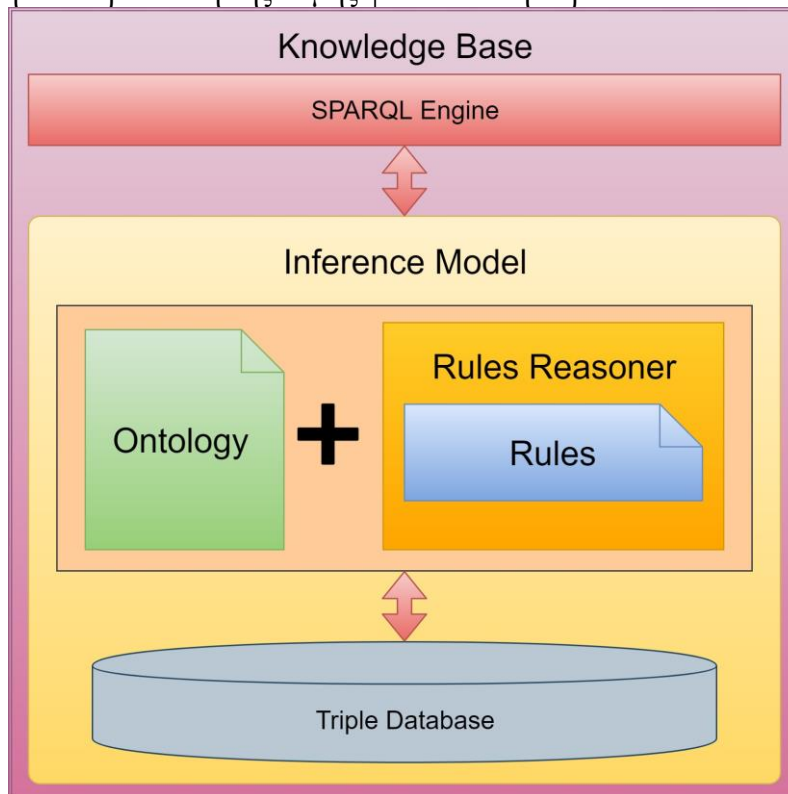
Στο SPARQL 1.1 υπάρχει η έννοια των καθεστώτων συνεπαγωγής. Ένα καθεστώς συνεπαγωγής καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μια σχέση συνεπαγωγής, όπως η συνεπαγωγή κλάσεων του RDF Schema, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαναπροσδιορίσει την αξιολόγηση των βασικών μοτίβων των γράφων από ένα ερώτημα SPARQL, χρησιμοποιώντας το σημείο επέκτασης της SPARQL για βασική αντιστοίχιση προτύπων γραφημάτων.[42] Από προεπιλογή, το SPARQL 1.1 ορίζει την βασική αξιολόγηση ενός βασικού σχεδίου γραφήματος μέσω της αντιστοίχισης υπογραφημάτων (subgraph matching). Αυτό σημαίνει ότι όταν εκδοθεί ένα ερώτημα, επιστρέφεται μόνο ο υπογράφος που αντιστοιχεί αυστηρά στο ερώτημα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, όταν χρησιμοποιούμε το SPARQL, το χρησιμοποιούμε βασισμένο σε ένα καθεστώς συνεπαγωγής, έτσι ώστε να έχουμε πλουσιότερα και καλύτερα δομημένα αποτελέσματα, τα οποία παράγονται από μοντέλα συμπερασματολογίας. Χρησιμοποιούμε την οντολογία μας με ένα custom composite entailment regime, το οποίο συδυάζει κανόνες της OWL 2, μαζί με μερικούς καίριους κανόνες του συστήματος AffectUs, για να επιτύχουμε το στόχο της εξεύρεσης περισσότερης γνώσης σε κάθε ερώτημα. Η διαμόρφωση που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη υποενότητα επιτρέπει αυτό το καθεστώς, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμη η λειτουργικότητα σημασιολογικών ερωτημάτων για τις ροές στο ενδιάμεσο στρώμα του Node-RED.

4.3.3 Χτίσιμο της συνεπαγωγής της Βάσης Γνώσης

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη δημιουργία του reasoner είναι η εξής:

- Δημιουργία ενός GraphTDB instance, με λειτουργίες ανάγνωσης και εγγραφής. Αυτό αποτελεί τόσο τον αποθηκευτικό χώρο, όσο και τη διαχείριση της δυαδικής μορφής των τριπλετών. Η μοντελοποίηση του εσωτερικά είναι ένας γράφος, και αποτελεί το Abox (βλ. Ενότητα 4.3.1).
- Δημιουργία ενός reasoner. Η κλάση που χρησιμοποιείται είναι η GenericRuleReasoner, και αρχικοποιείται με τη εισαγωγή των κανόνων συνεπαγωγής, οι οποίοι προέρχονται από εξωτερικό αρχείο. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της παρούσας εργασίας είναι δύο ειδών:
 - ο Αξιόματα του RDFS και της OWL, και οι περεταίρω ιδιότητες τους.
 - ο Κανόνες του συστήματος AffectUs, οι οποίοι δεν γίνεται να αποτυπωθούν στην οντολογία, αλλά χρειάζονται τις ιδιότητες του RDFS και της OWL να θεσπίζονται στον γράφο που προκύπτει από την οντολογία, προκειμένου να λειτουργήσουν.Ο Συνδυασμός τους είναι αναγκαίος για τη σωστή λειτουργία της υπηρεσίας.
- Δημιουργία ενός InfModel instance, το οποίο περικλύει τη βάση γνώσης. Αυτό το αντικείμενο είναι το RDFDataset το οποίο διακομίζεται, με τη γλώσσα επερωτήσεων SPARQL ως διεπαφή. Για την κατασκευή του χρειάζεται ένα baseModel, το οποίο αποτελεί τον βασικό γράφο πάνω στον οποίο γίνεται το

inference, το μοντέλο γράφου συνεπαγωγής, δηλαδή ο γράφος με τις γενικές αλήθειες που χρησιμοποιούνται, και το αντικείμενο του reasoner. Μια γραφική αναπαράσταση της δομής φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2: Εσωτερική Δομή της Βάσης Γνώσης

Κυριότεροι κανόνες συνεπαγωγής, που ανήκουν καθαρά στο σύστημα AffectUs, γραμμένοι σε Jena rules notation (που είναι βασισμένο στο συντακτικό RDF turtle), είναι:

```

#Find a producer that is part of Supply Chain.
[ruleProduces: ( ?producer :produces ?product )
  ( ?chainStage :hasOutputs ?product )
  ( ?chainStage :belongsTo ?supplyChainInstance )
  -> ( ?producer :isPartOf ?supplyChainInstance )
]

#Find a consumer of a Thing.
[ruleConsumes:
  ( ?product a :Product )
  ( ?consumer :consumes ?product )
  ( ?thing a :Thng )
  ( ?thing a ?product )
  -> ( ?consumer :consumes ?thing )
]

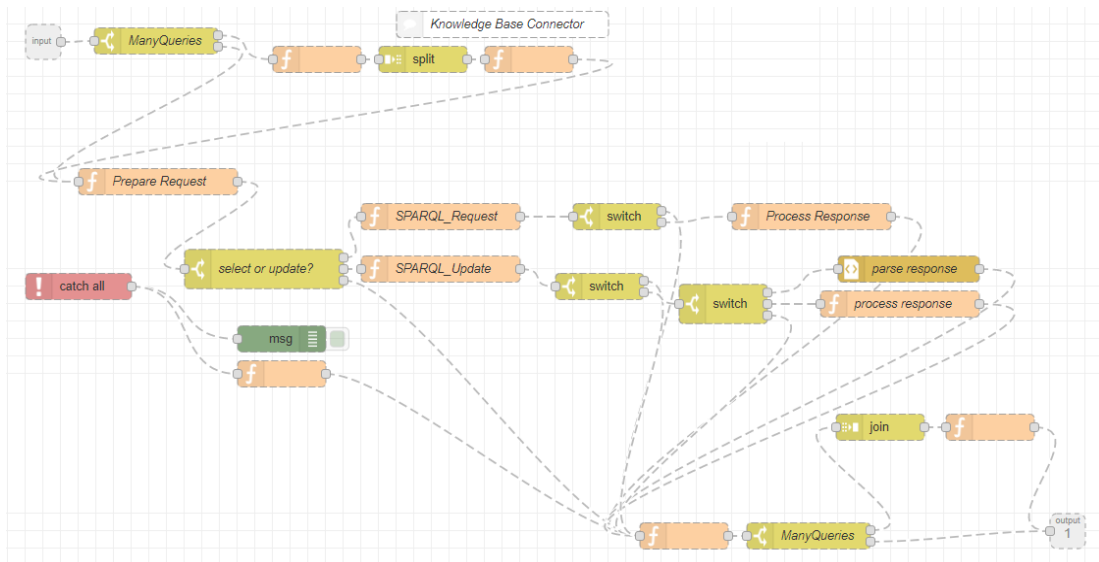
#Connect the entire supply chain.
[ruleBelongs:
  ( ?stageA :belongsTo ?supplyChainInstance )
  ( ?stageA :isConnectedToStage ?stageB )
  -> ( ?stageB :belongsTo ?supplyChainInstance )
]
  
```

Στα παραπάνω παραδείγματα, το default namespace (:) είναι το λεξιλόγιο της οντολογίας. Η οντολογία παίζει βασικό ρόλο στη δημιουργία της μηχανής συνεπαγωγής, και οι περαιτέρω κανόνες που χρειάζονται, χρησιμοποιούν ήδη τα αποτελέσματα της συνεπαγωγής μέσω της οντολογίας και των κανόνων OWL. Οι πρόσθετοι κανόνες χρησιμοποιούνται λόγω της αδυναμίας περιγραφής τρόπων ενέργειας πάνω σε ήδη υπάρχουσες συνδέσεις χρησιμοποιώντας μόνο OWL, καθώς οι περιγραφή των εννοιών μπορεί να εκφράσει μόνο τα αποτελέσματα μιας λειτουργίας, και σύνολα οντοτήτων, και όχι τον τρόπο με τον οποίο αποκτώνται ή γίνεται η επεξεργασία τους.

4.3.4 Ολοκλήρωση με το Node-Red

Το Node-Red είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον δημιουργίας ροών εργασίας, με χρήση ενός γραφικού πλαισίου και βασίζεται στο Node.js. Για τις διάφορες λειτουργίες χρησιμοποιούνται κόμβοι, οι οποίοι αποτελούν λειτουργικές μονάδες από κώδικα JavaScript (το πρότυπο γλώσσας που υποστηρίζεται εξαρτάται καθαρά από το Node.js runtime), είτε έτοιμο και παραμετροποιείται από τον προγραμματιστή, είτε δημιουργημένο εξ'ολοκλήρου από τον προγραμματιστή ως κόμβος συνάρτησης. Το Node-Red είναι το πλαίσιο πάνω στο οποίο δημιουργήθηκε το ενδιάμεσο στρώμα. Η λογική του είναι ασύγχρονη (βασισμένη σε asynchronous callbacks του Node.js), και η επικοινωνία μεταξύ κόμβων, και στην προκειμένη περίπτωση ροών και λειτουργικών μονάδων, είναι βασισμένη σε μηνύματα JSON. Κύριο πλεονέκτημα του Node-Red είναι η άμεση επεκτασιμότητα και το γρήγορο deployment αλλαγών, μαζί με όλα τα πλεονεκτήματα του Node.js, όπως ασύγχρονη λογική, μικρό και εύκολα διαχειρίσιμο μέγεθος λειτουργικών μονάδων και χρήση τελευταίων προτύπων JavaScript για συναρτησιακό προγραμματισμό, pipeline εμφολευμένων callbacks με χρήση promises κ.λπ. Το ενδιάμεσο στρώμα και τα UIs είναι υλοποιημένα σε Node-Red και παρουσιάζονται στις παρακάτω ενότητες.

Για να καταφέρουμε τη σημασιολογική επικοινωνία μεταξύ των ροών και της Υπηρεσίας Σημασιολογικού Ιστού, δημιουργούμε ένα σύνδεσμο που επιτρέπει την αναζήτηση και επεξεργασία της KB κατά βούληση. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κόμβος Node-Red που είναι άμεσα διαθέσιμος για να το επιτύχει αυτό στο επίπεδο αναγκών του συστήματος, ωστόσο δημιουργήθηκε μια (υπο)ροή, που στη συνέχεια ενσωματώνεται στις ροές που χρειάζονται σημασιολογική επικοινωνία. Διαμορφώνουμε μια σύνδεση SPARQL μέσω HTTP μέσα στους κόμβους subflow για να χειριστούμε το SPARQL 1.1 Query και την SPARQL 1.1 Update. Η διατύπωση αυτών των ερωτημάτων γίνεται απευθείας από το JSON που διακινείται στις ροές, και βοηθητική υπήρξε η βιβλιοθήκη SPARQL.js στη διαδικασία parsing. Στην περίπτωση query, η απόκριση είναι JSON, με τις μεταβλητές που ορίζονται στο ερώτημα SPARQL ως παραμέτρους/κλειδιά, και στην περίπτωση του update η απάντηση είναι μόνο "επιτυχία" ή "αποτυχία" και ο λόγος για αυτήν.



Εικόνα 3: Σύνδεση Node-Red και βάσης γνώσης

Υπάρχουν βασικές διαφορές μεταξύ της αίτησης και της ενημέρωσης, όχι μόνο στη σύνταξη, αλλά και του τρόπου με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία (SPARQL μέσω HTTP GET και POST αντίστοιχα), και είναι αναγκαίοι οι συγκεκριμένοι κόμβοι συνάρτησης, για να γίνεται προσαρμογή σε κάθε περίπτωση. Είναι επίσης συνήθης πρακτική να υπάρχουν διαφορετικά τελικά σημεία στην πλευρά της KB για κάθε περίπτωση. Εκτός από τη διάκριση του τύπου της διεξαχθείσας λειτουργίας, υποστηρίζεται ταυτόχρονα και η εκτέλεση μιας ακολουθίας ερωτημάτων SPARQL. Σε κάθε περίπτωση χρήσης των Σημασιολογικών Ερωτημάτων, υπάρχουν στιγμές που πρέπει να εφαρμοστούν περαιτέρω κανόνες που είναι συγκεκριμένες ροές και έχουν να κάνουν με την ανάλυση των σχετικών πληροφοριών προτού υποβάλουν το ερώτημα.

4.3.5 Εναλλακτικοί κανόνες και έλεγχοι ακεραιότητας

Ενώ ο εξυπηρετητής fuseki πραγματοποιεί τους δικούς του ελέγχους ακεραιότητας με βάση την οντολογία και τους κανόνες, υπάρχουν κανόνες που πρέπει να επιβληθούν στην πλευρά Node-RED. Σε κάθε περίπτωση χρήσης των Σημασιολογικών Ερωτημάτων, υπάρχουν στιγμές που πρέπει να εφαρμοστούν περαιτέρω κανόνες που είναι συγκεκριμένα για κάθε ροή. Ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνεται η απάντηση SPARQL, δηλαδή το JSON-LD, είναι για να μπορούμε εύκολα να το επεξεργαστούμε περαιτέρω, χωρίς να προσθέσουμε φόρτο στη βάση γνώσης. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε το JSON-Schema για να φιλτράρουμε τη ροή δεδομένων ή για να επιβληθούν κανόνες βασισμένοι σε ερωτήσεις από την KB. Οι πρόσθετοι κανόνες και οι έλεγχοι ακεραιότητας είναι οι μόνες σημασιολογικές λογικές που εφαρμόζονται στο Node-Red, ενώ οι υπόλοιποι γίνονται από το reasoner, στην πλευρά της KB.

Ένα παράδειγμα επικύρωσης από την πλευρά του Node-Red είναι το Schema για τα Event Condition States που εισάγονται από τον εξωτερικό προγραμματιστή:


```

var statesSchema = {
  "id": "/EventConditionState",
  "type": "array",
  "minItems": 1,
  "items": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "stateName": {"type": "string"},
      "stateParams": {
        "type": "array",
        "minItems": 1,
        "items": {
          "type": "object",
          "properties": {
            "clusterParameterName": {"type": "string"},
            "min": {"type": "number"},
            "max": {"type": "number"},
            "average": {"type": "number"}
          },
          "required": ["clusterParameterName", "min", "max"]
        }
      }
    },
    "required": ["stateName", "stateParams"]
  }
}

```

Εικόνα 4: Schema για την ακεραιότητα του Event Condition State

4.4 Υλοποίηση ενδιάμεσου στρώματος

Το ενδιάμεσο στρώμα αποτελείται από ροές εργασίας Node-Red, και σκοπός τους είναι ο συντονισμός των διαδικασιών, ώστε να γίνεται η επεξεργασία των εισερχόμενων δεδομένων από την IoT πλατφόρμα και των εξωτερικών συμβάντων, ώστε να παράγονται μηνύματα ειδοποιήσεων που στέλνονται από τον δρομολογητή συμβάντων. Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται οι τρεις βασικές ροές και σημαντικά δομικά τους στοιχεία που επιτυγχάνουν την ζητούμενη λειτουργία.

4.4.1 Συσχέτιση εισερχόμενων συμβάντων με στάδια αλυσίδας

Καθώς ροές διαφορετικών συμβάντων μπαίνουν στο σύστημα, είναι αναγκαίος ο εμπλουτισμός των δεδομένων με πεδία αναγκαία για περαιτέρω επεξεργασία. Ο βασικός ενεργοποιητής των διαδικασιών επεξεργασίας είναι η συσχέτιση των συμβάντων αλυσίδας από σαρώσεις, με το στάδιο στο οποίο βρίσκονται, στο αντίστοιχο μοντέλο αλυσίδας. Η διαδικασία αυτή χωρίζεται σε δύο ακολουθίες, την εύρεση των σταδίων από τα μοντέλα αλυσίδων στη βάση γνώσης για τα προϊόντα που διακινούνται, και τη χρήση των προσωρινών αποτελεσμάτων για συσχέτιση με τις σαρώσεις στην εισροή με βάση τη γεωγραφική εγγύτητα.

Η εύρεση των σταδίων γίνεται με κλήση προς τη βάση δεδομένων για την εύρεση των προϊόντων για τα οποία πρέπει να γίνεται η συσχέτιση. Στη συνέχεια για κάθε προϊόν, γίνεται κλήση προς τη βάση γνώσης για την απόκτηση μιας λίστας από στάδια αλυσίδας, και τις γεωγραφικές ιδιότητές τους.

Είναι αξιοσημείωτη η δημιουργία του σημασιολογικού ερωτήματος σε αυτή την περίπτωση. Η γενικότερη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι η χρήση του connector που παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.3.4, και των template literals του πρότυπου ECMAScript 6 [43] για την ευκολότερη και κυρίως δυναμική δημιουργία ερωτημάτων SPARQL [44]. Στην περίπτωση αυτή για παράδειγμα, το SPARQL query template αυτό είναι:

```
SELECT ?Chainstage ?geojson ?chainType ?gpsSensitivity
WHERE{
  ?actor :produces i:${products[i].product_id}.
  ?actor :isPartOf ?SupplyChainInstance .
  ?Chainstage :belongsTo ?SupplyChainInstance .
  ?Chainstage :isOfType ?chainType .
  OPTIONAL{
    ?Chainstage :isLocatedAt ?location .
    ?location :hasValue ?geojson .
  }
  OPTIONAL{ ?Chainstage :hasGPSSensitivity ?gpsSensitivity . }
```

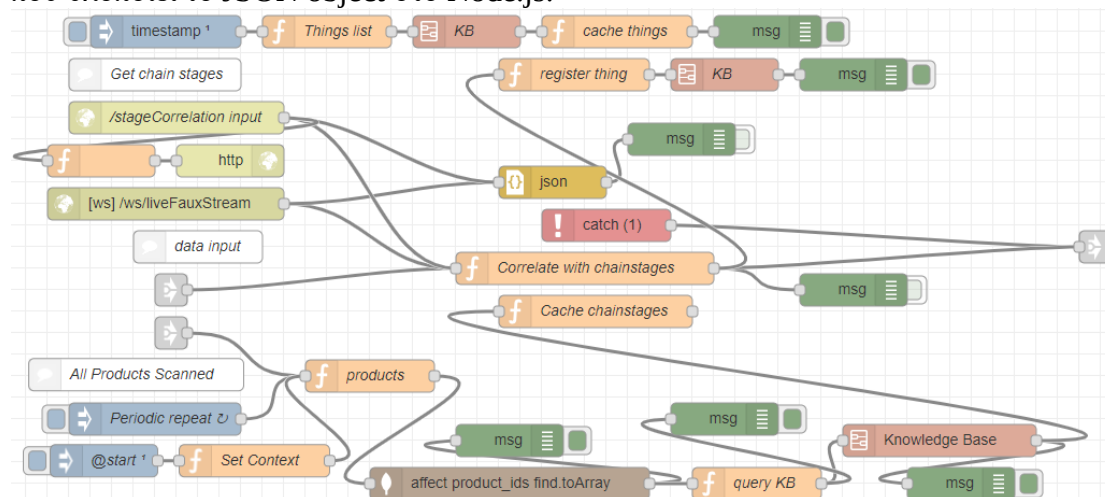
Να παρατηρηθεί ότι δεν είναι συνήθης η χρήση μεγάλων ερωτημάτων στο σύστημα λόγω του reasoning. Στην προκειμένη περίπτωση χρειάζονται αρκετά πεδία, μερικά από αυτά δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν, και γι'αυτό το συγκεκριμένο ερώτημα είναι μεσαίου, και όχι μικρού, μεγέθους. Τέλος, περαιτέρω προσθήκες στα ερωτήματα, όπως π.χ. τα prefixes γίνονται αυτόματα από τον connector της ενότητας 4.3.4.

Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται προσωρινά (caching), ώστε να χρησιμοποιούνται από τη ροή. Η ακολουθία αυτή δεν ενεργοποιείται συχνά, καθώς εαν δεν γίνουν προσθήκες νέων προϊόντων στο σύστημα, οι αλλαγές στα μοντέλα των εφοδιαστικών αλυσίδων γίνονται σε αραιά χρονικά διαστήματα.

Η συσχέτιση για κάθε σάρωση γίνεται με έλεγχο για τα κοντινότερα σημεία στη λίστα, και είτε βρίσκεται το σε ποιο στάδιο αντιστοιχεί η σάρωση, ή έχει ως αποτέλεσμα τον ορισμό ως μεταφερόμενου αντικειμένου (αν δεν υπάρχει αντιστοίχιση με κάποιο

συγκεκριμένο γεωγραφικό πλαίσιο σταδίου). Με βάση το αποτέλεσμα αυτής της ροής, συνεχίζεται η επεξεργασία για τον έλεγχο σταδίων.

Τέλος, στην προκειμένη περίπτωση γίνεται προσωρινή δήλωση των αντικειμένων και η συσχέτισή τους με το προϊόν τους, για πρόσβαση από τη βάση γνώσης. Να σημειωθεί ότι λόγω πιθανότητας επαναχρησιμοποίησης της ετικέτας ενός αντικειμένου μετά από σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, κυρίως για αναλώσιμα προϊόντα όπως π.χ. παγωτά, γίνεται διαγραφή της ετικέτας από το σύστημα. Επίσης ακολουθείται τεχνική caching, ώστε να είναι λιγότερες οι αναγκαίες επερωτήσεις προς τη βάση γνώσης. Για το caching και στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η δομή hashmap που υλοποιεί το JSON object στο Node.js.



Εικόνα 5: Συσχέτιση εισερχόμενων συμβάντων με στάδια αλυσίδας

Η πρόσβαση στη συγκεκριμένη υπηρεσία μέσω API (χρήση εξωτερικού εξοπλισμού σάρωσης) είναι η εξής:

- HTTP POST στο endpoint `/stageCorrelation`, ή
- Δημιουργία ενός WebSocket Stream το οποίο συνδέεται στον listener που υπάρχει στο endpoint `/ws/liveFauxStream`. Αυτή η περίπτωση συνιστάται όταν αναμένεται να υπάρχει συνεχής ροή.

Τα δεδομένα προς τα endpoints αυτά στέλνονται με την εξής δομή:

```
{
  "timestamp": <time_of_scan_or_event>,
  "location": <location in geoJSON>,
  "product_id": <product_id>,
  "thing_id": <thing_id>,
  <more fields>
}
```

Τα δεδομένα προωθούνται για περαιτέρω επεξεργασία στα επόμενα βήματα.

4.4.2 Έλεγχος σταδίων αλυσίδας για παράνομη κατάσταση

Έχοντας τα αποτελέσματα της προηγούμενης ροής, είναι αναγκαίος ο έλεγχος για παράνομες μεταβάσεις και καταστάσεις. Κατ'αρχάς γίνεται επερώτηση στη βάση δεδομένων για προηγούμενη σάρωση, ώστε να είναι ικανός να γίνει ο έλεγχος της μετάβασης του αντικειμένου σε σχέση με το αντίστοιχο μοντέλο της αλυσίδας. Στη συνέχεια γίνονται ερωτήματα στη βάση γνώσης για το αν το αντικείμενο βρίσκεται στο ίδιο στάδιο με αυτό του προηγούμενου scan, και αν χρειαστεί γίνονται επερωτήσεις για το αν έχουν παραληφθεί στάδια της αλυσίδας, ή αν έχει γίνει παράνομη αντιστροφή. Οι κανόνες που ακολουθούνται βασίζονται στις ιδιότητες εφοδιαστικών αλυσίδων που

αποτυπώνονται στην ενότητα 3.2. Τέλος, εάν βρεθεί πως έχει πλαστογραφηθεί ετικέτα, γίνεται επερώτηση στη βάση γνώσης με σκοπό την εύρεση του σημείου που ξεκίνησε. Εάν στην διαδικασία ελέγχων βρεθεί κάποια παράνομη κατάσταση, δημιουργούνται νέα συμβάντα, ανάλογα με το ποιός παράγοντας είναι λανθάνων:

```
{  
  "eventConditionName": "stage_change",  
  "statename": "skip",  
  "Details": {  
    "timestamp": value,  
    "thing_id": value,  
    "prev_stage": value,  
    "new_stage": value  
  }  
}
```

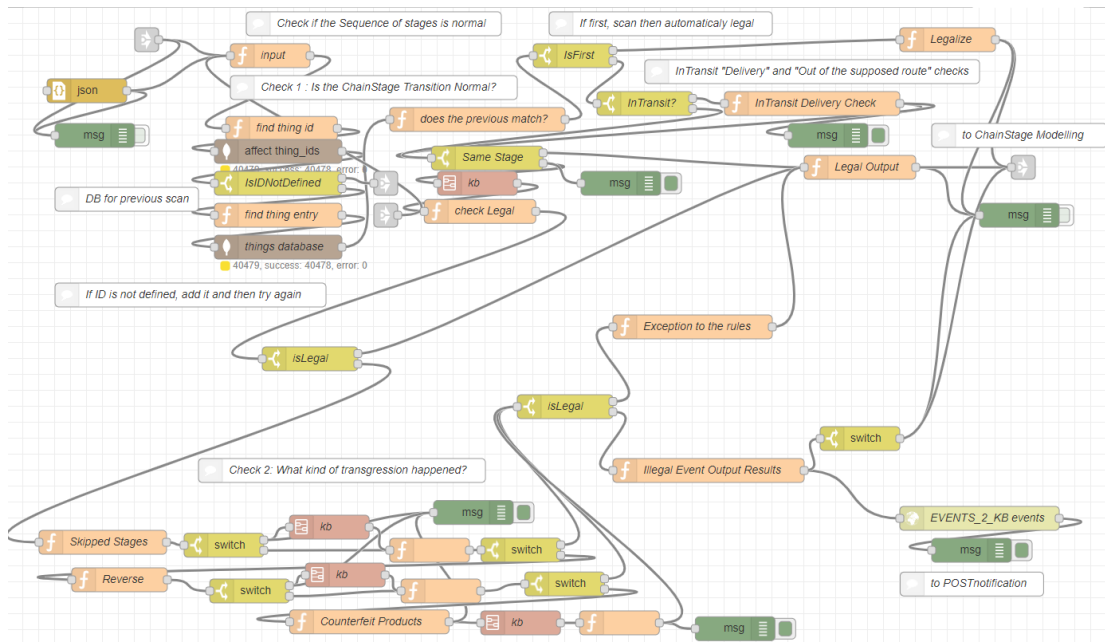
Το skip event δημιουργείται όταν ένα αντικείμενο παρακάμπτει ένα ή περισσότερα στάδια.

```
{  
  "eventConditionName": "stage_change",  
  "statename": "counterfeit",  
  "Details": {  
    "timestamp": value,  
    "thing_id": value,  
    "prev_stage": value,  
    "new_stage": value,  
    "possible_origin": value  
  }  
}
```

Το counterfeit event (πλαστογράφιση) είναι υποψήφιο για δημιουργία όταν το στάδιο είναι τύπου "Out of Production" ή αργότερου, αν οι φορείς που σχετίζονται με αυτό είναι διαφορετικοί από ό, τι ήταν ή ήταν απροσδιόριστοι, ενώ στην προηγούμενη ήταν ή όταν άλλαξε η θέση του ίδιου σταδίου. Αν το ίδιο Thing υπάρχει σε διαφορετικά στάδια, και αυτά είναι παράλληλα στο Supply Chain Instance (δεν μπορεί να είναι ένα επόμενο στάδιο του άλλου), τότε δημιουργείται το συμβάν πλαστογράφισης.

```
{  
  "eventConditionName": "stage_change",  
  "statename": "reverse",  
  "Details": {  
    "timestamp": value,  
    "thing_id": value,  
    "prev_stage": value,  
    "new_stage": value  
  }  
}
```

Το reverse event δημιουργείται όταν ένα Thing προσπαθεί να εισέλθει σε ένα στάδιο που έχει ήδη ολοκληρώσει. Αυτό μπορεί να επιτρέπεται μονάχα σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν ένα πράγμα επιστρέφεται στον αποστολέα λόγω δυσλειτουργίας ή λανθασμένης παραγγελίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως, είναι ύποπτο και πρέπει να ενημερώνονται οι ενδιαφερόμενοι φορείς.



Εικόνα 6: Έλεγχος αλυσίδας για παράνομες καταστάσεις

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η εξέταση των περιπτώσεων γίνεται με μια ακολουθία, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα βήματα. Αυτό οδηγεί σε παραπάνω ερωτήματα στην περίπτωση της πλαστογράφησης. Για να βρεθεί το ποιο είναι το πιθανό στάδιο όπου έγινε η πλαστογράφιση, ώστε οι φορείς να μπορούν να αναλάβουν ευκολότερα δράση, είναι η εύρεση του σημείου της διακλάδωσης στον γράφο της αλυσίδας, που οδηγεί στα δύο παράλληλα στάδια ταυτόχρονης εμφάνισης του αντικειμένου. Αυτό επιτυγχάνεται με σημασιολογικό ερώτημα που ψάχνει για κοινό σημείο σε “property paths”, προχωρώντας πίσω στα στάδια της αλυσίδας. Υπάρχουν και άλλες πιο περίπλοκες πειπτώσεις ερωτημάτων στην περίπτωση αυτή, αλλά η πιο βασική παρουσιάζεται εδώ ως template σημασιολογικού ερωτήματος:

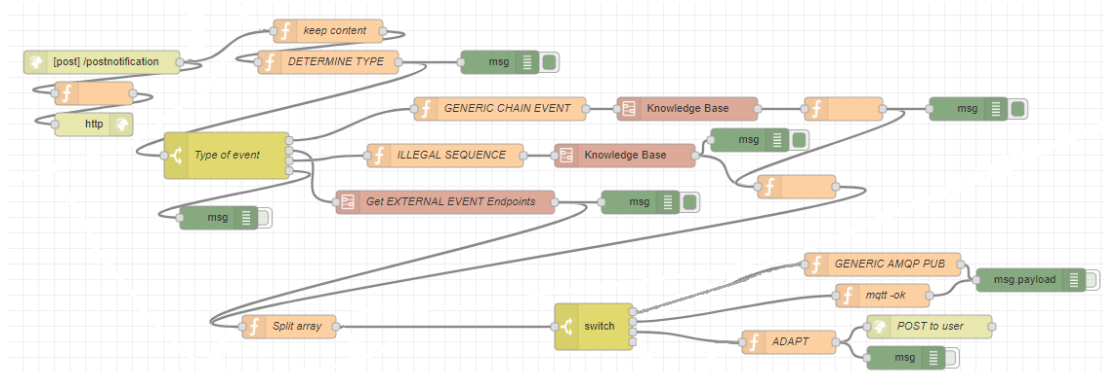
```
SELECT ?Common
WHERE{
    i:${msg.input.stage.name} :hasPrevious+ ?Common.
    i:${msg.input.last_scan.stage.name} :hasPrevious+ ?Common.
}
```

4.4.3 Δρομολόγηση ειδοποιήσεων

Η παρούσα ροή έχει την μοναδική αρμοδιότητα να στέλνει κάθε συμβάν που λαμβάνει, στους κατάλληλους φορείς, με τη χρήση των αποτυπωμένων στη βάση γνώσης εισόδων από τους προγραμματιστές εφαρμογών. Κάθε συμβάν κατατάσσεται σε μία από τις τρεις κατηγορίες που εξετάζονται παρακάτω, και με βάση τα αποτελέσματα γίνεται αποστολή με το κατάλληλο πρωτόκολλο (και μέθοδο) στους ενδιαφερόμενους φορείς. Οι κατηγορίες είναι:

- Γενικό συμβάν αλυσίδας.
- Παράνομη μετάβαση / κατάσταση. (βλ. προηγούμενη υποενότητα)
- Εξωτερικό συμβάν.

Ο δρομολογητής παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα, και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τρεις περιπτώσεις.



Εικόνα 7: Γενικότερη Δρομολόγηση Συμβάντων

- Η πρώτη περίπτωση είναι η δρομολόγηση ενός γενικού συμβάντος αλυσίδας, όπως η αργοπορημένη παράδοση αντικειμένου, που προέρχεται από τα αναλυτικά μοντέλα. Μέσω σημασιολογικής επικοινωνίας, η βάση γνώσης επιστρέφει τα endpoints των «παραγωγών» και των «καταναλωτών» του προϊόντος.
- Εάν ληφθεί μήνυμα από τον έλεγχο σταδίων, που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη υποενότητα, τότε γίνεται με ανάλογο τρόπο η δρομολόγηση του στους «παραγωγούς»/φορείς προϊόντος.

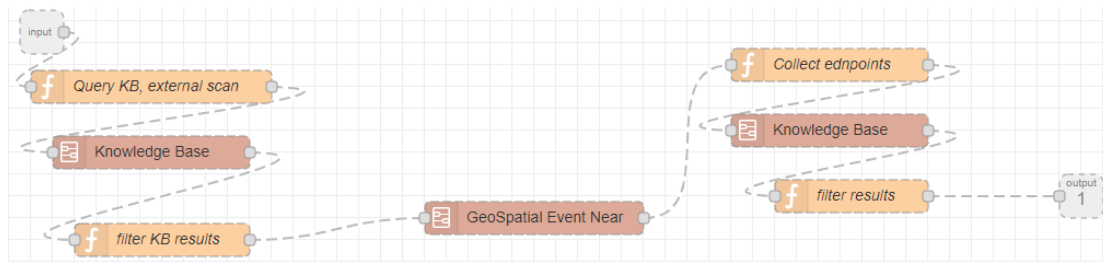
Η αίτηση για δρομολόγηση συμβάντων γίνεται μέσω του HTTP POST endpoint [/postnotification](#). Οι κλήσεις προς τη βάση γνώσης είναι απλές, για παράδειγμα η εύρεση του endpoint του καταναλωτή, ως template σημασιολογικού ερωτήματος SPARQL, είναι:

```
SELECT ?endpoint
WHERE{
  ?actor :consumes i:${ msg.payload.Details.product_id } ;
  :hasEndpoint ?endpoint.
}
```

Η περαιτέρω λογική έχει ήδη υλοποιηθεί από τις διασυνδέσεις μεταξύ εννοιών και τον συμπερασμό στην πλευρά της βάσης γνώσης!

4.4.3.1 Δρομολόγηση Εξωτερικών Συμβάντων (τρίτη περίπτωση δρομολόγησης)

Στην περίπτωση των εξωτερικών συμβάντων, η διαδικασία είναι λίγο πιο περίπλοκη, καθώς πρέπει να γίνει διπλός έλεγχος στη βάση γνώσης και επεξεργασία ιστορικών δεδομένων από την βάση δεδομένων, ανάμεσα στις επερωτήσεις προς τη KB. Πρώτα γίνεται έλεγχος για το ποια προϊόντα επηρεάζονται από αυτού του τύπου το συμβάν (π.χ. θερμοκρασία), και τα αποτελέσματα της βάσης γνώσης χρησιμοποιούνται για την εύρεση των αντικειμένων που ανήκουν στις επηρεασμένες κλάσεις προϊόντος, τα οποία βρίσκονται αρκετά κοντά στο επίκεντρο της εκδήλωσης ώστε να επηρεάζονται. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος στη βάση γνώσης για το ποιοι φορείς είναι παραγωγοί ή καταναλωτές των αντικειμένων, ώστε να βρεθούν τα endpoints στα οποία πρέπει να σταλεί το εξωτερικό συμβάν ως ειδοποίηση. Η διαδικασία φαίνεται στα παρακάτω subflows.

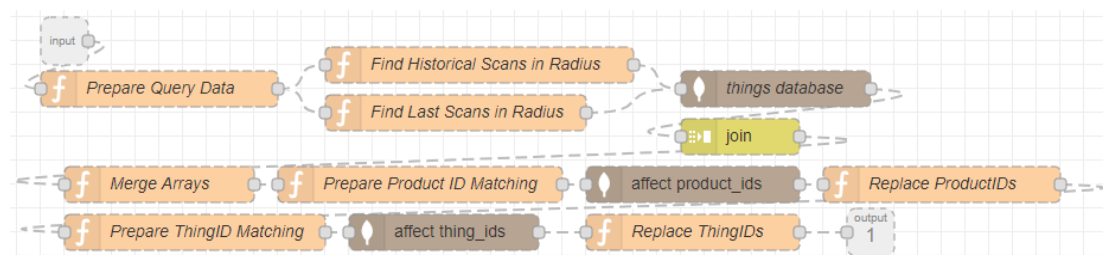


Εικόνα 8: Εύρεση endpoints για δρομολόγηση εξωτερικών συμβάντων (KB)

Στην πρώτη φάση βρίσκονται τα προϊόντα που επηρεάζονται από τον τύπο συμβάντος και η απόσταση από το επίκεντρο (αν υπάρχει) που θεωρείται ότι τα επηρεάζει (SPARQL query template):

```
SELECT ?product ?defaultVicinity
WHERE{
  ?product :isAffectedBy :${ corrected_eventConditionname } .
  OPTIONAL {
    :${ corrected_eventConditionname } :hasDefaultVicinity ?defaultVicinity .
  }
}
```

Η εύρεση των endpoints γίνεται με τρόπο παρόμοιο με παραπάνω, αλλά στην περίπτωση του καταναλωτή, το φιλτράρισμα γίνεται με βάση το αντικείμενο και όχι το προϊόν.



Εικόνα 9: Εύρεση της εγγύτητας αντικειμένων σε χώρους εξωτερικών συμβάντων (DoDB)

Στην πλευρά της βάσης δεδομένων χρησιμοποιούνται τα ποτελέσματα των ερωτημάτων της πρώτης φάσης, ώστε να να βρεθούν σαρώσεις από τα ιστορικά δεδομένα με βάση τον χρόνο (ιστορικά δεδομένα – μία ώρα πριν τη χρονοσφραγίδα και μία ώρα μετά) και την τοποθεσία (χρησιμοποιώντας το vicinity, αποτέλεσμα του σημασιολογικού ερωτήματος ή χρήση του default αν δεν έχει δηλωθεί). Στη συνέχεια γίνεται η λήψη περισσότερων πληροφοριών σχετικά με κάθε ένα αντικείμενο, ή/και το προϊόν στο οποίο ανήκει.

4.5 Υλοποίηση γραφικών διεπαφών εισαγωγής δεδομένων

Τα στοιχεία του UI αυτού του συστήματος αναλαμβάνουν το ρόλο της απλοποίησης των αλληλεπιδράσεων των προβλεπόμενων ρόλων όπως περιγράφηκε προηγουμένως (Φορέας Προϊόντος, Προγραμματιστής Εφαρμογών, Προγραμματιστής Analytics) με την προτεινόμενη πλατφόρμα, προκειμένου να δηλώσει και να προετοιμάσει ένα ελάχιστο σύνολο απαιτούμενων πληροφοριών από την πλευρά του . Αυτά τα UI περιγράφονται λεπτομερώς στις επόμενες υποενότητες μαζί με τη λειτουργικότητά τους και τη σχέση τους με τις καθορισμένες περιπτώσεις χρήσης του κεφαλαίου 3.5.1.

4.5.1 Ενεργοποίηση πρόσβασης και δήλωση εξαρτήσεων – UI του Φορέα

4.5.1.1 Υποστηριζόμενες λειτουργίες και χρήση

Ο φορέας/ιδιοκτήτης του προϊόντος ή ο (επαγγελματίας) καταναλωτής πρέπει αρχικά να εκτελέσει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Ενεργοποίηση ελάχιστης πρόσβασης, βασισμένη στο OAUTH, του συστήματος AffectUs στο λογαριασμό EVERYTHING τους, προκειμένου η παρούσα επέκτασή να μπορέσει να ανακτήσει τη λίστα προϊόντων τους και επίσης να μπορεί να λαμβάνει δεδομένα πραγματικού χρόνου σχετικά με αυτά. Έτσι θα δώσει πρόσβαση στη λίστα προϊόντων στον εξωτερικό προγραμματιστή, ο οποίος θα κάνει δήλωση των εξαρτήσεων των προϊόντων τους είτε από εξωτερικές συνθήκες και παράγοντες εκ μέρους τους, ή να δώσει δικαιοδοσία σε προγραμματιστή εφαρμογής να χρησιμοποιεί τα δεδομένα σκαναρίσματος.
- Να ορίσει το endpoint στο οποίο λαμβάνει τις ειδοποιήσεις του. Username και password είναι προεπιλεγμένα. Οι επιλογές πρωτοκόλλων για endpoint είναι:
 - HTTP POST service
 - AMQP
 - MQTT
 - WebSocketΗ επιλογή πρωτοκόλλου αποθηκεύεται και αυτή στη βάση γνώσης.
- Να ορίσει τον γενικό τύπο εξωτερικών συμβάντων που μπορεί να επηρεάζουν το προϊόν. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται από τη βάση γνώσης.

Παρακάτω παρουσιάζεται το UI.

Enable Access and Declare Dependencies [Product Owner]

Instructions

Why?

In order for you to get included in the AffectUs extension, we need to have application role access (full details on what access rights are needed are included in <https://github.com/gkousiou/affectUs>). For this to happen, you need to create a new application in your EVERYTHING account and project, with the specific specified access rights in the defined role, and provide us the API key (details in <https://developers.everything.com/reference>)

Give AffectUs Application Role in your project

Copy API key of Application Role here *

Insert Owner ID *

Password

☐ Create if not exists

SUBMIT CANCEL

Submission Status

Credentials Status

Define notification endpoint

Protocol

Endpoint (e.g. myserver.com:8080)

Endpoint User Account *

Password

SUBMIT CANCEL

Submission Status

Define Effect

Insert Your Product

isAffectedBy

types of events

SUBMIT RELATIONSHIP

Submission Status

Εικόνα 10: UI του φορέα προϊόντος

4.5.1.2 Λεπτομέρειες Υλοποίησης

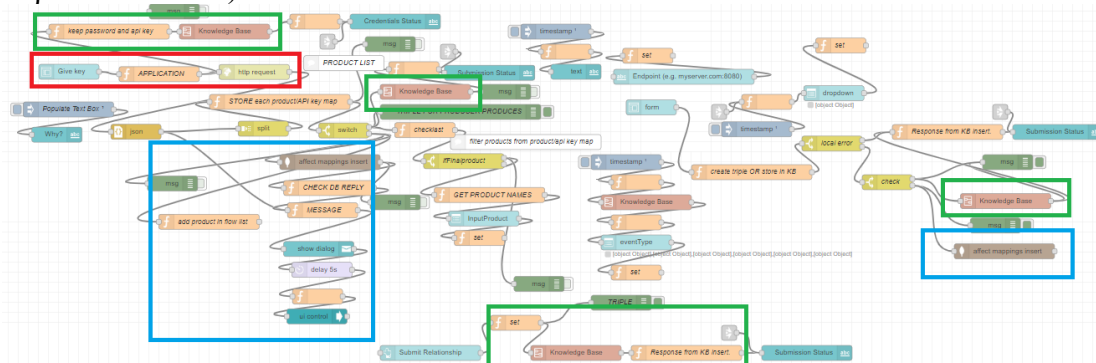
Εκτός από κάποιες πληροφορίες που έχουν τοποθετηθεί στατικά κατά την αρχικοποίηση (όπως η λίστα των υποστηριζόμενων τελικών σημείων πρωτοκόλλου), η υπόλοιπη ροή είναι πλήρως δυναμική. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, αρχικά ο ιδιοκτήτης προϊόντος πρέπει να αντιγράψει ένα κλειδί εφαρμογής (που δημιουργήθηκε στο περιβάλλον EVERYTHING) στο περιβάλλον χρήστη και να υποβάλει τη φόρμα. Με αυτήν την ενέργεια η ροή επικοινωνεί μέσω κλήσης HTTP με την πλατφόρμα EVERYTHING και ανακτά τη λίστα προϊόντων που σχετίζεται με αυτό το κλειδί (το κόκκινο πλαίσιο στην παρακάτω εικόνα).

Επιπλέον, αυτές οι πληροφορίες πρέπει να αποθηκευθούν στο backend, και πιο συγκεκριμένα στη MongoDB, για να αποθηκεύσουν το mapping μεταξύ των προϊόντων και του αντίστοιχου κλειδιού της εφαρμογής για να διατηρήσουν την κατάσταση που απαιτείται για περαιτέρω κλήσεις. (υποδεικνύεται από τα μπλε πλαίσια στη παρακάτω εικόνα).

Στη συνέχεια, και με βάση τις ανακτημένες πληροφορίες, πρέπει να δημιουργηθούν τριπλέτες που θα αποθηκευτούν στη KB. Από αυτό το περιβάλλον χρήστη δημιουργούνται οι εξής τριπλέτες:

- Ο παραγωγός παράγει προϊόν (το οποίο δημιουργείται από κάθε στοιχείο του προϊόντος του προϊόντος του ιδιοκτήτη του προϊόντος)
- Ο actor έχει endpoint [input_endpoint] (από το δηλωμένο τελικό σημείο)
- Ο actor έχει πιστοποιήσεις [χρήστη, pwd] από τις δηλωμένες
- Το προϊόν επηρεάζεται από [EventType]

Οι μεταβλητές περιβάλλοντος ροής χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση όταν απαιτείται η προετοιμασία τριπλετών σε πολλαπλά στάδια με εισροές από διάφορες φόρμες υποβολής. (Η κυρία διάδραση με τη KB είναι στα πράσινα πλαίσια στη παρακάτω εικόνα)



Εικόνα 11: Υλοποίηση του UI του φορέα

Η εισαγωγή στη βάση δεδομένων είναι απλή, καθώς η MongoDB λειτουργεί με την δυαδική αναπαράσταση του JSON (BSON) [45]. Η εισαγωγή στη βάση γνώσης από την άλλη είναι πιο πολύπλοκη, αφού είναι αναγκαίος ο μετασχηματισμός και ο έλεγχος των εισόδων στο UI, πριν την εισαγωγή στη βάση γνώσης. Ένα παράδειγμα μιας μικρής εισαγωγής γνώσης, συγκεκριμένα ενός προϊόντος που παράγει ένας φορέας, σε SPARQL 1.1 update template, είναι:

```
INSERT DATA{
  i:${flow.get("Actor")} a :Producer;
  :produces i:${stringinput.id} .
  i:${stringinput.id} :hasValue "${stringinput.name}" .
}
```

4.5.2 Δήλωση Αλυσίδας - UI του Προγραμματιστή εφαρμογής

4.5.2.1 Υποστηριζόμενες λειτουργίες και χρήση

Η κύρια διεπαφή χρήστη που υλοποιεί τη δήλωση των σταδίων της αλυσίδας εφοδιασμού εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα. Αρχικά ο προγραμματιστής της εφαρμογής δηλώνει το όνομα της αλυσίδας, το οποίο είναι ο κύριος αναγνωριστικός κωδικός, με τον οποίο συνδέονται τα επιμέρους στάδια αλυσίδας και άλλες λεπτομέρειες.

Στην συνέχεια συμπληρώνεται η καρτέλα “Define Supply Chain Stage Options tab”, από την οποία επιλέγεται ο τύπος του σταδίου (π.χ. “out of production”, “In transit” κλπ.) και ένα μόνο προϊόν εισόδου ή/και εξόδου ανά φορά. Στη συνέχεια γίνεται η εισαγωγή των σταδίων.

Για την εισαγωγή μονάχα ενός σταδίου ανά φορά χρησιμοποιείται η καρτέλα “ Define Supply Chain Stage Inputs tab”. Σε αυτή ο προγραμματιστής εφαρμογών πρέπει να μοντελοποιήσει τις συγκεκριμένες εισόδους που είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό αυτού του σταδίου, όπως το όνομα του σταδίου καθώς και πληροφορίες θέσης (όπως αντικείμενα του GeoJSON). Αυτό επιτρέπει την ανάκτηση εισερχόμενων δεδομένων σάρωσης, ώστε να πάρουμε τις συντεταγμένες GPS και να κατηγοριοποιήσουμε τη σάρωση σε έναν από τα chain stages όπως είδαμε και στην ενότητα 4.4.1. Ορίζεται επίσης η ευαισθησία GPS, με την έννοια ότι η θέση μπορεί να είναι ένα κέντρο και η ευαισθησία της καθορισμένης ακτίνας γύρω από το σημείο που δείχνει την περιοχή του σταδίου.

Μια κρίσιμη πτυχή είναι η δήλωση των ονομάτων του προηγούμενου και του επόμενου σταδίου (όπως αναφέρονται στις αντίστοιχες δηλώσεις τους), δεδομένου ότι μπορούν να ανιχνευθούν με βάση αυτά τα ακόλουθα γεγονότα. Παραδείγματα αυτών έχουν να κάνουν με τον εντοπισμό παράνομων καταστάσεων ενός προϊόντος, τη δημιουργία της αλυσίδας μοντέλων κ.λπ.

Τέλος, η καρτέλα υποβολής υποδεικνύει τις δημιουργούμενες τριπλέτες και την κατάσταση υποβολής.

Οι ίδιες εισοδοί μπορούν εναλλακτικά να εισαχθούν με μαζικό τρόπο. Με την εισαγωγή συστάδας από chainstages ως JSON στο πεδίο “Insert Chain Stages as JSON”, μπορεί κανείς να δηλώσει σε ένα βήμα όλα τα σημεία ενός σταδίου εφοδιαστικής αλυσίδας, του ίδιου τύπου (όπως σημεία λιανικής πώλησης) που μοιράζονται τις ίδιες τοποθεσίες hasPrevious και hasNext (π.χ. τα χειρίζεται το ίδιο κέντρο διανομής / χονδρικής). Αυτό επιτρέπει τον συμβιβασμό μεταξύ της συμπίεσης των πληροφοριών που χρειάζεται να εισάγουν οι χρήστες, επιτρέποντας ταυτόχρονα πιο ευέλικτη δήλωση για διαφορετικές εξαρτήσεις, αντιμετωπίζοντας έτσι τις σύνθετες δομές.

Να σημειωθεί πως τα δυνατά Input products για ένα στάδιο μπορεί και να ανήκουν σε εφοδιαστικές αλυσίδες άλλων ιδιοκτητών. Με αυτό τον τρόπο γίνεται στο backend η σύνδεση μεταξύ αλυσίδων.

Εικόνα 12: Δήλωση εφοδιαστικής αλυσίδας, UI προγραμματιστή εφαρμογής

4.5.2.2 Λεπτομέρειες Υλοποίησης

Όλες οι είσοδοι μεταφράζονται σε τριπλέτες, οι οποίες αποθηκεύονται στην βάση γνώσης. Εδώ είναι ιδιαίτερα περίπλοκη η διαδικασία validation του input, και ο συνδυασμός όλων των inputs για τη δημιουργία SPARQL updates. Παραδείγματα τριπλετών είναι:

[InputChainName] α *:SupplyChainInstance* για την δήλωση στιγμιοτύπου εφοδιαστικής αλυσίδας.

Και για ένα Chainstage:

i:[input.name] α *:Chainstage*

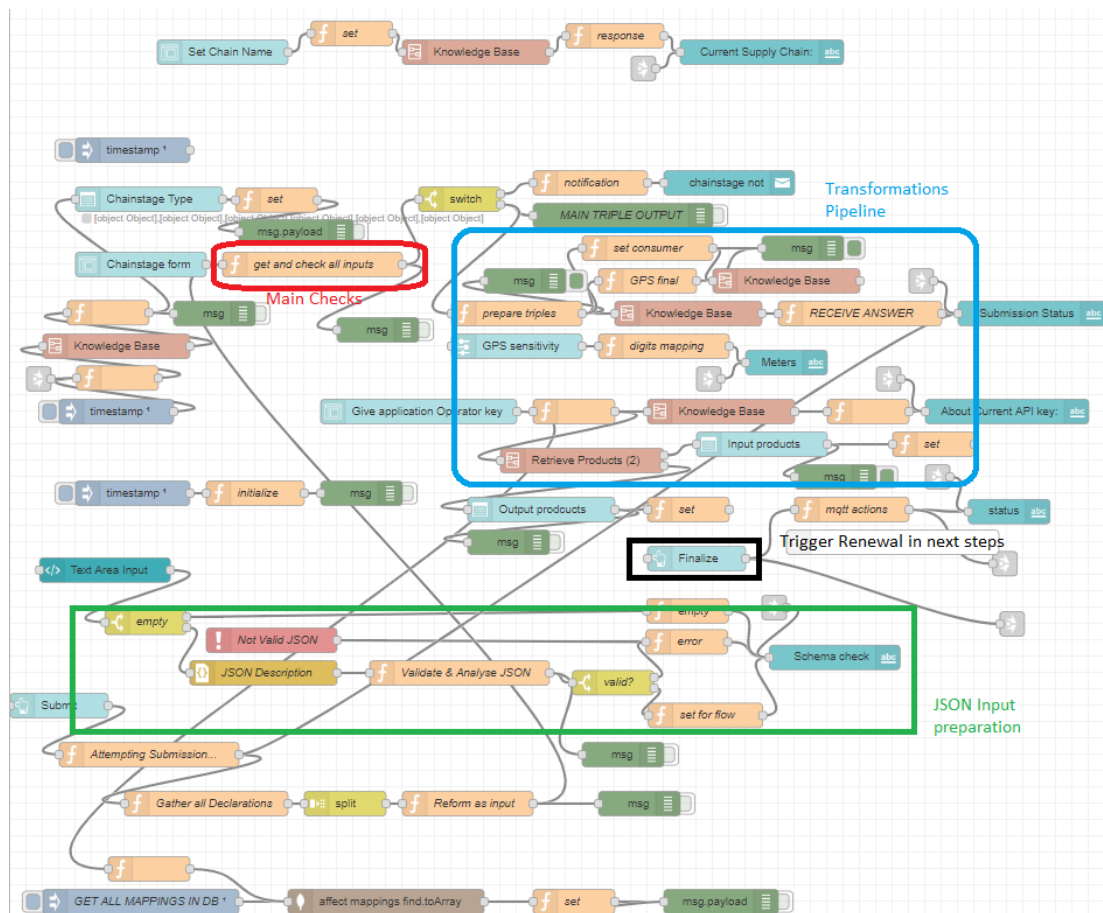
i:[input.name] *:isOfType i:[input.stageType]*

i:[input.name] *:belongsTo i:[flow.get("supplyChain")]*

i:[input.name] *:hasInputs i:[input.inputProduct]*

i:[input.name] *:hasOutputs i:[flow.get("outputProduct")]*

Η υλοποίηση και τα κύρια σημεία της φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 13: Υλοποίηση του UI δήλωσης αλυσίδας

4.5.3 Δήλωση παρεχόμενων εξωτερικών συμβάντων – UI του Εξωτερικού Προγραμματιστή Analytics

4.5.3.1 Υποστηριζόμενες λειτουργίες και χρήση

Το UI απεικονίζει τις επιλογές που διαθέτει ο εξωτερικός προγραμματιστής. Αυτές οι επιλογές επιτρέπουν στον προγραμματιστή να δημιουργήσει ουσιαστικά τη διαδικασία ανίχνευσης συμβάντων με οποιονδήποτε τρόπο κρίνει κατάλληλο. Μέσω του "Declare Event Type" του UI, δηλώνουν τον τύπο ανίχνευσης συμβάντων που θέλουν, επιλέγοντας τον τύπο των εξωτερικών συμβάντων που θέλουν να ενσωματώσουν, δηλώνοντας το όνομα για την κατάσταση στην οποία συμβαίνει ένα συμβάν και την εξωτερική πηγή που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του συμβάντος. Για να αναγκάσουμε τους προγραμματιστές analytics να δίνουν σημαντικά στοιχεία, παρέχουμε επιλογές για τη συμπερίληψη της χρονικής σήμανσης και της θέσης και είναι απαραίτητο να παρέχουν αυτή την πληροφορία για την χωροχρονική ταύτιση γεγονότων και αντικειμένων. Περιλαμβάνουμε επίσης τη δήλωση μονάδων μέτρησης και ένα προαιρετικό URI που υποδηλώνει είτε μια εναλλακτική περιγραφή είτε μια συγκεκριμένη λεπτομέρεια εφαρμογής σχετικά με το συμβάν που ο προγραμματιστής μπορεί να επιθυμεί να συμπεριλάβει.

Μέσω της ενότητας "Declare Endpoint", ο εξωτερικός προγραμματιστής της ανάλυσης μπορεί να δηλώσει το πρωτόκολλο και το endpoint με το οποίο εκδίδονται τα συμβάντα. Παρέχουν επίσης την περιγραφή JSON για τη δημοσίευση του συμβάντος. Το JSON επικυρώνεται σε πραγματικό χρόνο και επιστρέφει ένα μήνυμα ειδοποίησης σχετικά με σφάλματα, π.χ. αν λείπουν πεδία, και τη συνολική εγκυρότητα. Όλα τα

εισαγόμενα δεδομένα εξάγονται σε τριπλέτες που μπορούν να ελεγχθούν για την εγκυρότητά τους στην ενότητα "Check Triples". Τελικά, όταν όλα είναι καλά, μπορούν να υποβάλουν τις τριπλέτες.

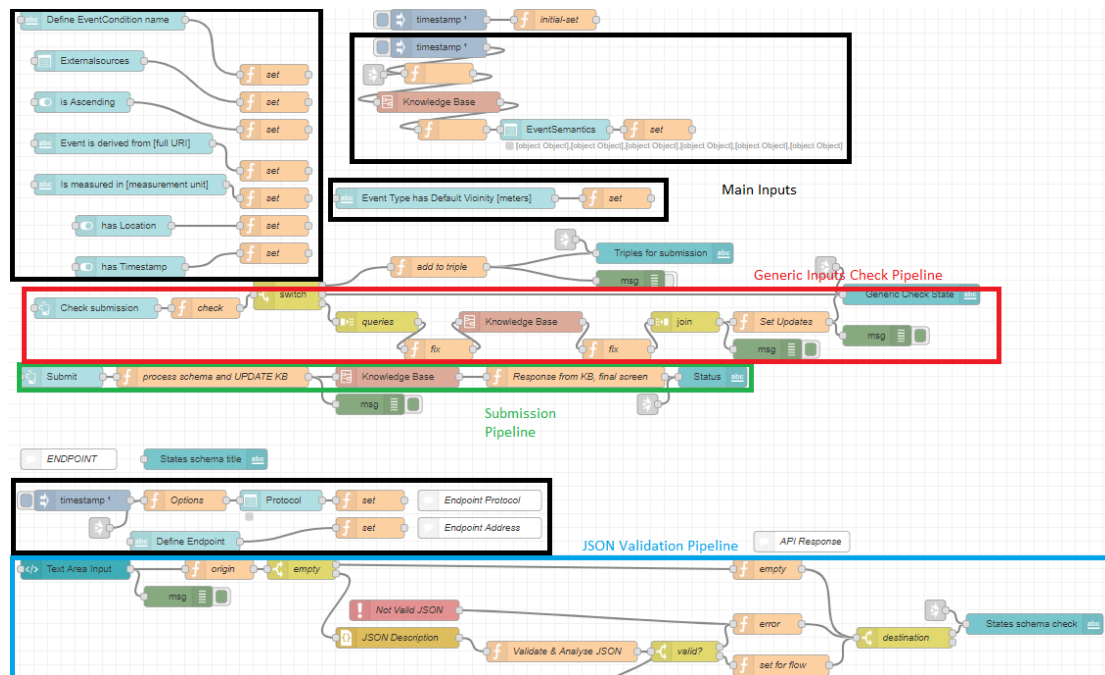
Εικόνα 14: UI του εξωτερικού προγραμματιστή

Για το JSON input, ένα παράδειγμα σωστού states schema είναι το εξής:

```
[
  {
    "stateName": "Cold",
    "stateParams": [
      {
        "clusterParameterName": "Temperature",
        "min": 15,
        "max": 30,
        "average": 20
      }
    ]
  },
  {
    "stateName": "Warm",
    "stateParams": [
      {
        "clusterParameterName": "Temperature",
        "min": 15,
        "max": 30,
        "average": 20
      }
    ]
  }
]
```

4.5.3.2 Λεπτομέρειες Υλοποίησης

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η υλοποίηση της ροής, με τα κύρια κομμάτια λειτουργικότητάς της περικυκλωμένα, και έχει γίνει διαχωρισμός σε ομάδες.



Εικόνα 15: Υλοποίηση του UI του εξωτερικού προγραμματιστή

4.6 Ένα παράδειγμα χρήσης, και το αποτέλεσμα του

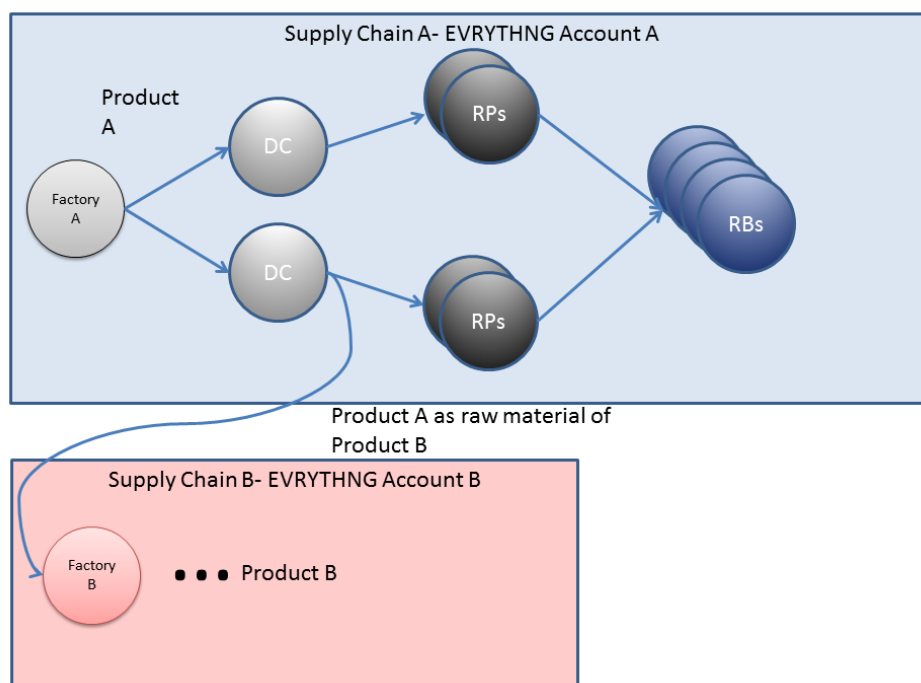
Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα που ακολουθήθηκε στο testing του prototype είναι το εξής:

Ένα στιγμιότυπο εφοδιατικής αλυσίδας (Supply Chain ή SC) A για το οποίο δηλώθηκαν:

- 1 εργοστάσιο (Τύπος: OutOfProduction)
- 2 distribution centers (DC) (Τύπος: AtDistributionCenter)
- 20 σημεία πώλησης (retail points ή RPs), χωρισμένα σε δύο group των 10 σημείων, με κάθε group να είναι εξυπηρετούμενο από ένα από τα δύο distribution centers
- 40 σημεία ανακύκλωσης (recycle bin ή RBs)
- 1 εξωτερικό συμβάν καιρού/θερμοκρασίας που επηρεάζει την αλυσίδα.
- 1 HTTP POST notification endpoint (localhost:1880/testOut)

Επιπλέον, δηλώθηκε μια δεύτερη απλούστερη αλυσίδα εφοδιασμού (εφοδιαστική αλυσίδα B), παράγοντας το προϊόν B που χρειάζεται το προϊόν A ως υλικό εισόδου (όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα). Για αυτήν την περίπτωση δηλώθηκε μόνο το στάδιο εισαγωγής του SC B με το σχετικό endpoint να είναι ένα HTTP POST στο localhost: 1880 / testDependentOut. Ο διαφοροποιητικός παράγοντας στην περίπτωση αυτή είναι ότι η αλυσίδα εφοδιασμού B διαχειρίζεται μια διαφορετική οντότητα και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του ιδιοκτήτη A και του ιδιοκτήτη B πρέπει να είναι σε ένα ελάχιστο επίπεδο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των διασυνδέσεων στη βάση γνώσης, όπως είδαμε σε προηγούμενες ενότητες. Οι δύο ιδιοκτήτες έχουν ξεχωριστούς και μη συνδεδεμένους λογαριασμούς σε μια βασική πλατφόρμα διαχείρισης IoT (στην περίπτωση μας EVRYTHNG). Τέλος, το σενάριο περιλαμβάνει τον ορισμό ενός εξωτερικού συμβάντος σε σχέση με τη θερμοκρασία, το οποίο επηρεάζει την Αλυσίδα Εφοδιασμού A. Κατά τη χειροκίνητη ενεργοποίηση ενός εξωτερικού συμβάντος, παρέχεται το τελικό σημείο της SCA, ενώ στην περίπτωση ενός γεγονότος καθυστέρησης SCA, αμφότερα τα ενδιαφερόμενα μέρη (SCA και SCB τελικά σημεία). Το σκεπτικό είναι ότι η SCB δεν χρειάζεται να ενημερώνεται για τις επιπτώσεις της

SCA στις καιρικές συνθήκες, δεδομένου ότι η SCA, λόγω της έγκαιρης προειδοποίησης, μπορεί να χειριστεί την κατάσταση εγκαίρως πριν από την αναπαραγωγή σε καθυστέρηση στην αλυσίδα της. Ωστόσο, αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που μπορεί εύκολα να αλλάξει κατά βούληση για να συμπεριλάβει άμεσα όλες τις επηρεαζόμενες οντότητες. Παρακάτω φαίνεται στο σχέδιο του σεναρίου.



Σχήμα 23: Test Case για την ειδοποίηση δύο διαφορετικών κατόχων αλυσίδων

Ένα παράδειγμα ενεργοποίησης εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα. Με την λήψη ενός γεγονότος καθυστέρησης αλυσίδας SC (αριστερή είσοδος JSON), το πλαίσιο ανακαλύπτει και εφαρμόζει ένα μήνυμα POST στα δύο τελικά σημεία της ειδοποίησης για τους κατόχους SCA και SCB.

```

msg: Object
  object
    _msgid: "11aee88.84cac18"
    payload: object
      eventConditionname: "stage_change"
      statename: "delayed"
      Details: object
        timestamp: 1530206320239
        thing_id: "UndYmH7gVXsa9KaawEQqrntm"
        product_id: "UHpNRqQBeXPwQpaaw2m8QNfr"
        stage: "AtEndUser"
    req: object
    res: object

' object
  content: object
    event: "chain"
    _msgid: "1a5e1c00.6de684"
  payload: array[2]
    0: object
      endpoint:
        "HTTP_POST:http://83.212.240.170:1880/testOut"
    1: object
      endpoint:
        "HTTP_POST:http://83.212.240.170:1880/testDependentOut"
    req: object
    res: object
  
```

Εικόνα 16: Μη αυτόματη ενεργοποίηση του γεγονότος καθυστέρησης SC (αριστερά) και της αντίστοιχης λήψης από τα endpoints εντοπισμού των επιπτώσεων για την έξοδο συναγερμού (δεξιά).

5 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Εξελίξεις

Η πληροφορία στα συστήματα εφοδιαστικών αλυσίδων είναι ποικιλόμορφη και συνεχούς ροής. Λόγω της πολυπλοκότητας της δομής των εφοδιαστικών αλυσίδων και των συνδέσεων των σχετικών εννοιών, η ανάλυση του πεδίου σε βάθος ήταν αναγκαία. Μέσω της ένωσης των εννοιών, και της γενικευμένης και αφηρημένης μοντελοποίησης των αλυσίδων, δώθηκε η δυνατότητα πραγματικής ανίχνευσης συμβάντων, και η διάδοση των αποτελεσμάτων ανάλυσης, συνδέοντας επιχειρησιακές καθέτους. Όλη η διαδικασία ανάλυσης και η προσπάθεια γενίκευσης των εννοιών που ακολουθήθηκε, οδήγησε στον σχεδιασμό και τη δημιουργία ενός υπηρεσιοστρεφούς έμπειρου συστήματος (Service-Oriented Expert System), το οποίο δρα ως ανιχνευτής συμβάντων και δρομολογητής μνημάτων. Αυτό που καθιστά την παρούσα εργασία ένα έμπειρο σύστημα είναι η χρήση βάσης γνώσης, reasoning και διαφόρων ειδών διεπαφών (UI, SPARQL, API), με το πεδίο προσωρινής αποθήκευσης του ενδιαμέσου στρώματος να είναι ουσιαστικά η μνήμη εργασίας του. Ο συμπερασμός αποδείχθηκε μεγάλο πλεονέκτημα, καθώς απλά σημασιολογικά ερωτήματα επιστρέφουν ιδιαίτερα χρήσιμη και πλούσια γνώση, που χωρίς αυτή θα χρειαζόταν πολύπλοκη αντιστοίχιση υπογράμματος (subgraph matching) για την επίτευξη του ίδιου στόχου. Κύριος ενεργοποιητής των διαδικασιών στο σύστημα αποτελεί το ότι χρησιμοποιείται η ανθρώπινη γνώση, όχι μόνο σαν στατική συνιστώσα του συστήματος με την οντολογία, αλλά και δυναμική, με την χρήση γραφικών διεπαφών μαζί με την υλοποίηση του μετασχηματισμού και της επικύρωσης εισαγόμενων πληροφοριών για την αποτελεσματική παραμετροποίηση της υπηρεσίας.

Με την υλοποίηση του prototype στο πρόγραμμα AffectUs, είδαμε πως με την, ασυνήθιστη για εμπειρα συστήματα, αρχιτεκτονική που ακολουθήθηκε, προβλήματα όπως η δύσκολη αναπαράσταση χωροχρονικής γνώσης και η ασταθής γνώση δεν αποτέλεσαν τροχοπέδη στη λειτουργία του συστήματος. Το πιο περιπλοκο κομμάτι, και της σχεδίασης και της υλοποίησης, αποτέλεσε η μηχανική της γνώσης, δηλαδή η έρευνα εννοιών του πεδίου και η αποτελεσματική κωδικοποίηση και χρήση τους. Επιπλέον η συμμόρφωση του ενδιαμέσου στρώματος με τις σημασιολογικές έννοιες αποτέλεσε άλλο ένα σημείο δυσκολίας, καθώς η φύση των ροών εργασίας είναι αρκετά διαφορετική από του σημασιολογικού πλαισίου. Παρ'όλα αυτά, με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς πληροφοριών και τις αποτελεσματικές συνδέσεις των λειτουργικών μονάδων, αυτά τα συνήθη προβλήματα τέτοιου είδους συστημάτων παρακάμφθηκαν.

Η δημιουργία του prototype αυτού αποτελεί την αρχή μιας νέας σειράς από προσπάθειες βελτίωσης των συστημάτων εφοδιαστικών αλυσίδων, και επίκεντρο των προσπαθειών αναμένεται να γίνει η περαιτέρω αποπροσάρτηση και ανεξαρτητοποίηση του κομματιού της παρούσας εργασίας, ώστε σαν αυτόνομο σύστημα να είναι ακόμα πιο εύκολα επαναχρησιμοποιήσιμο σε πληθώρα συστημάτων SCM. Επιπλέον, με νέα πρότυπα σημασιολογικού ιστού στον ορίζοντα, και τη μετάβαση στο relationship web, βασική μέριμνα θα αποτελέσει η ευκολία δημιουργίας αλλαγών σε κεντρικά κομμάτια της υπηρεσίας και στη προσαρμογή με τις νέες τεχνολογίες του μέλλοντος. Είναι πολύ πιθανό να ανοιχτούν νέοι ορίζοντες στη διαχείριση εφοδιαστικών αλυσίδων τα επόμενα χρόνια, χάρη σε τέτοιες εξελίξεις. Επιπροσθέτως είναι αναμενόμενο να γίνει πιο συχνή η χρήση συστημάτων, παρόμοιων με της παρούσας εργασίας, στους τομείς της βιομηχανίας, του εμπορίου, της ναυτιλίας κ.α. τα επόμενα χρόνια, καθώς με αυτό επιτυγχάνεται η έμμεση συνεργασία μεταξύ, όχι μόνο συναγωνιστών, αλλά ίσως και ανταγωνιστών, και αυτό θα αποτελέσει μεγάλο πλεονέκτημα για κάθε είδους επιχείρηση ή οργανισμό, είτε

ασχολείται με μεγάλο πεδίο εφοδιαστικής αλυσίδας, είτε επικεντρώνεται σε συγκεκριμένο κάθετο ή οριζόντιο επιχειρησιακό άξονα.

6 Αναφορές

- [1] H. Patil και Y. Surwade, 'Web Technologies From Web 2.0 To Web 4.0', Ιανουαρίου 2018.
- [2] I. Kozlenkova, T. Hult, D. Lund, J. A. Mena, και P. Kekec, 'The Role of Marketing Channels in Supply Chain Management', *J. Retail.*, τ. 91, Μαΐου 2015.
- [3] T. Friesz, 'Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows, and Profits, by Anna Nagurney', *J. Reg. Sci.*, τ. 48, Αυγούστου 2008.
- [4] M. E. Porter, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Simon and Schuster, 2008.
- [5] K. A. B. Msimangira και S. Venkatraman, 'Supply Chain Management Integration: Critical Problems and Solutions', *Oper. Supply Chain Manag. Int. J.*, σ 23, Δεκεμβρίου 2014.
- [6] 'What Are 'Verticals' in Business?' [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://smallbusiness.chron.com/verticals-business-26157.html>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 13-Σεπτεμβρίου-2018].
- [7] S. Wakenshaw, C. Maple, D. Chen, και R. Micillo, 'An IoT-enabled Supply Chain Integration Framework: Empirical Case Studies', σ 7.
- [8] Z. Pang, Q. Chen, W. Han, και L. Zheng, 'Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion', *Inf. Syst. Front.*, τ. 17, τχ. 2, σσ 289–319, Απριλίου 2015.
- [9] 'EVERYTHING IoT Smart Products Platform |'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://evrythng.com/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 10-Σεπτεμβρίου-2018].
- [10] 'Council of Supply Chain Management Professionals - Home'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://cscmp.org/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 15-Σεπτεμβρίου-2018].
- [11] 'Watson Supply Chain: The Evolution of the Transparent and Cognitive Supply Chain', 01-Μαΐου-2018. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=WHW12348USEN>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 10-Σεπτεμβρίου-2018].
- [12] C. Busse, J. Meinschmidt, και K. Foerstl, 'Managing Information Processing Needs in Global Supply Chains: A Prerequisite to Sustainable Supply Chain Management', *J. Supply Chain Manag.*, τ. 53, τχ. 1, σσ 87–113, Ιανουαρίου 2017.
- [13] E. Sweeney, 'Supply Chain Integration: Challenges and Solutions', *Supply Chain Integr.*, σ 30.
- [14] K.-J. Wu, M.-L. Tseng, A. S. F. Chiu, και M. K. Lim, 'Achieving competitive advantage through supply chain agility under uncertainty: A novel multi-criteria decision-making structure', *Int. J. Prod. Econ.*, τ. 190, σσ 96–107, Αυγούστου 2017.
- [15] M. Attaran και S. Attaran, 'Collaborative supply chain management: The most promising practice for building efficient and sustainable supply chains', *Bus. Process Manag. J.*, τ. 13, τχ. 3, σσ 390–404, Ιουνίου 2007.
- [16] Y. Wu, Z. Jiang, και N. Han, 'The design and implementation of the Integrated Supply Chain Management System based on UML and J2EE technology', στο *2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM)*, Harbin, China, 2010, σσ 1361–1365.

- [17] Z. D. R. Gnimpieba, A. Nait-Sidi-Moh, D. Durand, και J. Fortin, 'Using Internet of Things Technologies for a Collaborative Supply Chain: Application to Tracking of Pallets and Containers', *Procedia Comput. Sci.*, τ. 56, σσ 550–557, 2015.
- [18] C. N. Verdouw, J. Wolfert, A. J. M. Beulens, και A. Rialland, 'Virtualization of food supply chains with the internet of things', *J. Food Eng.*, τ. 176, σσ 128–136, Μαΐου 2016.
- [19] R. Accorsi, M. Bortolini, G. Baruffaldi, F. Pilati, και E. Ferrari, 'Internet-of-things Paradigm in Food Supply Chains Control and Management', *Procedia Manuf.*, τ. 11, σσ 889–895, Ιανουαρίου 2017.
- [20] L. M. Ascencio, R. G. González-Ramírez, L. A. Bearzotti, N. R. Smith, και J. F. Camacho-Vallejo, 'A Collaborative Supply Chain Management System for a Maritime Port Logistics Chain', *J. Appl. Res. Technol.*, τ. 12, τχ. 3, σσ 444–458, Ιουνίου 2014.
- [21] N. Alfirevic, D. Rendulic, και A. Talaja, 'Application of a Cloud-Based Supply Chain Management System to Achieve Mass Customization: Best Practices from the Automotive Industry', στο *Cloud Systems in Supply Chains*, F. Soliman, Επιμ. London: Palgrave Macmillan UK, 2015, σσ 36–48.
- [22] E. Blomqvist, 'The Use of Semantic Web Technologies for Decision Support - A Survey', σ 25.
- [23] S. Biswas και J. Sen, 'A Proposed Architecture for Big Data Driven Supply Chain Analytics', σ 24.
- [24] G. L. Geerts και D. E. O'Leary, 'A supply chain of things: The EAGLET ontology for highly visible supply chains', *Decis. Support Syst.*, τ. 63, σσ 3–22, Ιουλίου 2014.
- [25] L. Mazzola, P. Kapahnke, M. Vujic, και M. Klusch, 'CDM-Core: A Manufacturing Domain Ontology in OWL2 for Production and Maintenance', στο *Proceedings of the 8th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, Porto, Portugal, 2016, σσ 136–143.
- [26] J. L. Sarli, H. P. Leone, και M. D. los M. Gutiérrez, 'Ontology-based semantic model of supply chains for modeling and simulation in distributed environment', στο *2016 Winter Simulation Conference (WSC)*, 2016, σσ 1182–1193.
- [27] K. Pal, 'Ontology-Based Web Service Architecture for Retail Supply Chain Management', *Procedia Comput. Sci.*, τ. 130, σσ 985–990, 2018.
- [28] M. Ruta, F. Scioscia, S. Ieva, G. Capurso, και E. Di Sciascio, 'Supply Chain Object Discovery with Semantic-enhanced Blockchain', στο *Proceedings of the 15th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems - SenSys '17*, Delft, Netherlands, 2017, σσ 1–2.
- [29] H. M. Kim και M. Laskowski, 'Towards an Ontology-Driven Blockchain Design for Supply Chain Provenance', *SSRN Electron. J.*, 2016.
- [30] -Webopedia Staff, 'What is an Event? Webopedia Definition'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.webopedia.com/TERM/E/event.html>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 20-Σεπτεμβρίου-2018].
- [31] S. A. R. Khan, D. Qianli, και Z. Yu, 'Usage of RFID technology in supply chain: Benefits and challenges', τ. 11, σσ 3720–3727, Μαρτίου 2016.
- [32] 'TagItSmart! | Publications'. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.tagitsmart.eu/usecase>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].

- [33] ‘Node-RED’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://nodered.org/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].
- [34] M. Abadi κ.ά., ‘TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems’, σ 19.
- [35] ‘TensorFlow’, *TensorFlow*. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.tensorflow.org/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 10-Σεπτεμβρίου-2018].
- [36] ‘Apache Jena -’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://jena.apache.org/index.html>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].
- [37] ‘Apache Jena - Fuseki: serving RDF data over HTTP’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://jena.apache.org/documentation/serving_data/. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].
- [38] ‘MongoDB for GIANT Ideas’, *MongoDB*. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.mongodb.com/index>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].
- [39] ‘OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition)’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 17-Σεπτεμβρίου-2018].
- [40] S. Tartir, I. B. Arpinar, M. Moore, A. P. Sheth, και B. Aleman-Meza, ‘OntoQA: Metric-Based Ontology Quality Analysis’, σ 10.
- [41] S. Tartir, I. B. Arpinar, και A. P. Sheth, *Chapter 5 Ontological Evaluation and Validation*. .
- [42] ‘SPARQL 1.1 Entailment Regimes’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.w3.org/TR/sparql11-entailment/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 18-Σεπτεμβρίου-2018].
- [43] ‘Template literals (Template strings) - JavaScript | MDN’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Template_literals. [Ημερομηνία πρόσβασης: 21-Σεπτεμβρίου-2018].
- [44] ‘SPARQL 1.1 Query Language’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 21-Σεπτεμβρίου-2018].
- [45] ‘JSON and BSON | MongoDB’. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.mongodb.com/json-and-bson>. [Ημερομηνία πρόσβασης: 21-Σεπτεμβρίου-2018].