

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών
Πολυτεχνείου Κρήτης



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ /
TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE**

“Συνεργασία Πλοίου και Μη-Επανδρωμένων Ιπτάμενων Συστημάτων για την Αποκατάσταση Θαλάσσιων Υδάτων”

Διπλωματική εργασία

Μακατσώρης Κωνσταντίνος

Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής:	Χαλκιαδάκης Γεώργιος
Υπόλοιπα Μέλη Επιτροπής:	Παρτσινέβελος Παναγιώτης
	Σαμολαδάς Βασίλης



1 Περίληψη

Η εναπόθεση στις θάλασσες υλικών και υλών (ΥΥ) που προκαλούν ρύπανση των θαλάσσιων υδάτων ολοένα και αυξάνεται. Ο χρόνος αποσύνθεσης τους δύναται να ξεπεράσει τα 500 χρόνια. Οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν λόγω αυτής της κατάστασης επηρεάζουν ολόκληρο το οικοσύστημα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία προτείνει την δημιουργία ενός πολυπρακτορικού συστήματος για την εξερεύνηση των θαλάσσιων υδάτων με σκοπό τον εντοπισμό ρυπογόνων ΥΥ. Η βασική μας επιδίωξη ήταν η προσαρμογή ήδη υπάρχοντων αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων στις ανάγκες τις εργασίας μας, και ο συνδυασμός των παραπάνω αλγορίθμων ανίχνευσης στα πλαίσια ενός πολυπρακτορικού συστήματος που αποτελείται από αυτόνομους πράκτορες που έχουν σκοπό τον εντοπισμό όλων των ρυπογόνων ΥΥ που υπάρχουν σε υδάτινες περιοχές. Επίσης, προτείνουμε την εφαρμογή συγκεκριμένων βελτιστοποιήσεων στην λειτουργία του πολυπρακτορικού συστήματος, ενώ αναπτύξαμε ένα αρκετά ρεαλιστικό περιβάλλον προσομοίωσης της λειτουργίας του πολυπρακτορικού μας συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη μας υποθέτει την ύπαρξη ενός πλοίου σε περιοχές που επιθυμούμε να ερευνηθεί η ύπαρξη ρυπογόνων ΥΥ. Από το πλοίο αναχωρούν αυτόνομα Μη Επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα (ΜΕΕΟ) που θα κληθούν να συνεργαστούν και να εντοπίσουν τα ΥΥ, προκειμένου να ακολουθηθεί μια διαδικασία συλλογής και απομάκρυνσης των ρυπογόνων παραγόντων.

Για την ανίχνευση των ΥΥ χρησιμοποιήσαμε τους αλγορίθμους βαθέων συνελικτικών νευρωνικών δικτύων Faster R-CNN και Yolo, προσαρμόζοντας τους στις ανάγκες της έρευνας μας, και συνδυάσαμε τα αποτελέσματά τους με κατάλληλο ευριστικό αλγόριθμο που δημιουργήσαμε. Ο έλεγχος καθώς και η παρακολούθηση του πολυπρακτορικού συστήματος που υλοποιήσαμε γίνεται μέσω ενός συστήματος προσομοίωσης που σχεδιάσαμε, το οποίο προσδίδει στα ΜΕΕΟ ελευθερία κινήσεων στους x,y,z άξονες, και προσομοιώνει την λειτουργία αισθητήρων ανίχνευσης (radar, Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης (Μ.Α.Μ.)) της κατάστασης των πρακτόρων, που είναι η θέση, η ταχύτητα, η κατεύθυνση τους, καθώς και την λειτουργία των καναλιών επικοινωνίας τόσο μεταξύ των πρακτόρων όσο και της επικοινωνίας των πρακτόρων με το πλοίο. Επιπρόσθετα, αναπτύξαμε έναν νέο ευριστικό αλγόριθμο καθώς και μια παραλλαγή του γνωστού αλγορίθμου Kalman Filter για τον προσδιορισμό της κατάστασης των πρακτόρων με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από τους αισθητήρες ανίχνευσης της κατάστασης των πρακτόρων, ενώ επίσης δημιουργήσαμε την δικιά μας γλώσσα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι πράκτορες για την επικοινωνία μεταξύ τους αλλά και με το πλοίο. Επιπλέον, εκμεταλλευτήκαμε τον k-means αλγόριθμο για να χωρίσουμε την περιοχή ανίχνευσης σε υποομάδες ανάλογα με τον αριθμό των πρακτόρων που συμμετέχουν, και αναπτύξαμε έναν ευριστικό αλγόριθμο για την κάλυψη της περιοχής που ανατίθεται στους πράκτορες για ανίχνευση ΥΥ. Τέλος, αναπτύξαμε έναν αλγόριθμο για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης των πρακτόρων.

Το εγχείρημα του εντοπισμού ρυπογόνων ΥΥ στην παρούσα εργασία προφανώς λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου σε υδάτινο περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά, η συγκεκριμένη έρευνα και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με ελάχιστες αλλαγές και σε άλλα πεδία, όπως για παράδειγμα σε αποστολές έρευνας και διάσωσης.



2 Abstract

The deposition in the seas of substances and materials that cause pollution of marine waters is increasing. The decomposition time of such polluting factors can exceed 500 years. This situation poses enormous dangers, affecting as they do the entire ecosystem.

The present dissertation puts forward the development of a multiagent system for the exploration of marine waters in order to detect polluting substances and materials. Our main goal was to adapt existing object detection algorithms to the needs of our work, and to combine the above detection algorithms within a multiagent system consisting of autonomous agents that aim to detect all polluting substances and materials present in water. In addition, we propose the implementation of specific algorithmic solutions that enhance the operation of the multiagent system, while we have developed a fairly realistic environment to simulate the operation of our multi-agent system.

In more detail, our study assumes the existence of a moving sea vessel (e.g., a ship) in areas where we wish to investigate the existence of polluting substances and materials. Autonomous Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) depart from the ship and will be called upon to cooperate and locate the polluting factors, in order to eventually follow a process of collection and removal of pollutants.

To detect the polluting factors, we used the well-known Faster R-CNN and Yolo deep convolutional neural network algorithms, adapting them to the needs of our research, and combining their results with an appropriate heuristic algorithm we created. The control as well as the monitoring of our proposed multiagent system is performed via a simulation system that we designed, which gives the UAVs freedom of movement on the x, y, z axes, and simulates the function of detection sensors to detect the state of the agents (which comprises of their position, speed, and direction), as well as the operation of the communication channels both among the agents and the communication between the agents and the ship. In addition, we developed a novel heuristic algorithm as well as one variant of the well-known Kalman Filter algorithm, for determining the state of the agents based on data obtained from sensors; while we also created a problem-oriented communication language used by the agents to communicate with each other and with the sea vessel. In addition, we utilized the well-known k-means algorithm to divide the detection area into subgroups according to the number of agents involved, and developed a heuristic algorithm to cover the area assigned to pollutant detection agents. Finally, we developed an algorithm for estimating the agents' energy consumption.

The task of locating pollutants in the present work obviously takes place entirely in an aquatic environment. Nevertheless, the specific research and methodology proposed and followed, could be used with minimal changes in other settings, such as in search and rescue missions.



Contents

1	Περίληψη	2
2	Abstract	3
3	Εισαγωγή	5
4	Ιστορικό και συναφές έργο	8
5	Περιορισμοί	10
6	Η προσέγγισή μας	12
6.1	Ανίχνευση Εικόνας	12
6.1.1	Τεχνικές αύξησης συνόλου δεδομένων	13
6.1.2	Αλγόριθμος "Yolo"	15
6.1.3	Αλγόριθμος "Faster R-CNN"	19
6.2	Προσέγγιση πολλαπλών πρακτόρων για την αποκατάσταση θαλάσσιων υδάτων	21
6.3	Αξιολόγηση χρησιμότητας πρακτόρων και αλγορίθμων	29
6.4	Συνεργασία αισθητήρων κατάστασης	31
6.5	Επικοινωνία πρακτόρων μεταξύ τους και με πλοίο	35
6.6	Προσομοιωτής πολλαπλών πρακτόρων συγκεκριμένου προβλήματος	38
6.7	Πλοίο	43
7	Πειραματικά δεδομένα	44
7.1	Αξιολόγηση των αλγορίθμων ανίχνευσης εικόνας	45
7.2	Αξιολόγηση συστήματος πολλαπλών πρακτόρων	52
8	Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις	95
9	Παράρτημα	97
9.1	Συντομεύσεις	97
9.2	Υλικό για καλύτερη κατανόηση	97
10	Ευχαριστίες	149
11	Αναφορές	150



3 Εισαγωγή

Σημασία του έργου μας. Οι ωκεανοί αλλά και γενικότερα οι περιοχές θαλάσσιων υδάτων επιτελούν πολλές ζωτικές λειτουργίες για την ανθρώπινη ύπαρξη.[4] Κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη, περιλαμβανομένων των οικοσυστημάτων, της κοινωνίας και της οικονομίας μας, εξαρτάται από το νερό.

Κατά την διαδικασία εξέλιξης του ανθρώπινου είδους η επαφή και η χρήση αυτών των υδάτων ήταν συχνή και ουσιαστική. Ωστόσο λόγω των ιδιοτήτων των πλαστικών, μερικών εκ των οποίων είναι χαρακτηριστικά όπως μικρό βάρος, ευκολία στο να διαμορφώνουν το επιθυμητό σχήμα, ανθεκτικότητα και χαμηλό κόστος παραγωγής, συντέλεσαν στην ευρεία χρήση τους, κάνοντας τα αναπόσπαστο κομμάτι του οικοσυστήματος.[1] Με αποτέλεσμα το γεγονός αυτό να συνδράμει στην ρύπανση του περιβάλλοντος. Η αναφορά στα πλαστικά έγινε σκόπιμα. Δεν σημαίνει ότι αποτελεί εξ' ολοκλήρου τον παράγοντα μόλυνσης των θαλάσσιων υδάτων, αλλά είναι ένας από τους κύριους παράγοντες καθώς τα πλαστικά εντοπίζονται σε όλες τις περιοχές που έγιναν μετρήσεις σε καθοριστικό βαθμό.[3][1]

Επί των πλείστων τα σκουπίδια που προέρχονται από τις πεδινές εκτάσεις κυρίως λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, παρά από την δραστηριότητα εντός θαλάσσιων υδάτων.[3] Ωστόσο, λόγω των ιδιοτήτων των σκουπιδιών καθώς και ανθρώπινων συντελεστών, τα σκουπίδια καταλήγουν σε μεγάλο ποσοστό στους ωκεανούς. Πιο αναλυτικά, το υδάτινο στοιχείο συναντάται σε μεγάλο βαθμό και σε ευρύ φάσμα τοποθεσιών με διάφορες μορφές, όπως λίμνες, θάλασσες, ποτάμια, ωκεανούς και ως συνέπεια έχει την ροή και διανομή σκουπιδιών σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές μολύνοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα οικοσυστημάτων. Επιπλέον, τα περισσότερα σκουπίδια κατά την διάρκεια της διαδρομής τους σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές καταπονούνται σε μεγάλο βαθμό, λόγω περιβαλλοντικών φαινομένων, με αποτέλεσμα την διάσπαση τους σε μικρότερα κομμάτια ή την ενσωμάτωσή τους στο υδάτινο στοιχείο ή ακόμη χειρότερα την κατάποση τους από οργανισμούς τεράστιας ποικιλίας διαφορετικών οικοσυστημάτων όπως πτηνά ή οργανισμούς που απαντώνται στα θαλάσσια ύδατα ακόμη και σε οργανισμούς της στεριάς αφού με την χρήση και κατανάλωση νερού, τα μικρο-πλαστικά σωματίδια εισέρχονται σε πολλούς οργανισμούς. Και εν τέλει στους ίδιους τους ανθρώπους με την βρώση τροφών που έχουν εκτεθεί στις μολυσματικές ουσίες και ύλες.[2][1]

Οι περιοχές των θαλάσσιων υδάτων παρέχουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, υπηρεσιών και προϊόντων που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την ανθρώπινη υγεία [4]. Οπότε ορθός απασχολεί το σύνολο της ανθρώπινης κοινότητας το πρόβλημα της μόλυνσης των θαλάσσιων μαζών. Αν αναρωτηθούμε ειδικά τον ραγδαίο ρυθμό παραγωγής των πλαστικών από το χρόνο ύπαρξής τους. Καθώς όλο και πιο συχνές γίνονται οι δραστηριότητες των ανθρώπων που συμβάλλουν στην μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα.[1][3]

Το έργο μας. Η προσπάθειά μας λοιπόν είναι να συνδράμουμε στην σμίκρυνση της μόλυνσης των θαλάσσιων υδάτων με την περισυλλογή των αντικειμένων και υλών που συμβάλουν σε αυτή την περιβαλλοντική καταστροφή. Τα αντικείμενα αυτά αποτελούνται από μια μεγάλη ποικιλία αντικειμένων που συναντώνται ως συντελεστές της μόλυνσης. Και στην κατηγορία υλών ανήκουν μορφές ρύπανσης, όπως πετρέλαιο, λάδια από πλοία που δεν αναγράφονται στα στατιστικά αλλά θεωρούνται εξίσου σημαντικοί παράγοντες.[5][6]

Για την επίτευξη του παραπάνω εγχειρήματος, θεωρούμε την ύπαρξη ενός πλοίου εξοπλισμένου



με αισθητήρα radar και την δυνατότητα επικοινωνίας μέσω δύο καναλιών. Η επικοινωνία θα γίνεται με τους πράκτορες.^{9,2} Οι πράκτορες είναι κάποιος αριθμός από μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα που απελευθερώνονται από το πλοίο και ως σκοπό έχουν την ανίχνευση των ΥΥ.^{9,1} Στην ουσία οι πράκτορες λαμβάνουν τον ρόλο δημιουργίας ενός μηχανισμού για να ελαχιστοποιηθούν οι μετακινήσεις του πλοίου, να μην ρυπαίνεται το υδάτινο στοιχείο από άσκοπες μετακινήσεις του παρά μόνο όταν απαιτείται περισυλλογή ΥΥ και πιο ευέλικτη αλλά και αποδοτική κάλυψη μεγάλων περιοχών σε μικρό χρονικό διάστημα και με μικρό ενεργειακό κόστος.

Πιο συγκεκριμένα, το πλοίο διαλέγει ένα σημείο, κάποιας ακτίνας που ορίζεται από το radar και το κανάλι επικοινωνίας, γύρω από το οποίο επιθυμεί να ανιχνεύσει την περιοχή για ύπαρξη ΥΥ. Ανάλογα την έκταση της περιοχής που χρήζει άξια ανίχνευσης και τον χρόνο που επιθυμεί το πλοίο να λάβει αποτελέσματα, στέλνει κάποιο αριθμό από πράκτορες. Οι πράκτορες επικοινωνούν με το πλοίο μέσω δύο καναλιών και μεταξύ τους με την χρήση ενός καναλιού. Οι πράκτορες στην αρχή μοιράζονται κάποια στοιχεία και κάνουν μια πρώτη επεξεργασία των δεδομένων που δέχονται από το πλοίο ώστε να αποκτήσουν μια αντίληψη του περιβάλλοντος που θα πάνε για ανίχνευση καθώς και να σχηματίσουν μια στρατηγική δράσης και συνεργασίας τους.

Οι πράκτορες κατά την διάρκεια αναζήτησης ΥΥ ακολουθούν μια πορεία που είχε συμφωνηθεί από όλους τους πράκτορες στην αρχή. Σε κάθε σημείο που διασχίζουν κάνουν λήψη εικόνας του περιβάλλοντος που βρίσκεται από κάτω τους και επεξεργασία της εικόνας με σκοπό την εύρεση ΥΥ. Κατά την διάρκεια διερεύνησης της περιοχής από τους πράκτορες υπάρχει διαρκής επικοινωνία με το πλοίο για να δοθεί η πληροφορία στους πράκτορες των θέσεων τόσο των ίδιων αλλά και των υπόλοιπων πρακτόρων με την βοήθεια του αισθητήρα radar που βρίσκεται στο πλοίο. Και με ένα σύστημα που ονομάζεται "Μονάδα Μέτρησης Αδράνειας"^{9,1} γίνεται συνεργασία αισθητήρων και εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος θέσης, ταχύτητας, αποστάσεων. Επίσης συνεργασία θα δούμε όχι μόνο σε επίπεδο αισθητήρων θέσης αλλά και στον μηχανισμό οπτικής ανίχνευσης ΥΥ.

Πριν ολοκληρώσουμε την εισαγωγή κρίνεται απαραίτητο να δοθούν επιπρόσθετες πληροφορίες για την συνεργασία των πρακτόρων. Είναι ομοιογενείς πράκτορες^[7] που ο καθένας εκτελεί το έργο του και έχει την δυνατότητα να ζητήσει συνεργασία ή να προσφέρει βοήθεια αν το κρίνει αναγκαίο και του ζητηθεί. Επίσης εφαρμόζονται και διάφορες καθολικές πολιτικές απ' όλους τους πράκτορες για την εγκυρότητα εύρεσης ΥΥ, την μη επικάλυψη περιοχών και την υπέρβαση περιορισμών-κινδύνων που ελλοχεύουν.

Τέλος, το πλοίο δύναται να σταματήσει την διαδικασία ανά πάσα στιγμή επιθυμεί και να πάρει αποτελέσματα αλλιώς θα δεχτεί τα αποτελέσματα όταν οι πράκτορες ολοκληρώσουν την εξερεύνηση της περιοχής που τους διανεμήθηκε στην αρχή και προσγειωθούν ξανά στο πλοίο.

Συνεισφορές. Ο απώτερος σκοπός της πτυχιακής είναι η δημιουργία ενός πολυπρακτορικού συστήματος που να αποτελείται από πλήθος Μη Επανδρωμένων Εναέριων Οχημάτων(MEEO), τα οποία είναι ικανά να ανιχνεύσουν υλικά που προκαλούν ρύπανση των υδάτων(ΥΥ). Οι αλγόριθμοι με τους οποίους γίνεται η ανίχνευση των ΥΥ είναι ήδη υλοποιημένοι(Faster RCNN, Yolo), οπότε κληθήκαμε να τους προσαρμόσουμε στις ανάγκες της έρευνας μας καθώς και να συνδυάσουμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν εξ' αυτών με κατάλληλο ευριστικό αλγόριθμο που δημιουργήσαμε. Αυτό γίνεται κυρίως για να επαληθευτούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τους αλγορίθμους ανίχνευσης, για να επωφεληθούμε από την ικανότητα κάποιων από τους αλγορίθμους στην ανίχνευση αντικειμένων σε ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες και όχι μόνο, για να αντιμετωπιστούν αδυναμίες κάποιων από τους αλγορίθμους αυτούς. Ο έλεγχος καθώς και η παρακολούθηση του πολυπρακτορικού συστήματος που υλοποιήσαμε γίνεται μέσω ενός συστήματος προσομοίωσης που σχεδιάσαμε, το οποίο είναι αρκετά ρεαλιστικό αφού έχουμε δώσει στα MEEO ελευθερία



κινήσεων στον x,y,z άξονα, έχουμε προσομοιώσει την λειτουργία αισθητήρων ανίχνευσης(radar, Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης(M.A.M.)) της κατάστασης των πρακτόρων, που είναι η θέση, η ταχύτητα, η κατεύθυνση τους, έχουμε προσομοιώσει την λειτουργία των καναλιών επικοινωνίας τόσο μεταξύ των πρακτόρων όσο και της επικοινωνίας πρακτόρων με πλοίο. Επιπρόσθετα υλοποιήσαμε αλγορίθμους(έναν ευριστικό και υλοποιήσαμε μια παραλλαγή του Kalman Filter) για τον προσδιορισμό της κατάστασης των πρακτόρων με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από τους αισθητήρες ανίχνευσης της κατάστασης των πρακτόρων και δημιουργήσαμε την δικιά μας γλώσσα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι πράκτορες για την επικοινωνία μεταξύ τους αλλά και με το πλοίο. Επιπλέον εχμεταλλευτήκαμε τον Kmeans αλγόριθμο για να χωρίσουμε την περιοχή ανίχνευσης σε υποομάδες ανάλογα με τον αριθμό των πρακτόρων που συμμετέχουν, δημιουργήσαμε έναν ευριστικό αλγόριθμο για την κάλυψη της περιοχής που ανατίθεται στους πράκτορες για ανίχνευση ΥΥ καθώς και δημιουργήσαμε έναν αλγόριθμο για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης των πρακτόρων. Παράλληλα ως προς το πολυπρακτορικό σύστημα δώσαμε την δυνατότητα στους πράκτορες να αναπροσαρμόζουν την αξιοπιστία τους ως προς τους υπόλοιπους πράκτορες(δηλαδή τον βαθμό εμπιστοσύνης τους προς τους πράκτορες) καθώς και να προσδίδουν μια τιμή χρησιμότητας στις περιοχές που εντοπίζουν ύπαρξη ΥΥ. Τόσο η αξιοπιστία που έχουν σχηματίσει οι πράκτορες για τους υπόλοιπους καθώς και η τιμή χρησιμότητας των διάφορων περιοχών αλλάζουν την συμπεριφορά των πρακτόρων στο πολυπρακτορικό σύστημα. Για παράδειγμα αν κάποιος πράκτορας έχει πολύ μικρή τιμή αξιοπιστίας δεν θα αντιμετωπίζεται ως σοβαρή η συμβολή του στο σύστημα. Τέλος μέσω της προσομοίωσης δίνεται η δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής των δυνατοτήτων του συστήματος μας καθώς και εφαρμόσαμε μια πειραματική διαδικασία για την βελτίωση του πολυπρακτορικού συστήματος.

4 Ιστορικό και συναφές έργο

Συναφές έργο. Γνωρίζοντας πως η τεχνολογία για την ανίχνευση εικόνων έχει αρχίσει από τις αρχές του 1960 και ακολούθησαν χρόνια προόδων και εφαρμογών βοηθούμενη από την βελτίωση των συστημάτων για καταγραφή και επεξεργασία εικόνων,^[8] αλλά και οι βάσεις για την ενασχόληση με τον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης και εννοιών όπως πράκτορας έχουν τεθεί ήδη από το 1950^[9], θα περιμέναμε το εγχείρημα της εργασίας μας να είχε εξερευνηθεί αν όχι υλοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Κάτι που δεν το διαπιστώσαμε από αναζητήσεις που έγιναν. Επίσης από τις ημερομηνίες των παραπομπών που θα ακολουθήσουν παρατηρούμε πως το θέμα της εργασίας μας είναι εξαιρετικά επίκαιρο.

Αναλυτικότερα, από τις αρχές του 2010 από κυβερνήσεις και οργανισμούς άρχισε έντονη ανησυχία για την ρύπανση που προκαλείται στο οικοσύστημα λόγω της αξιοποίησης των πλαστικών. Η ανησυχία κορυφώθηκε το 2014 που η δημιουργία πια των πλαστικών ήταν τεράστια και η εκμετάλλευση τους μετά την χρήση τους ήταν ελάχιστη συγκριτικά με τον ρυθμό παραγωγής τους.^[10] Από τις πρώτες αναφορές που προτείνουν λύση στο συγκεκριμένο ζήτημα με την χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων ήταν το 2018 σε ένα περιοδικό, που εξηγούσε το πλάνο μιας εταιρείας με σκοπό την επίλυση του προβλήματος στα θαλάσσια ύδατα. Ωστόσο υπήρχε και μια πιο παλιά αναφορά το 2015 από το Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας που είχε ασχοληθεί παλαιότερα με την χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων για την καταμέτρηση ζώων και ενδιαφέρθηκε για την επίλυση του ζητήματος.^[11] Τέλος αναφορές έχουμε πάλι το 2018 και μετά,^{[12][13][14]} πάλι σε περιοδικά κυρίως δείχνοντας το ενδιαφέρον τους, τις ενδεχόμενες λύσεις, τις κινήσεις που έχουν κάνει μέχρι τώρα με σκοπό την επίλυση του προβλήματος μεταγενέστερα και την σημασία του εγχειρήματος που περιγράφουν χωρίς να δείχνουν κάποια αποτελέσματα ή συμπεράσματα σχετικά με την πρόοδο τους.

Στην συνέχεια, οι επόμενες προσπάθειες φαίνεται να δημοσιεύτηκαν το 2021 και περιγράφουν υλοποιημένα μοντέλα. Αρχίζοντας από την πιο γενική αναφορά^[15] που δημοσιεύτηκε πάλι σε περιοδικό σε μορφή συνέντευξης και παρουσιάζει την εφαρμογή των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων στην εύρεση ΥΥ με μεγάλη ακρίβεια αξιοπιστίας και ακρίβειας στην εύρεση της τοποθεσίας τους. Ωστόσο δεν αποδεσμεύεται η κίνηση των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων από τον άνθρωπο. Επίσης επόμενες ενέργειες για καταγραφή ΥΥ υπήρχαν και δημιουργήθηκαν διάφοροι οργανισμοί ώστε να φτιαχτεί ένας καθολικός χάρτης με τα ΥΥ που υπάρχουν και την τοποθεσία τους καθώς και λύσεις για την συλλογή τους.^{[16][18][17][19]} Με την πιο ολοκληρωμένη λύση για το πρόβλημα ανίχνευσης και περισυλλογής ΥΥ να απέχει σε μεγάλο βαθμό από την δικιά μας προσπάθεια.^[20]

Συναφές έργο που αναφέρεται σε εξειδικευμένα σημεία της εργασίας μας. Όπως θα αναφερθούμε παρακάτω υπάρχει μια πληθώρα άρθρων που συνέβαλλαν ή θα συμβάλουν μεταγενέστερα στην ολοκλήρωση αλλά και στην βελτιστοποίηση της εργασίας μας. Μερικά εκ των οποίων είναι τα άρθρα [52], [53], [54], [55]. Αναλυτικότερα το άρθρο [52] αναφέρεται στον σχηματισμό επικαλυπτόμενων συνασπισμών για την αποτελεσματική συγχώνευση δεδομένων από δίκτυο πολυαισθητήρων. Το συγκεκριμένο άρθρο προκάλεσε το ενδιαφέρον μας, αφού οι ιδέες και τεχνικές του άρθρου είναι ως εκ τούτου σχετικές με την αποτελεσματική κάλυψη περιοχών στις οποίες εντοπίζονται πολλά ΥΥ. Επιπρόσθετα τα άρθρα [54] και [55] είναι ενδιαφέροντα διότι

αναλύουν ζητήματα συνεργασίας πρακτόρων με ανθρώπους σε δυναμικά περιβάλλοντα. Προς το παρόν για τις ανάγκες της εργασίας μας το περιβάλλον ανίχνευσης θεωρήθηκε στατικό και πως δεν απαιτείται άμεση παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα για την ολοκλήρωση του έργου. Ωστόσο έχουν δημιουργηθεί οι απαραίτητες δομές στο σύστημα της προσομοίωσης για την μελέτη δυναμικού περιβάλλοντος, καθώς όπως αναφέρουμε στην ενότητα “Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις”, ως μελλοντική παρέμβαση θεωρείται η δυνατότητα ανίχνευσης ανθρώπων που βρίσκονται σε κίνδυνο ή παρόμοια περιστατικά που χρήζουν άμεσης παρέμβασης. Τέλος το άρθρο [53] προκάλεσε το ενδιαφέρον μας αφού μας δίνει την προοπτική επέκτασης των περιοχών ανίχνευσης, μια εναλλακτική κάλυψης περιοχών από την πλευρά των πρακτόρων και έναν εναλλακτικό τρόπο επικοινωνίας που θα μειώσει την επιβάρυνση των καναλιών επικοινωνίας καθώς και θα δώσει την δυνατότητα πιο άμεσης συνεισφοράς βοήθειας μεταξύ των πρακτόρων, στα οποία είναι ένα από τα κομμάτια που υστερεί η εργασία μας.

Η συνεισφορά του έργου μας. Τα συμπεράσματα και τα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μεθόδους που εντοπίσαμε είναι αρκετά. Αρχικά, οι πράκτορες που θα περιγράψουμε είναι αυτόνομοι σε όλες τις πτυχές εργασίας τους. Οπότε δεν απαιτείται η ανθρώπινη συνεισφορά ώστε να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα. Επίσης κινούνται στον εναέριο χώρο οπότε μπορούν πιο εύκολα, γρήγορα και χωρίς πολλά προβλήματα να μεταβούν σε διάφορα σημεία ακόμη και απρόσιτα. Επιπρόσθετα, η μελέτη που θα παρουσιάσουμε έχει την ικανότητα να μπορεί να επεκταθεί η εύρεση ΥΥ και σε άλλες περιοχές με ελάχιστες τροποποιήσεις. Παράλληλα, επιτυγχάνεται συνεργασία μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων ώστε να προκύψει πιο γρήγορα το αποτέλεσμα και να καλυφθεί πολύ μεγαλύτερη έκταση σε λιγότερο χρόνο. Επίσης με την συνεργασία των πρακτόρων επιτυγχάνεται απόδοση αποτελεσμάτων με ορθότερο τρόπο αφού επιβεβαιώνεται η κάθε τοποθεσία από παραπάνω από έναν πράκτορα και υπερνικούνται κάποιοι περιορισμοί απόδοσης διότι με την ύπαρξη συνεργασίας των πρακτόρων δίνεται η δυνατότητα να ζητούν και λαμβάνουν βοήθεια μεταξύ τους. Αυτό φέρει ως θετικό παρεπόμενο την εξυπηρέτηση κάποιων πρακτόρων με τρόπο ώστε να επιβαρύνονται λιγότερο οι συνεργαζόμενοι πράκτορες.

5 Περιορισμοί

Όπως μπορούμε να υποθέσουμε το εγχείρημα αυτό είναι αρκετά ενδιαφέρον και εμπεριέχει αρκετούς περιορισμούς, καθώς τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα έχουν αρχίσει εδώ και λίγα χρόνια να χρησιμοποιούνται σε σκοπούς εύρεσης αντικειμένων μέσω μηχανικής όρασης και αυτοματοποίησης στον τρόπο λειτουργίας τους δεν βρέθηκε εμφανώς πόσο μάλλον η συνεργασία τους. Ωστόσο η θεωρία πίσω από αυτή την τεχνολογία δεν είναι καθόλου καινούρια και έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα αρκετές φορές στο παρελθόν.

Οι περιορισμοί που αντιμετωπίσαμε κατά την μελέτη μας στην συγκεκριμένη πτυχιακή ήταν:

Ο χρόνος της μπαταρίας των Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} θέτει περιορισμούς για την απόσταση που μπορούν να διανύσουν και το χρονικό διάστημα. Αυτή την παράμετρο έπρεπε να την λάβουμε υπόψη μας στον καθορισμό της ακτίνας των αισθητήρων για Θ.Κ.Τ.^{9.1}, στις παραμέτρους των καναλιών επικοινωνίας καθώς και στην διαδρομή που θα καλύψουν τα Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1}

Σε συνδυασμό με τον παραπάνω περιορισμό, μπορούμε να εκφράσουμε ως επιπλέον περιορισμό τον αριθμό των Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} ώστε στον χρόνο που διαθέτουν να μπορούν να κάνουν ανίχνευση ή/και επαλήθευση των ευρημάτων τους. Στην ουσία εννοούμε τον ιδανικό αριθμό Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} ώστε να μην χρειάζεται να προχωρήσουν σε άσκοπες μετακινήσεις για να ικανοποιήσουν τους περιορισμούς του συστήματος.

Το να κινηθεί το πλοίο για την περισυλλογή των ΥΥ θέτει από μόνο του περιορισμούς επομένως επιθυμούμε να αποφεύγουμε τις μετακινήσεις χωρίς σπουδαίο λόγο. Οπότε πρέπει να εξετάσουμε τον τρόπο, τον χρόνο αλλά και με βάση ποιες πληροφορίες θα δοθεί εντολή να μεταβεί το πλοίο στην επόμενη τοποθεσία του.

Ο αριθμός των Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} δεν είναι σταθερός οπότε έπρεπε να θέσουμε πολιτικές συνεργασίας που να καλύπτουν την μεταβλητή αυτή. Με άλλα λόγια πρέπει να ορίσουμε γενικούς κανόνες που να υπακούουν όλοι οι πράκτορες ασχέτως του αριθμού των πρακτόρων που υπάρχουν στο σύστημα. Επίσης μπορεί να προκύψουν λιγότεροι πράκτορες και κατά την διάρκεια εξέλιξης της ανίχνευσης. Αυτό θα μπορούσε να προκύψει αν κάποιο Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} πάθαινε υλική ζημιά, γεγονός που θα μπορούσε να συμβεί, οπότε θα πρέπει να προβλεφθεί η κατάσταση αυτή.

Ο αριθμός των Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} δεν είναι σταθερός οπότε έπρεπε να βρούμε έναν τρόπο για να μοιράζονται οι περιοχές στα Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1}, όσο το δυνατό πιο ισότιμα(επειδή θεωρούμε ότι είναι ομοιογενείς πράκτορες^[7], έχουν την ίδια μπαταρία, παρόμοιες καταναλώσεις και από την αρχή δεν ξέρουμε που βρίσκονται τα ΥΥ^{9.1})

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε για την ανίχνευση ΥΥ βασίζεται στην λειτουργία των νευρωνικών δικτύων για τα οποία θα γίνει αναφορά παρακάτω. Ένας σημαντικός παράγοντας για την σωστή λειτουργία των νευρωνικών δικτύων είναι ένα σύνολο δεδομένων που ονομάζεται "σύνολο δεδομένων για εκπαίδευση". Αυτό το σύνολο δεδομένων ώστε τα Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} να είναι ικανά να ανιχνεύσουν τα ΥΥ^{9.1} σε ικανοποιητικό βαθμό είναι εξαιρετικά περιορισμένο. Για αυτό το λόγο χρειάστηκε να γίνει εκτεταμένη έρευνα για την περισυλλογή αυτού του συνόλου καθώς και να δημιουργήσουμε/χρησιμοποιήσουμε τεχνικές για την διαμόρφωση μικρότερων συνόλων δεδομένων εξαιρετικά χρήσιμων για την βελτίωση των αποτελεσμάτων των νευρωνικών.

Όπως προαναφέραμε και θα εξηγήσουμε και στην συνέχεια, χρησιμοποιήσαμε νευρωνικά. Τα



νευρωνικά χρησιμοποιώντας το σύνολο δεδομένων που αναφέραμε στον προηγούμενο περιορισμό κάνουν μια διαδικασία που ορίζεται ως "εκπαίδευση των νευρωνικών". Για την εκπαίδευση των νευρωνικών χρειάζονται σημαντικές υπολογιστικές μονάδες, γεγονός που μας περιορίζει στις πειραματικές επιλογές αφού δεν έχουμε την δυνατότητα να πειραματιζόμαστε με διάφορους συνδυασμούς και να έχουμε τα αποτελέσματα σε ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Οπότε θεωρείται αναγκαίο να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ απόδοσης των αποτελεσμάτων εύρεσης ΥΥ και της εκπαίδευσης των νευρωνικών.

Γενικά, όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή η εργασία μας μπορεί με λίγες τροποποιήσεις να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους παρόμοιους σκοπούς. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η εύρεση άλλων ειδών αντικειμένων αντί για ΥΥ. Το μόνο που αλλάζει είναι η διαδικασία εκπαίδευσης των νευρωνικών. Κατά τα άλλα όλη η δομή της εργασίας μας θα παραμείνει ίδια και θα ενσωματωθεί άψογα στις νέες απαιτήσεις. Οπότε σαν περιορισμό θέτουμε και την επιλογή πολύ περιορισμένου συνόλου δεδομένων για την εκπαίδευση των νευρωνικών και ως επακόλουθο την εύρεση ΥΥ. Διότι για άλλες εφαρμογές όχι μόνο υπάρχει μεγάλη ποικιλία συνόλου δεδομένων αλλά και άλλα εργαλεία που ονομάζονται "βάρη των νευρωνικών" που αναλύονται παρακάτω, τα οποία έχουν την ευχέρεια να προσπεράσουν όλη την διαδικασία της εκπαίδευσης νευρωνικών και αυτό από μόνο του είναι μεγάλη διευκόλυνση. Επίσης να σημειώσουμε ότι υπάρχει τεράστια ποικιλία από βάρη νευρωνικών για τεράστια ποικιλία αντικειμένων ανίχνευσης.

6 Η προσέγγισή μας

Αρχικά αυτή η ενότητα αποτελεί συμπληρωματική της εισαγωγής και εμβαθύνουμε σε πιο τεχνικά χαρακτηριστικά. Θεωρούμε πως έχουμε μια πλειάδα από πράκτορες που θα εξερευνήσουν μια περιοχή με σκοπό την εύρεση ΥΥ. Για να γίνει αυτό θα χρειαστούμε την βοήθεια των νευρωνικών δικτύων όπως προαναφέραμε στο τμήμα της πτυχιακής με τους περιορισμούς της εργασίας μας. Τα νευρωνικά δίκτυα, όπως θα εξηγήσουμε σε επόμενη ενότητα με τίτλο "Ανίχνευση Εικόνας", είναι ικανά να μας δώσουν διάφορα χαρακτηριστικά από την εικόνα που επεξεργάζονται αν βρεθεί ΥΥ. Επίσης η τεχνολογία των νευρωνικών έχει αναπτυχθεί σε τόσο βαθμό που και με ένα σύστημα χαμηλών επιδόσεων, όπως συνήθως είναι αυτά που προσκολλώνται σε Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1}, παράγονται αποτελέσματα σε μικρό χρονικό διάστημα και με σχετικά ικανοποιητική χρήση της ενέργειας των Μ.Ε.Ε.Ο. Επομένως χρίζονται άξια για τέτοιου είδους εγχειρήματα, όπως αυτό της εργασίας μας.

Κατά την διάρκεια εξερεύνησης της περιοχής, οι πράκτορες πρέπει να ξεπεράσουν τους περιορισμούς που προαναφέραμε και να βρουν τα ΥΥ με όσες λιγότερες επικαλύψεις περιοχών και με την ελάχιστη προσπάθεια κυρίως για να εξάγουν όσο πιο γρήγορα τα πορίσματα της περιοχής σχετικά με την τοποθεσία και την ύπαρξη ΥΥ καθώς και για την αξιοποίηση όσο το δυνατόν μικρότερων ενεργειακών καταναλώσεων.

Οι πράκτορες δεν λειτουργούν μεμονωμένα. Αντιλαμβάνονται ως χρήσιμη την δυνατότητα για συνεργασία και για αυτό επικοινωνούν τακτικά με τους υπόλοιπους πράκτορες καθώς και επιθυμούν να συνεργαστούν με κάποιον αν το κρίνουν απαραίτητο. "Αν το κρίνουν απαραίτητο" σημαίνει χωρίς να εκμεταλλεύονται αυτή την δυνατότητα συνεργασίας και να "ταλαιπωρούν" τους υπόλοιπους πράκτορες. Η συνεργασία των πρακτόρων υπακούει σε πολλά πρωτόκολλα, βασίζεται στην ανταλλαγή μηνυμάτων, στην εξέταση αξιοπιστίας των πρακτόρων που στέλνουν μηνύματα και την κρίση του κάθε πράκτορα με βάση τις δικές του ανάγκες. Οι πράκτορες θέλουν να συνεργαστούν και να βοηθήσουν ο ένας τον άλλον οπότε δεν υπάρχει ανταγωνιστικό περιβάλλον. Απλά υπάρχουν θέματα εμπιστοσύνης/αξιοπιστίας διότι κάποιο Μ.Ε.Ε.Ο.^{9.1} δύναται να έχει υποστεί υλική ζημιά ή γενικότερα για να είναι η εργασία μας όσο πιο ρεαλιστική πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την ύπαρξη λανθασμένων ανιχνεύσεων ή χειρισμών των πρακτόρων.

Τέλος μόλις οι πράκτορες ολοκληρώσουν το έργο που τους ανατέθηκε επιστρέφουν στην βάση τους, που είναι το πλοίο. Το πλοίο ενημερώνεται διαρκώς για την εξέλιξη του έργου και για τα αποτελέσματα ώστε να είναι ικανό να σχηματίσει έναν χάρτη με την τοποθεσία των ΥΥ αλλά και τη σημασία τους, δηλαδή να έχει γνώση και άλλων χαρακτηριστικών των ΥΥ όπως τον αριθμό τους, την πιθανότητα που βρέθηκαν και τι είδους αντικείμενα είναι. Επίσης το πλοίο έχει την δυνατότητα να σταματήσει όποτε θέλει την διαδικασία ανίχνευσης και να καλέσει έτσι τους πράκτορες πίσω στην βάση με ό,τι αποτελέσματα προέκυψαν μέχρι εκείνη την στιγμή.

6.1 Ανίχνευση Εικόνας

Θεωρητικό Υπόβαθρο. Η ανίχνευση ή αναγνώριση εικόνας εμπεριέχεται στον επιστημονικό κλάδο της μηχανικής όρασης. Η μηχανική όραση εμπεριέχεται με την σειρά της στο επιστημονικό πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης. Η μηχανική όραση επιχειρεί να δημιουργήσει την αίσθηση όρασης εωαυμόζοντας διάφορες αλγοριθμικές τεχνικές.



Πιο συγκεκριμένα ο κλάδος της μηχανικής όρασης, που μας απασχολεί και ορίζεται ως ανίχνευση εικόνας, είναι ικανός να βρει “σημεία ενδιαφέροντος” από εικόνες και να εξάγει χαρακτηριστικά όπως την τοποθεσία αντικειμένων που ενδιαφερόμαστε για ανίχνευση, την έκταση που καταλαμβάνουν, την πιθανότητα να είναι αντικείμενα που μας απασχολούν και τι είδους αντικείμενα είναι.

Εκλαϊκευμένη ερμηνεία της τεχνολογίας αυτής. Για να μπορέσουμε να ανιχνεύσουμε μια κατηγορία αντικειμένων πρέπει να παρέχουμε στον αλγόριθμο μας πολλά δεδομένα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτά τα δεδομένα είναι εικόνες. Η διαδικασία που ο αλγόριθμος μαθαίνει να αναγνωρίζει τα αντικείμενα είναι μια επαναληπτική διαδικασία, η οποία γίνεται σε πολλά επίπεδα και έχει ως εξής: Αρχικά δίνεται η πρώτη εικόνα από το σύνολο εικόνων που έχουμε ορίσει. Βρίσκονται τα σημεία ενδιαφέροντος της εικόνας και αποθηκεύονται διάφορα χαρακτηριστικά που θα βοηθήσουν τον αλγόριθμο ώστε να φτιάξει γενικούς κανόνες σχετικά με το αντικείμενο. Δηλαδή με άλλα λόγια προσπαθεί ο αλγόριθμος να βρει τα σημεία που πιστεύει ότι θα τον κάνουν να αναγνωρίσει ξανά αυτό το αντικείμενο μέσα στην εικόνα. Έπειτα η διαδικασία επαναλαμβάνεται με την σειρά της επόμενης εικόνας από το σύνολο και ο αλγόριθμος προσπαθεί να ξαναπροσδιορίσει τα σημεία ενδιαφέροντος. Στην συνέχεια τα συγκρίνει με την προηγούμενη αντίληψη του για το πως να διακρίνει τα αντικείμενα που επιθυμούμε και έτσι κάνει ανανέωση της αντίληψης του.

Η διαδικασία αυτή που περιγράψαμε στην παραπάνω παράγραφο επαναλαμβάνεται για όλες τις εικόνες του συνόλου δεδομένων που έχουμε ορίσει εξ αρχής και συνήθως τα δεδομένα αυτά αλλά και η διαδικασία γίνεται κατά ομάδες και με τυχαία σειρά για επιλογή εικόνων. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως εκπαίδευση νευρωνικού. Και η δομή του αλγορίθμου που περιγράψαμε για να εξάγει τα σημεία ενδιαφέροντος ορίζεται ως νευρωνικό.

Συλλογή δεδομένων για την εκπαίδευση των νευρωνικών. Αρχικά, προσπαθήσαμε να βρούμε παρόμοιες εργασίες ώστε να χρησιμοποιήσουμε την συλλογή τους από τα σύνολα δεδομένων που είχαν συλλέξει ή κάποια εργαλεία που θα ήταν διαθέσιμα. Ωστόσο, γρήγορα διαπιστώσαμε πως δεν υπάρχουν σε ικανοποιητικό βαθμό. Οπότε, προχωρήσαμε στην αναζήτηση και συγκέντρωση του συνόλου δεδομένων από διάφορες πηγές.

Ομαδοποίηση και Κατηγοριοποίηση των παραπάνω δεδομένων. Εφόσον η συλλογή εικόνων του συνόλου δεδομένων ολοκληρωθεί, κατηγοριοποιούμε το σύνολο αυτό σε ομάδες δεδομένων ώστε κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης να έχουμε την δυνατότητα να αξιολογήσουμε ποιες ομάδες βοηθούν περισσότερο στην ανίχνευση των Υ.Υ. και σε τι βαθμό. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώσαμε ότι κάποιες κατηγορίες δεν βοήθησαν ή δυσχέραναν το έργο της ανίχνευσης, οπότε απομακρύνθηκαν.^{9,2}

6.1.1 Τεχνικές αύξησης συνόλου δεδομένων

Δημιουργήσαμε και χρησιμοποιήσαμε μεγάλη ποικιλία μεθόδων για προσαύξηση του συνόλου δεδομένων μας, καθώς οι διαθέσιμες εικόνες για την εκπαίδευση των νευρωνικών ήταν ελάχιστες. Η απόδοση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων ανίχνευσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σύνολο δεδομένων. Με τις τεχνικές προσαύξησης μεγαλώνουμε το σύνολο δεδομένων και δημιουργούμε “εικόνες απαιτητικές” ώστε να εξυπηρετήσουν τους σκοπούς μας. Με τον όρο “εικόνες απαιτητικές” εννοούμε εικόνες που θα εκπαιδεύσουν τους αλγορίθμους ανίχνευσης να εντοπίζουν τα αντικείμενα ενδιαφέροντος με μεγαλύτερη βεβαιότητα (εμπιστοσύνη πως βρέθηκε Υ.Υ.), χωρίς εσφαλμένες ανιχνεύσεις, με μεγαλύτερη ταχύτητα, ανεξαρτήτως των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν καθώς και ανεξαρτήτως των μορφών που θα βρεθούν τα Υ.Υ. Αναλυτικότερα,



είχαμε στην διάθεση μας τις εξής τεχνικές: ^{9.2}

Blur	VerticalFlip	HorizontalFlip	Flip	Transpose
RandomCrop	RandomGamma	Rotate	ShiftScaleRotate	HueSaturationValue
RGBShift	Random Brightness Contrast	MedianBlur	GaussNoise	CLAHE
ToGray	ToFloat	Random Crop Near BBox	IAASuperpixels	IAASharpen
IAACropAndPad	Equalize	GlassBlur	GridDropout	RandomFog
RandomRain	RandomShadow	RandomSnow	RandomShadow	RandomSunFlare
Solarize	HistogramMatching	Rubbish Generation	Iso	

Table 1: Τεχνικές προσαύξησης του συνόλου εκπαίδευσης.

Ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής της εργασίας μας χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των παραπάνω τεχνικών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τεχνικές και οι δυνατοί συνδυασμοί των οποίων.

GaussNoise	VerticalFlip	HorizontalFlip	Flip	Blur
RandomCrop	RandomGamma	Rotate	ShiftScaleRotate	Random Brightness Contrast
Random Crop Near BBox	GlassBlur	MedianBlur	GaussNoise	RandomSunFlare
Solarize	Iso	Rubbish Generation		

Table 2: Τεχνικές προσαύξησης που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων ανίχνευσης που παρουσιάζονται παρακάτω.

Διαδικασία Βελτίωσης Των Αλγορίθμων Ανίχνευσης. Τα αντικείμενα ενδιαφέροντος που επιχειρούμε να εντοπιστούν από τους αλγορίθμους μας έχουν μικρό μέγεθος. Επίσης δύναται να διασπαστούν μέρη των οποίων καθώς και να παραμορφωθούν σημαντικά. Οπότε στο σύνολο εκπαίδευσης συμπεριλάβαμε και μέρη των Υ.Υ. εκτός από όλη την έκταση των Υ.Υ. Επιπρόσθετα χρησιμοποιήσαμε τεχνικές προσαύξησης για να υπάρχει η δυνατότητα να ανιχνευτούν Υ.Υ. και κάτω από δύσκολες συνθήκες όπως χαμηλού φωτισμού, βροχής, ομίχλης.



Επιπλέον, εφαρμόσαμε διάφορες τεχνικές για να παρακολουθούμε την διαδικασία της εκπαίδευσης των νευρωνικών, διότι ελλοχεύουν κίνδυνοι. Κάποιοι από τους κύριους κινδύνους που μας απασχόλησαν ήταν η έλλειψη και η υπερβολική προσαρμογή του συνόλου δεδομένων μας πάνω στα αντικείμενα που θέλουμε να αναγνωρίζονται. Η έλλειψη προσαρμογής αντιμετωπίστηκε με την εφαρμογή των τεχνικών αύξησης του συνόλου δεδομένων με τις οποίες δημιουργήθηκε μια μεγάλη ποικιλία καινούριων εικόνων. Οπότε μετά από αυτό, έπρεπε να εξετάσουμε να μην προκύψει υπερβολική προσαρμογή του συνόλου δεδομένων μας στα αντικείμενα ενδιαφέροντος.

Για να αποτρέψουμε την υπερβολική προσαρμογή του συνόλου δεδομένων ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία: Αρχικά ξεχωρίσαμε έναν αριθμό εικόνων από το σύνολο αρχικών δεδομένων που είχε επίπεδα δυσκολίας, το οποίο το ορίσαμε ως “σύνολο τελικού ελέγχου”. Το “σύνολο τελικού ελέγχου” περιλαμβάνει κάποιες εικόνες που θεωρούσαμε βασικές αναγνώρισης, κάποιες πιο δύσκολες αλλά και πάλι βασικές, κάποιες αρκετά δύσκολες και τέλος κάποιες που είχαν μέσα τους στοιχεία “παγίδες”. Με τον όρο στοιχεία “παγίδες” εννοούμε αντικείμενα από άλλες κατηγορίες που δεν μας ενδιαφέρουν αλλά θα μπορούσε ο αλγόριθμος να μπερδευτεί και να τα αξιολογήσει σαν αντικείμενα ενδιαφέροντος. Επίσης χωρίσαμε το υπόλοιπο σύνολο δεδομένων σε δύο μέρη. Ένα θα είναι το λεγόμενο “σύνολο εκπαίδευσης” και το άλλο “σύνολο ελέγχου”. Εμείς δώσαμε στο σύνολο εκπαίδευσης το 70% του συνολικού συνόλου δεδομένων αν αφαιρέσουμε το σύνολο τελικού ελέγχου. Οπότε το υπόλοιπο 30% δόθηκε στο σύνολο ελέγχου.^{9,2}

Παράλληλα μια άλλη τεχνική που εφαρμόσαμε για την αποφυγή υπερβολικής προσαρμογής είναι η λεγόμενη “διασταυρωμένη επικύρωση”. Με λίγα λόγια χωρίσαμε το σύνολο εκπαίδευσης και ελέγχου σε πολλά μικρά σύνολα με την ίδια αναλογία όπως χωρίστηκαν από το σύνολο δεδομένων. Τα μικρά αυτά σύνολα ονομάζονται ως “φάκελοι”. Μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας επιλέγονται φάκελοι διαφορετικού περιεχομένου σε κάθε επανάληψη. Με αυτό τον τρόπο οι αλγόριθμοι αναπροσαρμόζουν συνεχώς τις τιμές βεβαιότητας ανίχνευσης αντικειμένων (“βάρη νευρωνικών”) με τυχαίο τρόπο, οπότε αποφεύγεται η εκμάθηση κάποιου συγκεκριμένου μοτίβου των υπαρχόντων αντικειμένων.

6.1.2 Αλγόριθμος “Yolo”

Τι είναι ο “Yolo” αλγόριθμος; Το νευρωνικό δίκτυο του αλγορίθμου YOLO χρησιμοποιεί ολόκληρη την εικόνα προκειμένου να προβλέψει κάθε οριοθετημένο πλαίσιο. Το οριοθετημένο πλαίσιο είναι ένα παραλληλόγραμμο που εφαρμόζεται γύρω από το αντικείμενο ενδιαφέροντος και το περιγράφει με κάποια γνωρίσματα. Η πρόβλεψη των οριοθετημένων πλαισίων γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα είδη αντικειμένων προς ανίχνευση για κάθε εικόνα. Ο αλγόριθμος Yolo δημιουργήθηκε για να δίνει αποτελέσματα υψηλής αξιοπιστίας και ταχύτητας σε μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι χρησιμοποιείται ευρέως σε πραγματικές εφαρμογές και υπερέχει έναντι άλλων αλγορίθμων.

Στα πιο τεχνικά χαρακτηριστικά και αρκετά απλοποιημένα, ο αλγόριθμος αυτός κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης απομνημονεύει πλέγματα. Τα πλέγματα αυτά είναι στην ουσία επισήμανσεις όπως αυτές που κάναμε μόνοι μας στο σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης και σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά όλης της εικόνας ψάχνει τέτοια πλέγματα στις νέες εικόνες. Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε, σε ένα αντικείμενο ενδιαφέροντος μπορούν να αντιστοιχιστούν περισσότερα τους ενός πλέγματα. Και αυτά τα πλέγματα προέκυψαν κυρίως από την επισήμανση ίδιας κατηγορίας αντικειμένων ενδιαφέροντος αλλά και κάποιο μικρό ποσοστό μπορεί να προέκυψε και από αντικείμενα άλλης κατηγορίας. Συνήθως τα πλέγματα προσδιορισμού αντικειμένου ίδιας κατηγορίας καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση του αντικειμένου ενδιαφέροντος της εικόνας επεξεργασίας. Επίσης



κάθε πλέγμα εκτός από την περιοχή οριοθέτησης περιέχει και πληροφορίες σχετικά με τον βαθμό εμπιστοσύνης αναγνώρισης του αντικειμένου. Ο βαθμός εμπιστοσύνης ορίζεται ως:

$$Pr(object) * IOU_{pred}^{truth}. \quad (1)$$

Το $Pr(object)$, είναι η πιθανότητα να υπάρχει αντικείμενο. Αν δεν υπάρχει αντικείμενο είναι 0. Αν υπάρχει θέλουμε να λαμβάνει την τιμή 1, ώστε η βαθμολογία εμπιστοσύνης να ισούται με το IOU. Το IOU είναι η τομή επί της ένωσης μεταξύ της πρόβλεψης του νευρωνικού και της ένδειξης που έχουμε επισημάνει στην διαδικασία σχολιασμού εικόνων.^{[43][44]}

Το πλεονέκτημα του αλγορίθμου αυτού βρίσκεται στο τρόπο λειτουργίας του. Ο αλγόριθμος αυτός σε κάθε πέρασμα εικόνας υπολογίζει τα πλέγματα οριοθέτησης για όλη την εικόνα και για όποιες κατηγορίες πιστεύει ότι μπορεί να υπάρχουν τα αντικείμενα που προσδιορίζουν την εικόνα. Τα πλέγματα του αλγορίθμου προσδιορίζονται με τέσσερις μεταβλητές που είναι το κέντρο του κουτιού (bx, by), το πλάτος (bw) ύψος (bh) της εικόνας και την τιμή c που αντιστοιχεί στην κλάση ενός αντικειμένου. Επιπλέον εκτός από τις προηγούμενες μεταβλητές προσδιορίζεται και από το P_c , ο οποίος είναι ένας πραγματικός αριθμός που δείχνει την πιθανότητα ύπαρξης αντικειμένου στο πλέγμα οριοθέτησης. Με αυτό τον τρόπο αν οι κεντρικές συντεταγμένες του πλέγματος βρίσκονται σε ένα συγκεκριμένο κελί, στο κελί αυτό θεωρείται ότι βρίσκεται το αντικείμενο ενδιαφέροντος.^{[43][44]}

Η πιθανότητα κάποιο κελί να περιέχει αντικείμενο που θέλουμε δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.^{[43][44]}

$$score_{c,i} = p_c * c_i. \quad (2)$$

Το p_c , είναι η πιθανότητα να ανήκει το είδος αντικειμένου c στο κελί που εξετάζεται. Και το c_i είναι δείκτης ένδειξης αν υπάρχει πλέγμα που να προσδιορίζει αυτό το κελί από κάποιο είδος αντικειμένου ενδιαφέροντος. Η παραπάνω εξίσωση θα δώσει μια λίστα από τιμές πιθανοτήτων αντικειμένων στο συγκεκριμένο πλέγμα. Όποιο είδος αντικειμένων ενδιαφέροντος συγκεντρώσει μεγαλύτερη τιμή στην λίστα θα του ανατεθεί το κελί για να το προσδιορίσει.

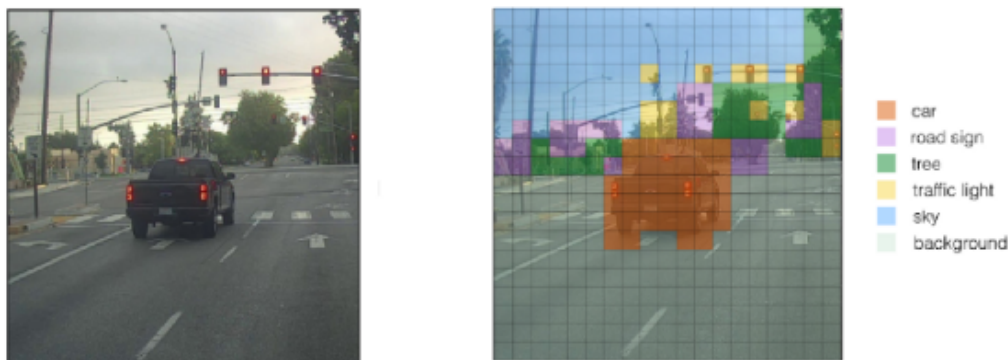


Figure 1: Προσδιορισμός πιθανοτήτων για κάθε κελί στα πλαίσια αντικειμένων. Προέλευση Εικόνας:YOLO — You Only Look Once(A State of the Art Algorithm for Real-Time Object Detection System)^[43]

Στη παραπάνω εικόνα στο αριστερό μέρος της παρουσιάζεται μια εικόνα που περνάει σαν είσοδο στο νευρωνικό του αλγορίθμου Yolo. Στην δεξιά μεριά φαίνεται η αξιολόγηση κελιών σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση που περιγράψαμε. Μετά την πρόβλεψη των πιθανοτήτων για κάθε κελί και την απόδοση προσδιορισμού κλάσης ανάλογα με την μέγιστη τιμή που συγκεντρώνει κάθε κλάση στο κάθε κελί της εικόνας πρέπει να εφαρμοστεί μια επιπλέον διαδικασία που ορίζεται ως "καταστολή μη μέγιστων τιμών".

Η καταστολή μη μέγιστων τιμών είναι μια διαδικασία που βοηθά τον αλγόριθμο να απαλλαγεί από τα περιττά πλέγματα.^{9.2} Ο αλγόριθμος αυτός δουλεύει ως εξής: Εξαλείφει τα πλαίσια που είναι κοντά μεταξύ τους, αφήνοντας το ένα που θα προσδιοριστεί με μεγαλύτερη τιμή πιθανότητας με βάση την σχέση IoU.

Η σχέση IoU ορίζεται ως εξής:^{[43][44]}

$$IoU = \frac{B_1 \cap B_2}{B_1 \cup B_2} \quad (3)$$

Τα B αναφέρονται στα γνωρίσματα των πλαισίων οριοθέτησης.^{9.2}



Figure 2: Παράδειγμα της εφαρμογής της διαδικασίας καταστολής μη μέγιστων τιμών. Προέλευση Εικόνας:YOLO — You Only Look Once(A State of the Art Algorithm for Real-Time Object Detection System)^[43]

Όπως καταλαβαίνουμε δεν είναι το νευρωνικό που κάνει τον αλγόριθμο τόσο ξεχωριστό, αλλά η σκέψη πίσω από τον αλγόριθμο. Με άλλα λόγια αυτός ο αλγόριθμος αντί να εξετάζει κάθε εικόνα πολλαπλές φορές με σκοπό τον προσδιορισμό αντικειμένων, την περνάει μία φορά από το δίκτυο και με περαιτέρω διαδικασίες βγάζει το τελικό αποτέλεσμα. Επομένως ο ίδιος αλγόριθμος μπορεί να προκύψει και με ποικίλες μορφές νευρωνικών.

Εμείς είχαμε στην διάθεση μας τρεις δομές νευρωνικών^{9.2} που τις εξετάσαμε όλες και καταλήξαμε στην "yolov3-spp.cfg" δομή ως καλύτερη για την εργασία μας λόγω των αποτελεσμάτων που προέκυπταν.

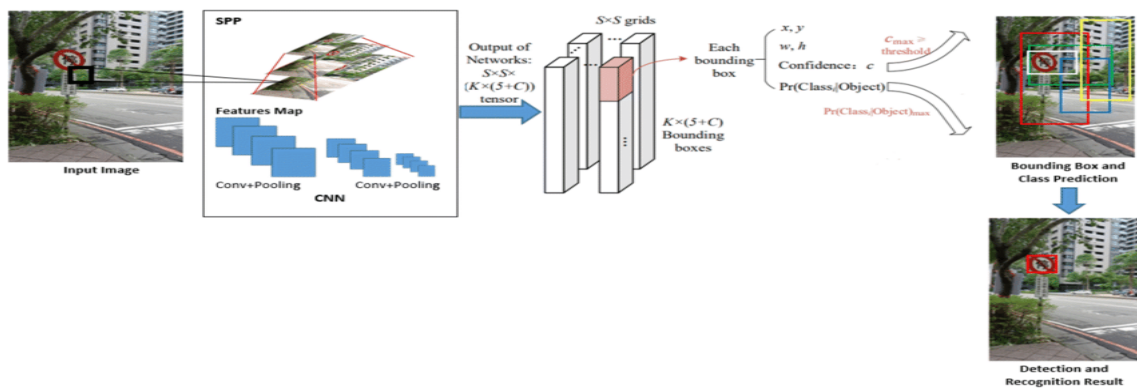


Figure 3: Αναπαριστάται η αρχιτεκτονική του δικτύου που χρησιμοποιήσαμε στον Yolo αλγόριθμο καθώς και οι υπόλοιπες διαδικασίες που εφαρμόζονται στην εκτέλεση του αλγορίθμου. Προέλευση Εικόνας: [You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection](#).^[44]

Πρακτική χρήση του αλγορίθμου Yolo στην εργασία μας. Εκπαιδεύσαμε το νευρωνικό μας με τις παρακάτω κατηγορίες από το σύνολο δεδομένων και προέκυψαν κάποια βάρη που τα χρησιμοποιήσαμε σε επόμενες εκπαιδεύσεις του νευρωνικού (να σημειωθεί ότι οι παρακάτω διαδικασίες δεν αφορούν το σύνολο των εκπαιδεύσεων που έγιναν αλλά όσες θεωρήθηκαν άξιες για σχολιασμό και εξαγωγή συμπερασμάτων). Οπότε έχουμε τις εκπαιδεύσεις νευρωνικού με τις παρακάτω υπο-ομάδες του συνόλου δεδομένων.

No.	Ονομασίες Βαρών	Σύνολα ομάδων για εκπαίδευση
1.	Yolo Weight 1	Με όλες τις ομάδες (όλο το σύνολο δεδομένων)
2.	Yolo Weight 2	Με τις κατηγορίες που περιείχαν εικόνες με σκουπίδια χωρίς την χρήση κάποιας μεθόδου προσαύξηση συνόλου δεδομένων.
3.	Yolo Weight 3	Με τις εικόνες που προέκυψαν από κάποια μέθοδο προσαύξηση συνόλου δεδομένων.
4.	Yolo Weight 4	Χρήση του βάρους που προέκυψε από την εκπαίδευση του 3 και την εκπαίδευση εκ νέου με το σύνολο δεδομένων του 2.
5.	Yolo Weight 5	Χρήση του βάρους που προέκυψε από την εκπαίδευση του 1 και την εκπαίδευση εκ νέου με το σύνολο δεδομένων του 2.
6.	Yolo Weight 6	Όλες τις υπο-ομάδες χωρίς την χρήση κάποιας μεθόδου “προσαύξησης”.
7.	Yolo Weight 7	Χρήση του βάρους που προέκυψε από την εκπαίδευση του 5 και την εκπαίδευση εκ νέου με το σύνολο δεδομένων του 2.
8.	Yolo Weight 8	Χρήση του βάρους που προέκυψε από την εκπαίδευση του 3 και την εκπαίδευση εκ νέου με το σύνολο δεδομένων του 1.

Table 3: Τα κυριότερα σύνολα ομάδων δεδομένων για την εκπαίδευση των νευρωνικών του Yolo αλγορίθμου και τα ονόματα που φέρουν τα βάρη που προέκυψαν από την εκπαίδευση κάθε συνόλου αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών φαίνονται αναλυτικά στο excel αρχείο με ονομασία "SUM.UP.xlsx" και στην ενότητα με τα πειραματικά δεδομένα^{7.1} φαίνονται τα πορίσματα και τα συμπεράσματα μας.

6.1.3 Αλγόριθμος "Faster R-CNN"

Τι είναι ο Faster R-CNN αλγόριθμος;^[29]

Καταρχάς ο αλγόριθμος αυτός ανήκει σε μια οικογένεια αλγορίθμων με την ονομασία R-CNN. Πρωτοεμφανίστηκε το 2015 και ήταν μια προσπάθεια να βελτιώσει τις προηγούμενες γενιές αλγορίθμων της οικογένειας που ανήκει ως προς την ταχύτητα και τις επιδόσεις αφαιρώντας κάποια βήματα του αλγορίθμου και προσθέτοντας άλλα.

Οι αλγόριθμοι αυτοί αποτελούνται συνήθως από:

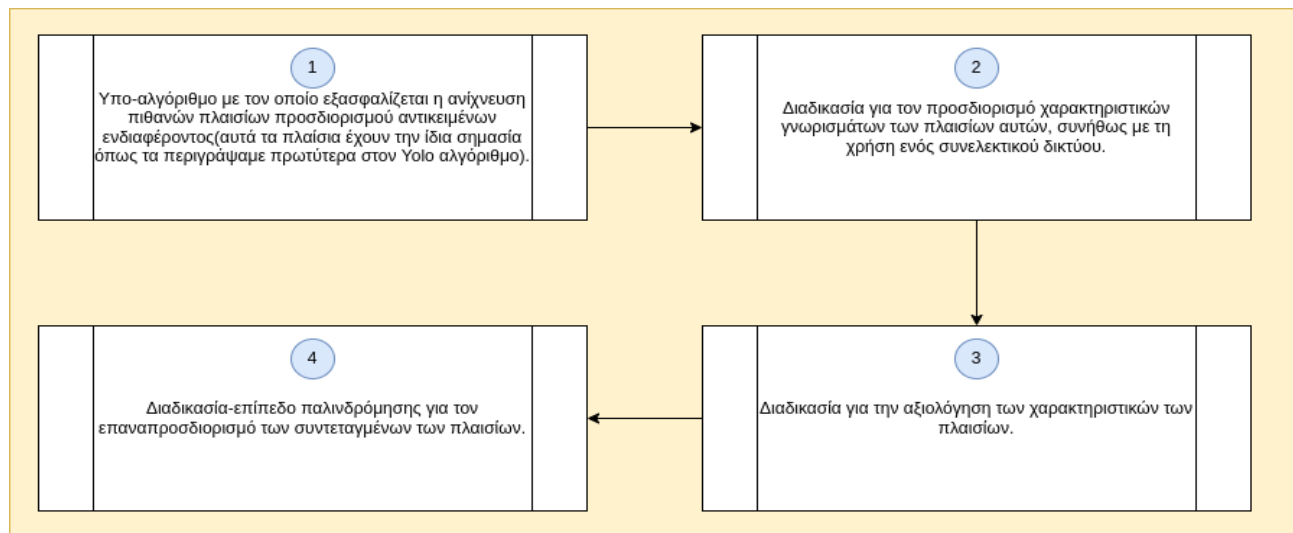


Figure 4: Παράδειγμα μεθοδολογίας του αλγορίθμου Faster RCNN. Προέλευση Εικόνας: Δημιουργήθηκε από το εργαλείο Draw.io

Μία από τις βελτιώσεις του Faster R-CNN σε σχέση με τις προγενέστερες μορφές του είναι η απαλλαγή χρήσης επεξεργαστή ως αποκλειστική υπολογιστική μονάδα σε κάποιες διαδικασίες του αλγορίθμου, όπως στην επιλεκτική αναζήτηση και η αντικατάσταση της με ένα συνελεκτικό δίκτυο προκειμένου να δημιουργηθεί έτσι ο προσδιορισμός πλαισίων.

Τρόπος λειτουργίας του αλγορίθμου.^[29]

Αρχικά διαμορφώνουμε τις διαστάσεις των εικόνων για να τροφοδοτηθούν στο δίκτυο πρότασης περιοχής(RPN). Δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση αλλά γίνεται για λόγους ταχύτητας(μεγαλύτερες εικόνες χρειάζονται περισσότερη υπολογιστική ισχύ και χρόνο). Το δίκτυο αυτό μπορεί να δεχτεί οποιαδήποτε διαστάσεων εικόνες, ωστόσο για θέματα ταχύτητας διαμορφώνουμε το σύνολο εισόδου. Επίσης ένας άλλος λόγος είναι ότι χρειάζονται μεγαλύτερη μνήμη/πόρους αν αυξηθεί το μέγεθος της εικόνας.

Τα δίκτυα πρότασης περιοχής είναι συνελεκτικά δίκτυα ικανά να δώσουν σαν έξοδο την τοποθεσία αντικειμένων ενδιαφέροντος μες την εικόνα και την βαθμολογία ως προς την βεβαιότητα αναγνώρισης. Η διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών αυτών των δικτύων είναι αρκετά χρονοβόρα,

ωστόσο τα αποτελέσματα είναι υψηλής ποιότητας λόγω της δομής του αλγορίθμου. Εξετάζονται και επεξεργάζονται ταυτόχρονα πολλά σημεία της εικόνας με πολλούς πιθανούς συνδυασμούς, για αυτό και μειώνουμε κατά πολύ τις διαστάσεις των εικόνων πριν εισέλθουν στο δίκτυο. Επίσης στο επόμενο βήμα τα αποτελέσματα του δικτύου αυτού θα τροφοδοτηθούν στον αλγόριθμο Fast RCNN. Ο εν λόγω αλγόριθμος χρησιμοποιεί και αυτός νευρωνικό δίκτυο και για αυτό είναι απαραίτητη η συμφωνία παραμέτρων για να ταξιδέψουν τα δεδομένα από το ένα δίκτυο στο άλλο. Ο πιο εύκολος τρόπος είναι να έχουν ένα σύνολο από κοινά δίκτυα και να τα μοιράζονται.[28]

Ύστερα από την παραπάνω διαδικασία ακολουθεί η εφαρμογή ενός Fast-RCNN αλγορίθμου, με σκοπό την ανίχνευση των αντικειμένων ενδιαφέροντος. Αυτό γίνεται επεξεργάζοντας τα στοιχεία που προέκυψαν από το RPN. Το δίκτυο πρότασης περιοχής υποδεικνύει στον αλγόριθμο Fast-RCNN τα σημεία ενδιαφέροντος της εικόνας, με άλλα λόγια που να κοιτάζει. Κυρίως ο αλγόριθμος αυτός ασχολείται με την ανανέωση των παραμέτρων του κοινού δικτύου.[28]

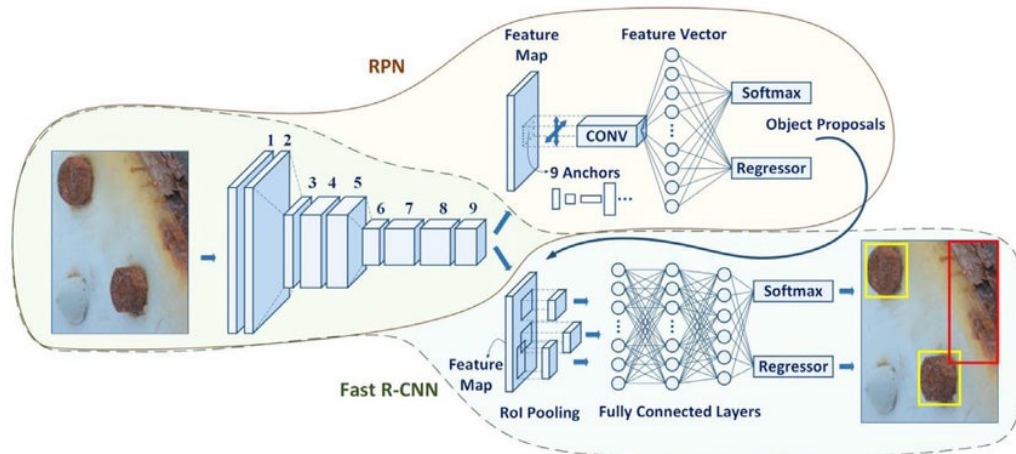


Figure 5: Προέλευση Εικόνας: "Medium": "Faster RCNN Object detection".[45] Στην εικόνα παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του αλγορίθμου Faster RCNN. Φαίνεται το κοινό συνεκτικό δίκτυο καθώς και τα επιμέρους βήματα του αλγορίθμου με τις εξόδους, εισόδους και αποτελέσματα που παράγουν.[29]

Πρακτική χρήση του αλγορίθμου Faster RCNN στην εργασία μας. Όπως προαναφέραμε ο αλγόριθμος αυτός είναι αρκετά χρονοβόρος και ως εκ τούτου δε καταφέραμε να πειραματιστούμε όσο θα επιθυμούσαμε παρά μόνο να ικανοποιήσουμε ανάγκες της πτυχιακής. Εφόσον είχαμε δημιουργήσει την σηματοδότηση αντικειμένων στις εικόνες του συνόλου εκπαίδευσης, το μόνο που αλλάξαμε σε σχέση με τον αλγόριθμο Yolo ήταν να μετατρέψουμε τα δεδομένα της σηματοδότησης σε μορφή Pascal VOC.^{9.2} Σε αντίθεση με το YOLO αλγόριθμο, εκπαιδεύσαμε τον αλγόριθμο Faster RCNN^[30] με την χρήση του παρακάτω συνόλου εισόδου.

No.	Ονομασίες Βαρών	Σύνολα ομάδων για εκπαίδευση
9.	Faster RCNN	Με όλες τις ομάδες (όλο το σύνολο δεδομένων)

Table 4: Το κυριότερο σύνολο ομάδων δεδομένων για την εκπαίδευση των νευρωνικών του Faster RCNN αλγορίθμου και το όνομα που φέρει το βάρος που προέκυψε από την εκπαίδευση του αντίστοιχα(Συνέχεια του πίνακα 3).

6.2 Προσέγγιση πολλαπλών πρακτόρων για την αποκατάσταση θαλάσσιων υδάτων

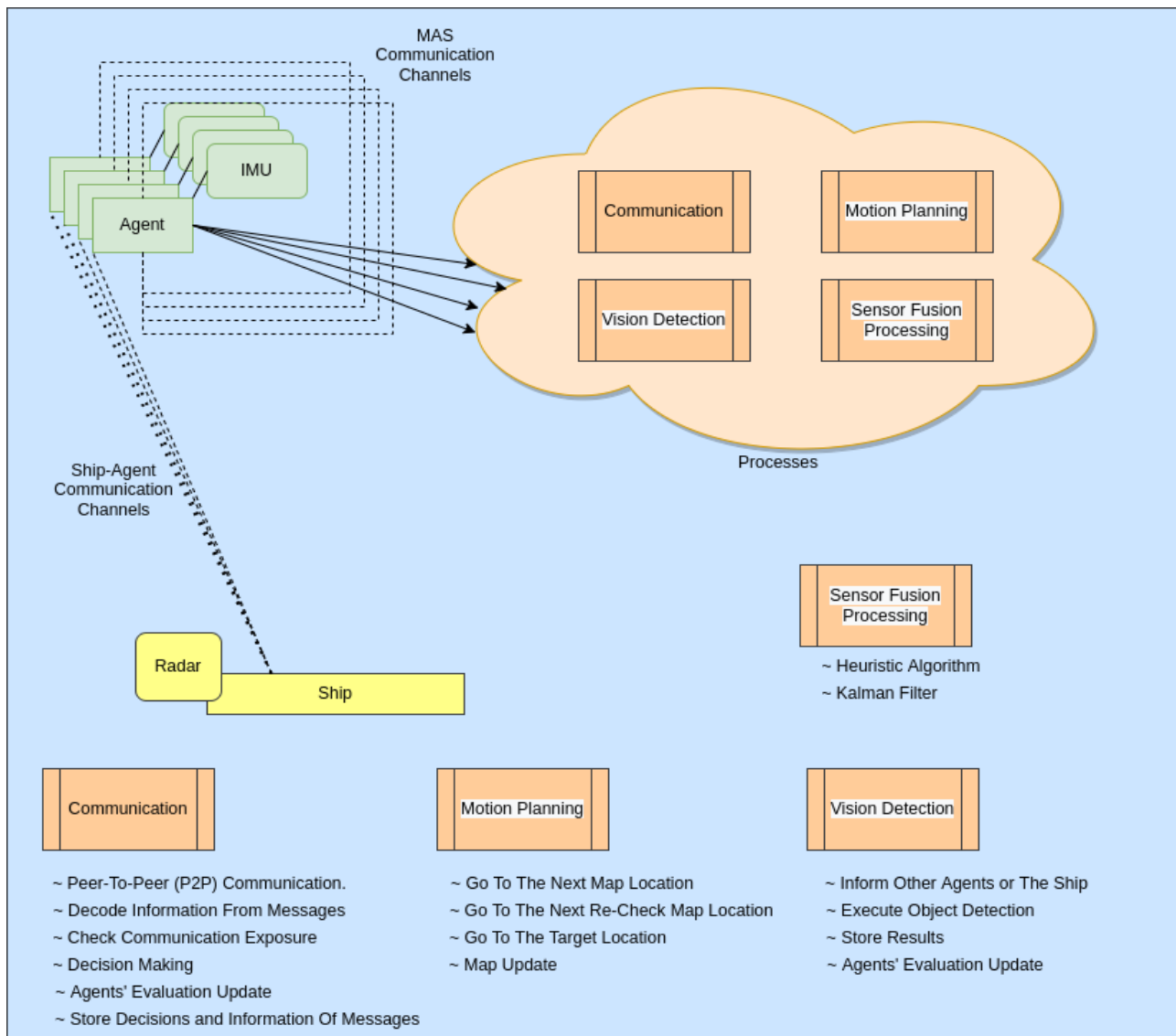


Figure 6: Το πολυπρακτορικό σύστημα που σχεδιάσαμε. Προέλευση Εικόνας: Εικόνα που δημιουργήθηκε με το εργαλείο "draw.io" για την καλύτερη κατανόηση της πτυχιακής.

Γενική Περιγραφή Πολυπρακτορικού Συστήματος. Αρχικά, οι πράκτορες βρίσκονται στο πλοίο. Όταν δοθεί ένδειξη εκκίνησης από το πλοίο, οι πράκτορες χωρίζουν την περιοχή ανίχνευσης που τους ανατέθηκε σε διαδρομές όσο πιο δίκαια μπορούν (η διαδικασία αυτή εξαρτάται από τον αριθμό των πρακτόρων, της ακτίνας εμβέλειας του πλοίου, τους περιορισμούς στην εμβέλεια των καναλιών επικοινωνίας, την ενεργειακή τους κατανάλωση και το απόθεμα).

Στην συνέχεια, σαν πολιτική δράσης τους θεωρούμε να κυκλοφορούν ζευγάρια ώστε να είναι

πιο άμεση η χρήση βοήθειας από άλλο πράκτορα σε περίπτωση που γίνει ενεργοποίηση κάποιας παραμέτρου βοήθειας(χωρίς να σημαίνει αυτό ότι κάνουν ίδιες ενέργειες ή ακολουθούν ίδιες διαδρομές, απλά για ορισμένες ενέργειες απευθύνονται στα ζευγάρια τους για βοήθεια αντί να στέλνουν σε όλους και να προκύψει μια διαδικασία διαπραγμάτευσης. Ωστόσο σε μερικά γεγονότα αυτή η διαδικασία διαπραγμάτευσης δεν μπορεί να παρακαμφθεί).

Οι πράκτορες κατά την διάρκεια μετακίνησης τους καταγράφουν το περιβάλλον που βρίσκεται από κάτω τους και αποθηκεύουν, επεξεργάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Παράλληλα, ανάλογα με τα αποτελέσματα της έρευνας των πρακτόρων για Υ.Υ.^{9.1} ακολουθείται μια σειρά πολιτικών αξιολόγησης τόσο των Υ.Υ.^{9.1} που βρέθηκαν όσο και του πράκτορα που τα εντόπισε και έτσι πραγματοποιούνται ορισμένες ενέργειες.

Επιπλέον, οι πράκτορες επικοινωνούν τακτικά με την αποστολή μηνυμάτων και ενημερώνουν τους υπόλοιπους πράκτορες για παροχή βοήθειας ή για τα αποτελέσματα της έρευνας τους(και με αυτό τον τρόπο ανακατανέμονται τα βάρη που προσδιορίζουν τους πράκτορες. Με τον όρο βάρη των πρακτόρων ορίζεται η εκτίμηση που τρέφει κάθε πράκτορας για τους υπόλοιπους).

Τέλος, τα ζευγάρια των πρακτόρων μόλις ολοκληρώσουν την δική τους διαδρομή, προχωράνε στο να εξετάσουν/επαληθεύσουν την περιοχή έρευνας των αντίστοιχων ζευγαριών τους, ώστε να σιγουρευτούν ότι δεν έγινε κάποιο λάθος. Το έργο των πρακτόρων τελείωσε και μεταβαίνουν ξανά στο πλοίο. Στο σημείο αυτό το πλοίο με βάση τα δεδομένα που έχει συλλέξει από την συνεχή επικοινωνία με τους πράκτορες προχωρά στην απομάχρυνση των ρυπογόνων αντικειμένων.

Ανάπτυξη στρατηγικής των πρακτόρων.

No.	Πρωτόκολλα
1.	Αρχικά οι πράκτορες πληροφορούνται για διάφορες μεταβλητές όπως ο αριθμός των πρακτόρων που θα κληθούν να συνεργαστούν, χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που θα ανιχνεύσουν(όπως έκταση), το κανάλι επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων και του πλοίου, τους αισθητήρες υπολογισμού Θ.Κ.Τ. ^{9.1} Έπειτα προσομοιώνουν το περιβάλλον ανίχνευσης σε μορφή γράφου και το χωρίζουν σε διαδρομές ανά πράκτορα με την εφαρμογή του K-Means αλγορίθμου.
2.	Στην συνέχεια, αν βρεθεί Υ.Υ. από κάποιο πράκτορα συμβαίνουν μια σειρά από αξιολογήσεις, επεξεργασίες και ειδοποιείται ο πράκτορας που αποτελεί ζευγάρι με τον πράκτορα που βρήκε το Υ.Υ.
3.	Το ζεύγος λοιπόν των πρακτόρων αφού ξέρει για την ύπαρξη του Υ.Υ. αποφασίζει να συναντηθεί στο σημείο εντοπισμού των αντικειμένων προκειμένου να γίνει επαναξιολόγηση και να διαπιστωθεί η ύπαρξη των Υ.Υ., τα χαρακτηριστικά των Υ.Υ., η χρησιμότητα των Υ.Υ.
4.	Αφού, τελικά βρεθεί το ζεύγος πρακτόρων στο ίδιο σημείο και εκτιμήσουν την σημασία των Υ.Υ., αποφασίζουν να ακολουθήσουν μια κοινή πορεία και να ψάξουν στις γύρω περιοχές για περισσότερα Υ.Υ.(Αυτό γίνεται γιατί αν βρεθεί ένα Υ.Υ. σε μια περιοχή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρχουν και άλλα σε κοντινές αποστάσεις από το σημείο εύρεσης). Αποφασίζουν λοιπόν να χαράξουν κοινή πορεία για να αποφευχθούν οι περιττές διαδρομές.
5.	Επίσης αν οι πράκτορες δεν συμφωνήσουν κατά ένα ποσοστό στην αξιολόγηση των Υ.Υ. πρέπει να κληθεί τρίτος πράκτορας για να διαλευκάνει την κατάσταση και να ακολουθηθεί μια σειρά πολιτικών για την εκτίμηση της περιοχής εύρεσης Υ.Υ. καθώς και αξιολογήσεων των πρακτόρων, των αλγορίθμων τους και άλλων χαρακτηριστικών με βάση την αιτία αυτής της ασυνεννοησίας.

6.	Αν κάποιος πράκτορας ανιχνεύσει Υ.Υ. ενώ μεταβαίνει στην τοποθεσία του πράκτορα που τον κάλεσε για βοήθεια στην επαλήθευση ανίχνευσης, τότε ανταλλάσσουν μηνύματα με σκοπό να εντοπίσουν την τοποθεσία που φέρει μεγαλύτερη χρησιμότητα.
7.	Επιπρόσθετα, αν κάποιος πράκτορας(A) είναι απασχολημένος και του ζητηθεί βοήθεια από άλλον πράκτορα(B), ο A δεν εξυπηρετεί τον B και τον παραπέμπει σε άλλον πράκτορα ή συμβουλεύει τον B να τον περιμένει μέχρι να είναι διαθέσιμος.
8.	Τέλος, οι πράκτορες εφόσον δεν αντιμετωπίζουν θέματα έλλειψης ενεργειακού αποθέματος συνεχίζουν την συνεργασία τους. Σε αντίθετη περίπτωση όλοι οι πράκτορες μεταβαίνουν στο πλοίο για να τροφοδοτηθούν ενέργεια(θεωρείται πως έχουν ίδιο αρχικό ενεργειακό απόθεμα και από τα πειράματα παρακάτω οι πράκτορες φαίνεται πως έχουν παρόμοιες καταναλώσεις, οπότε η ενέργεια όλων των πρακτόρων κυμαίνεται στα ίδια ποσοστά).

Table 5: Πρωτόκολλα Συνεργασίας Πρακτόρων.

Διεργασίες πρακτόρων. Οι πράκτορες επιτελούν διεργασίες τεσσάρων κατηγοριών. Οι διεργασίες αυτές έχουν ακολουθιακή λογική και όταν ολοκληρωθούν όλες από μία φορά σημειώνεται ως “ένας κύκλος διεργασιών”. Με το πέρας των κύκλων διεργασιών όλων των πρακτόρων σημειώνεται ένας γύρος της προσομοίωσης.

Οι διεργασίες των πρακτόρων είναι οι εξής:

No.	Όνομα Διεργασίας	Κωδική Ονομασία.
1.	Αισθητήρες	‘SENSOR ANALYSER’
2.	Ανίχνευση	‘VISION DETECTOR’
3.	Επικοινωνία	‘COMMUNICATION’
4.	Μετακίνηση	‘MOTION PLANNER’

Table 6: Διεργασίες Των Πρακτόρων.

Αισθητήρες. Με αυτή την διεργασία αναφερόμαστε στην ικανότητα των πρακτόρων να μπορούν να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με την θέση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα των ιδίων αλλά και των υπόλοιπων πρακτόρων(Θ.Κ.Τ.)^{9.1}.

Για τις ανάγκες τις πτυχιακής δημιουργήσαμε δύο συστήματα για την ανίχνευση των παραμέτρων θέσης,κατεύθυνσης,ταχύτητας(Θ.Κ.Τ.) και συνδυάσαμε τα αποτελέσματα και των δύο συστημάτων αισθητήρων για να συγχροτήσουμε ένα συνολικό σύστημα αισθητήρων(δηλαδή επιτύχαμε συνεργασία μεταξύ των επιμέρους συστημάτων αισθητήρων). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αισθητήρων μας αποτελούνταν από το “IMU system”(M.A.M.^{9.1}) και “radar”.

Θεωρητικά για M.A.M.^{9.1} Όπως μπορούμε να δούμε και στις συντομέυσεις^{9.1} αποτελεί έναν αισθητήρα που βοηθάει μη επανδρωμένα εναέρια συστήματα στην εξαγωγή χαρακτηριστικών



σχετικά με την κινητική τους κατάσταση και την θέση τους. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές τους είναι για σταθεροποίηση, διόρθωση μετρήσεων, καθοδήγηση, μετρήσεις κατάστασης συστημάτων. Τα Μ.Α.Μ.^{9.1} κατασκευάζονται με ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών, παραμέτρων και προδιαγραφών, οπότε η καταλληλότερη επιλογή εξαρτάται από τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Για παράδειγμα εάν το περιβάλλον έχει ομίχλη μερικά Μ.Α.Μ.^{9.1} συστήματα υπερέχουν έναντι άλλων που μπορεί να ήταν καλύτερα σε άλλη κατηγορία περιβαλλοντικών συνθηκών. Επίσης υπάρχει και μεγάλη ποικιλία σχετικά με την ακρίβεια, το μέγεθος, το βάρος, το σχήμα που καταλαμβάνει, την ανθεκτικότητα και άλλες παραμέτρους που καθιστούν προσεκτική και ιδιαίτερη την επιλογή ορισμένου Μ.Α.Μ.^{9.1} για συγκεκριμένο εγχείρημα.

Πρακτικά για Μ.Α.Μ.^{9.1}. Στην πράξη προσομοιώσαμε τις αρχές λειτουργίας του Μ.Α.Μ.^{9.1} ως εξής:

No.	Διαδικασία
1.	Αρχικά, όπως περιγράψαμε παραπάνω αποτελείται από σύστημα αισθητήρων που κυρίως ασχολείται με την εύρεση της θέσης των πρακτόρων. Ωστόσο κανένας αισθητήρας δεν είναι τέλειος και έχουμε εισάγει κάποια χαρακτηριστικά θορύβου για να είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα η λειτουργία του. Προσθέσαμε λοιπόν, καθυστέρηση στην έξοδο των αποτελεσμάτων του Μ.Α.Μ. ^{9.1} καθώς και θόρυβο στις μετρήσεις. Ο θόρυβος τώρα μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες που σχετίζονται με τα αποτελέσματα που εξάγει το σύμπλεγμα αισθητήρων Μ.Α.Μ. ^{9.1} . Άρα, έχουμε επιλογή επιβολής θορύβου στην θέση του πράκτορα, στην κατεύθυνση του καθώς και στα αποτελέσματα ταχύτητας του.
2.	Στην συνέχεια, το Μ.Α.Μ. ^{9.1} με βάση τις παραπάνω παραμέτρους υπολογίζει την θέση του πράκτορα καθώς και των υπόλοιπων. Την επαληθεύει με πληροφορίες που λαμβάνει από τους υπόλοιπους πράκτορες και με πολιτική επεξεργασίας, εξάγει τα αποτελέσματα περί θέσεως τόσο του ιδίου, όσο και των υπόλοιπων πρακτόρων.
3.	Έπειτα, το Μ.Α.Μ. ^{9.1} έχει την δυνατότητα εξαγωγής πληροφοριών της κατεύθυνσης των πρακτόρων. Αυτό γίνεται ως εξής: Συγκρίνει τις γνώσεις του περί θέσεων των πρακτόρων και ανάλογα με τις καινούριες θέσεις προκύπτουν τα αποτελέσματα του. Οπότε από αυτό βλέπουμε πως υπάρχει μνήμη για την αποθήκευση τέτοιων δεδομένων.
4.	Τέλος, αποτελέσματα για την ταχύτητα των πρακτόρων προκύπτουν με βάση το ποσοστό μετατόπισης από την μία θέση στην άλλη σε σχέση με την ταχύτητα του συγκεκριμένου πράκτορα (δηλαδή ο κάθε πράκτορας σκέφτεται πόσο γρήγορα μπορούσε να πάει αυτός κάπου σε σχέση με τι το έκανε ο άλλος πράκτορας και έτσι βγαίνει το αποτέλεσμα).

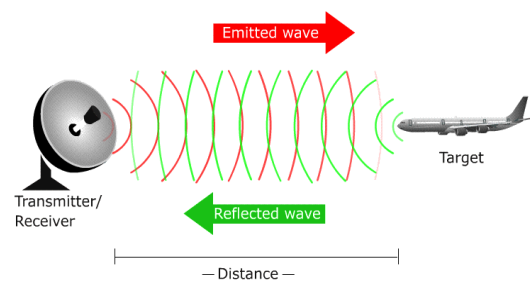
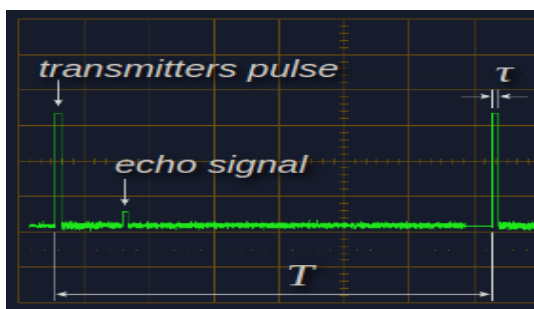
Table 7: Προσομοίωση Συστήματος Αισθητήρων Μ.Α.Μ.

Θεωρητικά για Radar. Το παλμικό ραντάρ εκπέμπει σύντομους και ισχυρούς παλμούς και κατά τη σιωπηλή περίοδο (περίοδο που δεν εκπέμπει) λαμβάνει τα σήματα που είχε εκπέμψει. Σε αντίθεση με το ραντάρ συνεχούς κύματος, ο πομπός απενεργοποιείται πριν ολοκληρωθεί η μέτρηση. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από διαμόρφωση παλμών ραντάρ με πολύ σύντομους παλμούς εκπομπής (συνήθως διάρκεια παλμών εκπομπής τ 0,1 ... 1 μ s).

Μεταξύ των παλμών εκπομπής μεσολαβούν πολύ μεγάλες παύσεις παλμών $T \gg \tau$, οι οποίες αναφέρονται ως χρόνος λήψης (τυπικά $T \approx 1ms$), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η απόσταση των ανακλώμενων αντικειμένων προσδιορίζεται με μέτρηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας (σε σταθερό ραντάρ) ή με σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταβολών του φάσματος Doppler^{9.2}



με τις τιμές για δεδομένες αποστάσεις που είναι αποθηκευμένες σε μια βάση δεδομένων (για ραντάρ σε πλατφόρμα ταχείας κίνησης). Τα παλμικά ραντάρ σχεδιάζονται κυρίως για μεγάλες αποστάσεις και εκπέμπουν σχετικά υψηλή παλμική ισχύ.



(a) Λειτουργία παλμικού radar. Προέλευση Εικόνας: [radartutorial](http://radartutorial.com). (b) Λειτουργία παλμικού radar. Προέλευση Εικόνας: [skyradar](http://skyradar.com).

Πρακτικά για Radar. Στην πράξη προσομοιώσαμε τις αρχές λειτουργίας του radar ως εξής:

No.	Διαδικασία
1.	Η δυνατότητα επιβολής θορύβου είναι όπως περιγράψαμε και στο M.A.M. ^{9.1} και εφαρμόζεται στα αποτελέσματα των Θ.Κ.Τ. Τα χαρακτηριστικά του radar που διαφοροποιούνται από εκείνα του M.A.M. ^{9.1} είναι η συχνότητα, η μέγιστη απόσταση, η ελάχιστη απόσταση και η ισχύς. Η καθυστέρηση των αποτελεσμάτων εξαρτάται από την συχνότητα του radar. Επίσης θεωρούμε ότι το radar βρίσκεται στο πλοίο και από την μέγιστη απόσταση, ελάχιστη απόσταση υπολογίζεται η ακτίνα μετακίνησης των πρακτόρων στο περιβάλλον τους. Όστε να μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες με το πλοίο.
2.	Στην συνέχεια, κάθε πράκτορας ειδοποιείται από τον μηχανισμό του radar για τις θέσεις των πρακτόρων καθώς και για την δική του και αποθηκεύει αυτή την πληροφορία.
3.	Έπειτα, όπως και στο M.A.M. ^{9.1} , προβλέπεται η κατεύθυνση των πρακτόρων με βάση την παρούσα θέση και την προηγούμενη που είχε ο κάθε πράκτορας.
4.	Τέλος, τα αποτελέσματα της ταχύτητας προκύπτουν όπως και στο M.A.M. ^{9.1} δηλαδή μέσω της σύγκρισης των θέσεων.

Table 8: Προσομοίωση Συστήματος Αισθητήρων Radar.

Ανίχνευση.

Στο τμήμα αυτό γίνεται η καταγραφή και η ανίχνευση εικόνων προς αναζήτηση Υ.Υ. Αν δεν βρεθεί κάποιο Υ.Υ. τότε η διαδικασία ολοκληρώθηκε και οι πράκτορες προχωρούν σε επόμενη διεργασία. Ενώ αν βρεθούν Υ.Υ. τότε ακολουθεί μια σειρά ελέγχων, επεξεργασιών, αποθηκεύσεων στην μνήμη του πράκτορα καθώς και αποστολή μηνυμάτων σε άλλους πράκτορες.

Η διεργασία αυτή μπορεί να εκτελεστεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος και συνιστώμενος για τις ανάγκες της προσομοίωσης ορίζεται ως “ανίχνευση εκ των προτέρων” και ο δεύτερος “ανίχνευση επιτόπου”. Στην “ανίχνευση εκ των προτέρων” έχουμε εκτελέσει ανιχνεύσεις σε όλες τις εικόνες που δύναται να καταγράψει ο πράκτορας πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης και με αυτό τον

τρόπο γλιτώνουμε τις καθυστερήσεις της “ανίχνευση επιτόπου”, που είναι η διαδικασία καταγραφής και ανίχνευσης εικόνων την ίδια στιγμή. Παρακάτω παρουσιάζονται περισσότερα θετικά και αρνητικά των μηχανισμών αυτών.

Επικοινωνία. Αυτό το κομμάτι διεργασιών, όπως και το επόμενο, ίσως αποτέλεσαν το πιο σημαντικό τμήμα της λειτουργίας των πρακτόρων. Εκτός από την επικοινωνία των πρακτόρων σε αυτό το τμήμα διεργασίας, οι πράκτορες εκτελούν αξιολόγηση των πληροφοριών που λαμβάνουν, αξιολόγηση των πρακτόρων, επεξεργασία της πληροφορίας καθώς και προγραμματίζουν την επόμενη κίνηση τους.

Προτού αναλύσουμε την διαδικασία της διεργασίας αυτής να σημειώσουμε πως η διαδικασία επικοινωνίας των πρακτόρων γίνεται μέσω μηνυμάτων που αποθηκεύονται σε δομή που μοιάζει με γραμματοκιβώτιο. Με άλλα λόγια κάθε φορά που έρχεται μήνυμα σε κάποιον πράκτορα δεν ειδοποιείται αλλά αποθηκεύεται. Ύστερα όταν φτάσει το στάδιο εκτέλεσης αυτής της διεργασίας επικοινωνίας διαβάζει και διαγράφει τα μηνύματα.

Πιο συγκεκριμένα,

No.	Διαδικασία
1.	Αρχικά, ο πράκτορας παίρνει(λήψη και απομάκρυνση) όλα τα μηνύματα του από το κουτί επικοινωνίας του(γραμματοκιβώτιο). Κάθε μήνυμα αποκωδικοποιείται, ελέγχεται αν είναι ασφαλές(δηλαδή δεν έχει εκτεθεί το κανάλι και έχει αλλοιωθεί το μήνυμα) και αποθηκεύεται προσωρινά στην νέα μορφή που προέκυψε από την επεξεργασία.
2.	Στην συνέχεια ελέγχεται αν το κανάλι ήταν ασφαλές(δηλαδή κανένα μήνυμα δεν είχε αλλοιωθεί) και αποθηκεύονται τα μηνύματα στην μνήμη του πράκτορα.
3.	Έπειτα, ακολουθείται πολιτική επεξεργασίας των μηνυμάτων καθώς και της κατάστασης του πράκτορα και αποφασίζει ο πράκτορας την επόμενη του κίνηση.
4.	Τέλος, προχωράει στην αξιολόγηση των πρακτόρων με βάση τα μηνύματα που έλαβε καθώς και του εαυτού του και ενημερώνει τους υπόλοιπους πράκτορες με πληροφορίες που επιθυμεί.

Table 9: Πρωτόκολλο Εκτέλεσης Διεργασίας “Επικοινωνίας”.

Μετακίνηση. Η διεργασία αυτή έχει σκοπό την εκτέλεση της κίνησης που προαποφασίστηκε στην προηγούμενη διαδικασία και αν κριθεί απαραίτητο να ενημερώσει κάποιους πράκτορες σχετικά με τις πληροφορίες που ο πράκτορας επιθυμεί.

Αν για τον πράκτορα δεν ληφθεί καμιά απόφαση, συνεχίζει το μονοπάτι που προ αποφασίστηκε στην αρχή πριν αναχωρήσουν από την βάση τους. Ο αλγόριθμος που σκεφτήκαμε για να προσπελάσει ο κάθε πράκτορας όλες τις περιοχές που του αναλογούν ορίζεται ως “Ζικ-Ζακ”. Ο αλγόριθμος αυτός δημιουργήθηκε για να ολοκληρώσει ο πράκτορας το μονοπάτι του χωρίς να περνάει από περιοχές πολλαπλές φορές καθώς και για να πετύχει μεγάλη ταχύτητα κάλυψης αφού μεταβαίνει κάθε φορά στην πιο κοντινή περιοχή που χρίζεται άξια ανίχνευσης ΥΥ. Για να γίνει πιο κατανοητή η διαδικασία του “Ζικ-Ζακ” που επιλέχθηκε ως πολιτική κάλυψης της περιοχής που αναλογεί στους πράκτορες ακολουθεί η παρακάτω εικόνα.



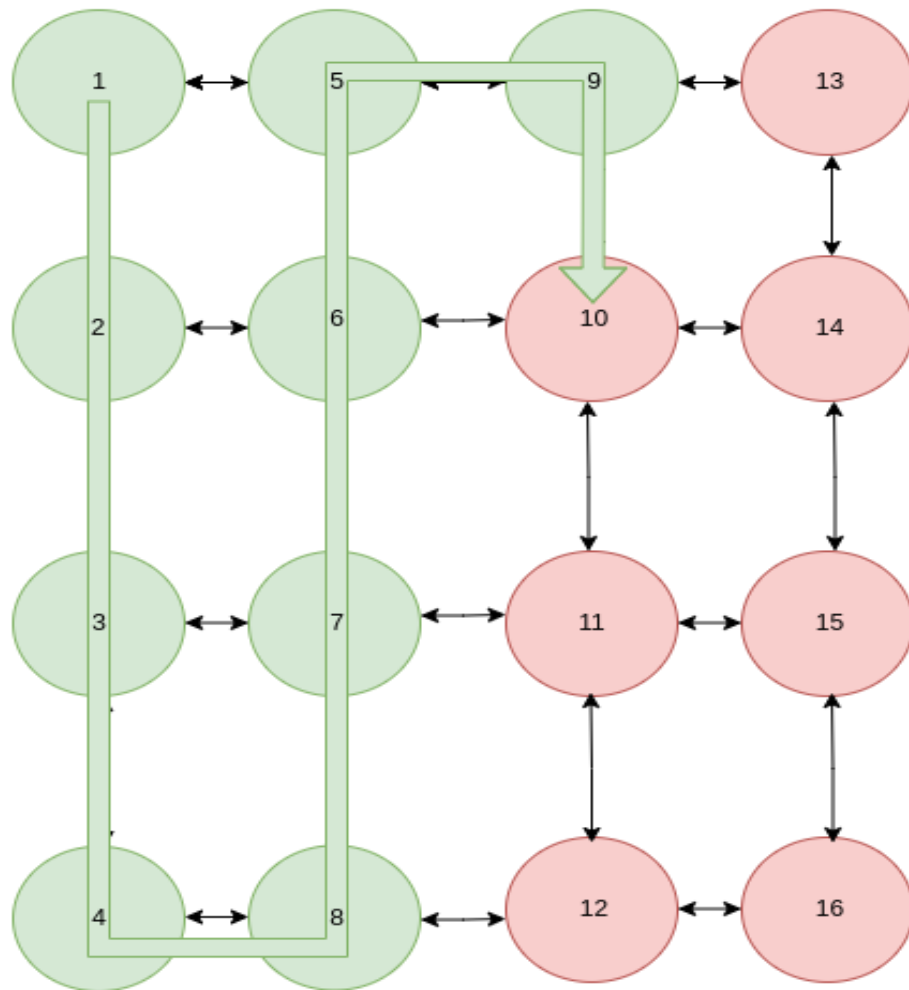


Figure 8: Παράδειγμα εφαρμογής του αλγορίθμου "Ζικ-Ζακ". Προέλευση Εικόνας: Εικόνα που δημιουργήθηκε με το εργαλείο "draw.io".

Ο αλγόριθμος αυτός αρχίζει από ένα σημείο της διαδρομής του πράκτορα (κάθε κόμβος σηματοδοτεί μια περιοχή και κάθε ακμή την δυνατότητα μετακίνησης του πράκτορα σε άλλους κόμβους/περιοχές) και προχωράει κάθετα ως προς μια κατεύθυνση μέχρι να μην υπάρχει άλλος διαθέσιμος κόμβος στον κάθετο άξονα. Στην συνέχεια μεταβαίνει στην επόμενη θέση ως προς τον οριζόντιο άξονα. Έπειτα καλύπτει όλες τις περιοχές που βρίσκονται κάθετα του κόμβου που βρίσκεται ο πράκτορας με φορά αντίθετη της προηγούμενης που συνέβη στον ίδιο άξονα. Και με αυτό τον τρόπο ο πράκτορας μεταβαίνει σε όλες τις περιοχές της διαδρομής του. Το πράσινο χρώμα και το κόκκινο πάνω στους κόμβους δεν ήταν τυχαίο. Κάθε φορά που ο πράκτορας μεταβαίνει σε κάποια τοποθεσία την σηματοδοτεί ως ότι έχει επισκεφτεί και εκτελεί έλεγχο αντικειμένων ενδιαφέροντος.

Καθορισμός Διαδρομής στους Πράκτορες. Σε κάθε πράκτορα διανέμεται μια διαδρομή

που είναι συνδυασμός από το συνολικό πεδίο διαθέσιμων κόμβων του ενιαίου γράφου. Ο ενιαίος γράφος είναι η αναπαραγωγή του περιβάλλοντος που πρέπει να ανιχνεύσουν αντικείμενα ΥΥ οι πράκτορες και είναι κοινός για κάθε πράκτορα. Αυτό γίνεται με τον αλγόριθμο Kmeans. Ο αλγόριθμος K-means προσδιορίζει k αριθμό κεντροειδών(πράκτορες στην περίπτωση της εργασίας μας) και στη συνέχεια κατανέμει κάθε νέο κόμβο στην πλησιέστερη συστάδα, διατηρώντας τα κεντροειδή όσο το δυνατόν μικρότερα. Επομένως το k αντιστοιχεί στον αριθμό των πρακτόρων και έτσι σε κάθε πράκτορα έχει ανατεθεί ένα μονοπάτι με όσο πιο κοντινά σημεία επίσκεψης γίνεται.

Λίγα λόγια για το πώς δουλεύει ο αλγόριθμος K-Means.^[31] Ο αλγόριθμος K-means ξεκινά με μια πρώτη ομάδα τυχαία επιλεγμένων κεντροειδών, τα οποία χρησιμοποιούνται ως σημεία εκκίνησης για κάθε συστάδα, και στη συνέχεια εκτελεί επαναλαμβανόμενους υπολογισμούς για τη βελτιστοποίηση των θέσεων των κεντροειδών. Αυτή η διαδικασία έχει διάφορους περιορισμούς ως προς το πότε θα σταματήσουν οι επαναλήψεις καθώς και με ποιον τρόπο μπορούν να αρχικοποιηθούν τα κεντροειδή ώστε να βελτιωθεί η απόδοση του αλγορίθμου.

Ενεργειακή κατανάλωση. Για τους πράκτορες είναι πολύ σημαντικό να ελέγχουν συχνά το ενεργειακό τους απόθεμα γιατί χάρη σε αυτό μπορούν να επιτελέσουν όλες τις λειτουργίες τους και κυρίως τις πιο βασικές, όπως την πτήση. Για το λόγο αυτό ελέγχεται συχνά το ενεργειακό τους απόθεμα και αν είναι μικρότερο από κάποια ήδη ορισμένη τιμή, τότε οι πράκτορες ανεξαρτήτως τι συμβαίνει στο περιβάλλον τους(πχ αν βρει κάποιος Υ.Υ.) μεταβαίνουν στο πλοίο για να επαναφορτίσουν το ενεργειακό τους απόθεμα. Η εν λόγω τιμή αναφέρεται στην ποσότητα ενεργειακού αποθέματος που χρειάζεται κάθε πράκτορας για να επιστρέψει στην βάση από όπου και αν βρίσκεται. Έπειτα ειδοποιούν όλους τους πράκτορες ότι πηγαίνουν στην βάση και ακολουθεί μια πολιτική φόρτισης των πρακτόρων. Στη συνέχεια αφού γεμίσουν ξανά το ενεργειακό τους απόθεμα, συνεχίζουν τις δουλειές που έκαναν πριν γυρίσουν. Επίσης εκτός από τον παραπάνω μηχανισμό που περιγράψαμε, το ενεργειακό απόθεμα ασκεί επιρροή και σε άλλους μηχανισμούς που σχετίζονται με την εκτίμηση καταστάσεων, όπως την αξιολόγηση χρησιμότητας που αναλύσαμε παραπάνω. Αυτό συμβαίνει γιατί θεωρούμε πως δεν πρέπει οι πράκτορες να αναλώνουν άσκοπα την ενέργεια τους ειδικά στην περίπτωση που έχουν λίγη πρέπει να διαλέξουν την καλύτερη επιλογή ώστε να αποφευχθεί η επιστροφή τους πριν τον εντοπισμό Υ.Υ.

Επίσης έχουμε δημιουργήσει διάφορες πολιτικές για την εκτίμηση του ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων. Κάποιες από αυτές εκμεταλλεύονται τις περιόδους της προσομοίωσης, ώστε οι πράκτορες να δρουν πιο σοβαρά όσο περνάει ο χρόνος δράσης τους.

Μπορούμε να περιγράψουμε και ένα επιπλέον χαρακτηριστικό του μηχανισμού αυτού. Το ενεργειακό απόθεμα των πρακτόρων μειώνεται κατά ένα ποσοστό κάθε φορά που εκτελείται κάποια από τις προαναφερθείσες διεργασίες των πρακτόρων. Πρόκειται για τις διεργασίες που σημειώσαμε αλλά και άλλες ζωτικές για την λειτουργία των πρακτόρων, όπως η δυνατότητα πτήσης. Επομένως οι πράκτορες έχουν μια μεγάλη ποικιλία διεργασιών που μειώνουν το ενεργειακό τους απόθεμα και για αυτό πρέπει να προσέχουν την στρατηγική τους για επόμενες κινήσεις, αφού και ακίνητα να είναι χάνουν ενέργεια πόσο μάλλον όταν εκτελούν άσκοπες κινήσεις.



6.3 Αξιολόγηση χρησιμότητας πρακτόρων και αλγορίθμων

I. Αξιολόγηση Πρακτόρων. Πριν αναλύσουμε το σύστημα με τις αξιολογήσεις των πρακτόρων, να σημειωθεί πως έχουμε χωρίσει την διάρκεια εξέλιξης της προσομοίωσης σε στάδια/περιόδους (Early-Mid-Late). Αυτά που αλλάζουν και εξυπηρετούν οι περίοδοι, είναι οι τιμές των βαρών που απονέμονται στους πράκτορες είτε για επιδοκιμασία είτε για αποδοκιμασία. Επιδοκιμασία εφαρμόζεται στους πράκτορες από πράκτορα, κάθε πράκτορας έχει την δικιά του αντίληψη για την αξιοπιστία των υπολοίπων αλλά και του ιδίου και σηματοδοτεί ότι κάποιος πράκτορας έκανε "ορθά" την δουλειά του. Ενώ αποδοκιμασία είναι στην ουσία μια ποινή που εφαρμόζεται από πράκτορα σε άλλους με σκοπό την μείωση της αξιοπιστίας τους. Στην πράξη τα οφέλη είναι ότι όσο μειώνεται η αξιοπιστία των πρακτόρων δεν λαμβάνεται τόσο ως σημαντική η άποψη αυτών των πρακτόρων σε διάφορους τομείς, όπως δεν τους εμπιστεύονται σε περιπτώσεις συνεργασίας ή στα αποτελέσματα τους σχετικά με την εύρεση ΥΥ. Κατά μία έννοια λοιπόν ενισχύεται η αδιαφορία των πρακτόρων για αυτούς.

I.I. Επεξήγηση της διαδικασίας αυτής. Κάθε πράκτορας αντιστοιχεί μια τιμή αξιοπιστίας/βάρους σε κάθε πράκτορα στο σύστημα. Όταν κρίνεται απαραίτητο, στην τιμή αυτή προστίθεται το αποτέλεσμα της συνάρτησης $F(x) = Ax + B$, με A,B να είναι παράμετροι που θα σχολιαστούν στην ενότητα με τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας και το x είναι το ορισμένο διάνυσμα εκτίμησης που μεταφράζεται ως επιδοκιμασία ή αποδοκιμασία της δράσης των πρακτόρων. Οι παράμετροι A,B συμβάλουν στην εξομάλυνση επιρροής των γεγονότων ενδιαφέροντος, όπως είναι η εύρεση ΥΥ ή η συνεργασία, στην τιμή αξιοπιστίας. Το x αποτελεί την αντίληψη του πράκτορα για κάποιον άλλο πράκτορα. Αυτά αναπαριστώνται παρακάτω σε φορμαλιστική μορφή⁹ και σε μορφή που προέκυψε από το περιβάλλον προσομοίωσης⁹. Επίσης στην εικόνα που προαναφέρθηκε⁴ παρατηρούμε και ένα από τα γεγονότα ενδιαφέροντος που είναι το να πάει κάποιος πράκτορας να επιβεβαιώσει περιοχή συνεργάτη του για την ύπαρξη ΥΥ.

II. Αξιολόγηση Αλγορίθμων Ανίχνευσης ΥΥ. Η αξιολόγηση των αλγορίθμων ανίχνευσης ΥΥ αναπτύσσεται με την ίδια λογική με την αξιολόγηση πρακτόρων με την διαφορά ότι εφαρμόζεται σε διαφορετικές περιόδους.

II.I. Επεξήγηση της διαδικασίας αυτής. Η διαδικασία αναπροσαρμογής τιμών αξιοπιστίας στους αλγορίθμους ανίχνευσης είναι ίδια με την διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω για την αξιολόγηση των πρακτόρων. Και φαίνεται στην εικόνα⁹ σε φορμαλιστική μορφή στο πλαίσιο⁵.

Ορισμός της συνάρτησης αξιολόγησης των πρακτόρων:

$$AgentWeights_k[agentID] = A * C * WeightEstimation + B \quad (4)$$

Ο συμβολισμός $AgentWeights_k[agentID]$ δηλώνει την μεταβλητή εμπιστοσύνης του πράκτορα k για τον πράκτορα agentID. Το $AgentWeights_k$ είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης του πράκτορα k για τον πράκτορα agentID. Με agentID να δηλώνει την κωδική ονομασία κάποιου πράκτορα. C είναι μεταβλητή που ελέγχει την επιρροή των εκτιμήσεων της δράσης των πρακτόρων. A,B είναι μεταβλητές που ελέγχουν την επιρροή των γεγονότων ενδιαφέροντος στην συνάρτηση αυτή.



Ορισμός της συνάρτησης αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων:

$$AlgorithmWeights_{k,l}[algorithmID] = A * C * WeightEstimation + B. \quad (5)$$

Ο συμβολισμός $AlgorithmWeights_{k,l}[algorithmID]$ σηματοδοτεί την μεταβλητή εμπιστοσύνης του πράκτορα k για τον αλγόριθμο ανίχνευσης με κωδική ονομασία $algorithmID$ του πράκτορα l . Ο συμβολισμός $AlgorithmWeights_{k,l}$ είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης του πράκτορα k για τον αλγόριθμο ανίχνευσης με κωδική ονομασία $algorithmID$ του πράκτορα l . C είναι μεταβλητή που ελέγχει την επιρροή των εκτιμήσεων των αλγορίθμων ανίχνευσης. A, B είναι μεταβλητές που ελέγχουν την επιρροή των γεγονότων ενδιαφέροντος στην συνάρτηση αυτή.

```
def rewardMessages(agent, msg, items=0, probabilities=[], rightDetector=-1, wrongDetector=-1):
    try:
        if '#Going_For_Vision_Help' in msg:
            # Reward Me,
            agent.agentWeight[agent.agentID] += (CALIBRATION_AGENT_WEIGHTS * agent.rewardAgentWeight[agent.agentID][1]) * CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS[0][0] + CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS[0][1] * Agent == (C * Reward
            # Punish Callers For Help,
            agentCalling = eval(msg.split('#')[2])
            agent.agentWeight[agentCalling] += (CALIBRATION_AGENT_WEIGHTS * agent.rewardAgentWeight[agentCalling][0]) * CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS[0][2] + CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS[0][3] * Penalty, Agent_called
            # Punish Callers Algorithms,
            for j in range(NUMBER_OF_ALGORITHMS): # Algo == C * Punish
                agent.agentAlgorithmsWeights[agentCalling][j][0] += (agent.rewardAgentAlgorithmsWeights[agentCalling][j][0] * CALIBRATION_ALGO) + CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS[0][2] + CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS[0][3]
            PLOT_VERTICAL_LINES_FOR_REWARDMESSAGES[agent.agentID].append('#Going_For_Vision_Help')
```

Figure 9: Μέρος της διαδικασίας αναπροσαρμογής των τιμών αξιοπιστίας σε πράκτορες και αλγόριθμους ανίχνευσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

III. Συνάρτηση Χρησιμότητας. Είναι η αξιολόγηση βαρύτητας/σημασίας των περιοχών που καλύπτουν οι πράκτορες. Δεν είναι αναγκαίο να έχουν όλοι οι πράκτορες την ίδια αντίληψη. Ωστόσο υπακούουν σε κάποιους κανόνες καθώς και με ρυθμιστικούς μηχανισμούς προσπαθούμε να γίνεται όσο πιο ορθολογικά η αξιολόγηση της καλύτερης περιοχής με Υ.Υ. Με τον όρο καλύτερη περιοχή εννοούμε την περιοχή που περιέχει χαρακτηριστικά που πρέπει να απομακρυνθούν πρωτίστως γιατί αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο ρύπανσης συγκριτικά με τις υπόλοιπες που βρέθηκαν. Επομένως, η απόφαση των πρακτόρων για την επιλογή προτίμησης περιοχής λαμβάνεται με βάση αυτόν τον μηχανισμό. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος μηχανισμός και από το πλοίο για τον καθορισμό χρησιμότητας των περιοχών που ανιχνεύτηκαν ΥΥ από τους πράκτορες. Παρακάτω παρουσιάζεται ο μηχανισμός αυτός σε φορμαλιστική μορφή 6.

Ορισμός Συνάρτησης Χρησιμότητας:

$$Utility_{area} = agentWeight_{k,agentDetector} * A + \sum AlgorithmsWeights_{k,agentDetector} * B + numObjects * \sum possibilities_{weightedAverage} * C + depositDistance * D + coAgentDistance * E + PowerUtility_k. \quad (6)$$

Ο συμβολισμός $Utility_{area}$ είναι το αποτέλεσμα της συνάρτησης χρησιμότητας της περιοχής που σηματοδοτείται με την κωδική ονομασία $area$. A, B, C, D, E είναι παράμετροι που ρυθμίζουν την επιρροή των τιμών με των οποίων πολλαπλασιάζονται. Παραδείγματα ρύθμισης των οποίων φαίνε-



ται στο τμήμα της πτυχιακής με την ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας. $\sum Algorithms$
 $Weights_{k,agentDetector}$ είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος^[50] των πιθανοτικών αποτελεσμάτων ανί-
 χνευσης για κάθε ΥΥ που βρέθηκε στην περιοχή area, πολλαπλασιασμένος με τον αριθμό των ΥΥ
 που βρέθηκαν. Το k αναφέρεται στην κωδική ονομασία του πράκτορα που εξετάζει την χρησιμότητα
 και το agentDetector στον πράκτορα που βρήκε τα ΥΥ στην περιοχή area. $agentWeight_{k,agentDetector}$
 είναι η τιμή αξιοπιστίας του πράκτορα με την κωδική ονομασία agentDetector, που την εκτιμάει ο
 πράκτορας k. depositDistance_k είναι η απόσταση του πράκτορα k από το πλοίο. coAgentDistance
 είναι η απόσταση του συνεργάτη του πράκτορα k από τον ίδιο. $PowerUtility_k$ είναι το ποσοστό
 ενεργειακού αποθέματος του πράκτορα k την χρονική στιγμή που εξετάζει την χρησιμότητα της
 περιοχής area πολλαπλασιασμένο με ορισμένη παράμετρο σημαντικότητας του εκείνη την χρονική
 στιγμή (Με άλλα λόγια αν το ενεργειακό απόθεμα του πράκτορα θεωρείται πολύ σημαντικό, λογικά
 επειδή βρίσκεται σε χαμηλή στάθμη, θα είναι πιο προσεκτικός στην κατανάλωση του).

III.I. Επεξήγηση της παραπάνω σχέσης. Όπως περιγράψαμε στην αρχή, οι πράκτορες
 μας στηρίζονται στην χρησιμότητα των πράξεων τους και ως εκ τούτου κρίνουν σε ποια περιοχή
 θα μεταβούν με βάση την χρησιμότητα της περιοχής. Η χρησιμότητα αυτή προκύπτει από την
 αξιοπιστία του πράκτορα που βρήκε το αντικείμενο και πόσο επηρεάζει τον πράκτορα αυτή η
 αξιοπιστία, την αξιοπιστία των αλγορίθμων που χρησιμοποίησε ο πράκτορας για την εύρεση των
 Υ.Υ. και πόσο σοβαρά παίρνει υπόψη του ο πράκτορας, αυτή την παράμετρο, τον αριθμό των Υ.Υ.
 σε συνδυασμό με την πιθανότητα εύρεσης τους κατά ένα ποσοστό. Την απόσταση του από την
 βάση(πλοίο), για να ξέρει πόσο μακριά είναι σε περίπτωση που χρειαστεί φόρτιση και την απόσταση
 του από τον συνεργάτη του για να ξέρει πόσο μακριά χρειάζεται να πάει ή πόσο θα αργήσει ο
 συνεργάτης του να έρθει. Τέλος τα ενεργειακά του αποθέματα εκείνη την στιγμή, δηλαδή κατά
 πόσο μπορεί να συνεργαστεί από θέμα δυναμειών.

6.4 Συνεργασία αισθητήρων κατάστασης

Όπως έχουμε προαναφέρει για να προσδιορίσουμε τα Θ.Κ.Τ.^{9.1} των πρακτόρων, χρησιμοποιούμε
 μετρήσεις από την προσομοίωση δύο αισθητήρων. Ενός radar και ενός M.A.M.^{9.1}

Για να χρησιμοποιήσουμε τις μετρήσεις έπρεπε να τις συνδυάσουμε με κατάλληλο τρόπο και ο
 τρόπος που επιλέξαμε για να το επιτύχουμε είναι με μία ευριστική συνάρτηση που δημιουργήσαμε
 και λαμβάνει ως είσοδο τις μετρήσεις που έρχονται από το radar του πλοίου και το M.A.M.^{9.1}.
 Η συνάρτηση αυτή έπαιρνε τα δεδομένα που του έστελνε το πλοίο από τον αισθητήρα radar, τα
 συνδυάζε με τα δεδομένα από το M.A.M.^{9.1} και με έναν ευριστικό κανόνα(στην συγκεκριμένη
 περίπτωση ήταν ο σταθμισμένος μέσος όρος^[50]) έβγαζε τα αποτελέσματα για Θ.Κ.Τ.^{9.1} Πιο
 συγκεκριμένα η διαδικασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Το πρώτο είναι η λήψη δεδομένων από τον
 αισθητήρα radar. Το δεύτερο είναι η λήψη δεδομένων από τον αισθητήρα M.A.M.^{9.1} και το τρίτο
 είναι ο συνδυασμός των δεδομένων αυτών με κάποιον κανόνα. Αρχικά για να λάβει ο πράκτορας
 τα δεδομένα από το radar, αποκωδικοποιούσε την τοποθεσία των πρακτόρων από τα μηνύματα
 του πλοίου. Στην συνέχεια έβρισκε την ταχύτητα των πρακτόρων αφού συνέκρινε την παλιά τους
 τοποθεσία με την νέα, δεδομένου του χρόνου δειγματοληψίας. Έπειτα έβρισκε την κατεύθυνση των
 πρακτόρων συγκρίνοντας τις συντεταγμένες της παλιάς και νέας τοποθεσίας των πρακτόρων. Τα
 δεδομένα από τα M.A.M. τα έπαιρνε ως εξής: Αρχικά αφού το σύστημα αυτό είναι προσκολλημένο
 στους πράκτορες μπορούσαν εύκολα να αποσπάσουν πληροφορίες κατεύθυνσης. Λαμβάνοντας



υπόψη την προγενέστερη κατάσταση του πράκτορα(θέση, ταχύτητα) υπολόγιζε πρώτα την νέα θέση που θα βρισκόταν και στην συνέχεια με την νέα θέση εύρισκε την νέα ταχύτητα. Ο συνδυασμός των δεδομένων από τους αισθητήρες έγινε με τον κανόνα του σταθμισμένου μέσου όρου^[50](στην συγκεκριμένη περίπτωση με βάρη 50% ωστόσο από τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας είδαμε πως το M.A.M. σύστημα υστερεί σε σχέση με το radar, οπότε θα μπορούσαμε να αυξήσουμε την αναλογία βαρών σε 70% για το radar και 30% για το M.A.M.).

Ένας ορθότερος τρόπος που χρησιμοποιείται ευρέως για τον συνδυασμό μετρήσεων από σύνολο αισθητήρων είναι το λεγόμενο "Kalman Filter".^{[32][46]} Το "Kalman Filter" είναι μια διαδικασία που μας βοηθά στο να συνδυάσουμε μετρήσεις από διάφορους αισθητήρες και μέσω ενός ανατροφοδοτούμενου συστήματος να προβλέπουμε και να επαναπροσδιορίζουμε τις τιμές τους.

Η διαδικασία του "Kalman Filter"^[46] έχει ως εξής:

Αρχικά ορίσαμε τις μεταβλητές ή πίνακες του μοντέλου μας ώστε να μπορούν να κάνουν προσομοίωση των αρχών του περιβάλλοντος της εργασίας. Με άλλα λόγια φτιάξαμε τις εξισώσεις που διέπουν τους κανόνες του συστήματος μας και περιγράφουν την κίνηση των πρακτόρων μέσα σε αυτό.

Οι εξισώσεις που περιγράφουν την κατάσταση των πρακτόρων μας βασιζόμενοι στο μοντέλο μας είναι:^[46]

$$\hat{x}_{n+1,n} = F\hat{x}_{n,n} + Gu_n + w_n \quad (7)$$

Ο συμβολισμός $\hat{x}_{n+1,n}$ είναι το προβλεπόμενο διάνυσμα κατάστασης των πρακτόρων του συστήματος την χρονική στιγμή $n+1$. Ο $\hat{x}_{n,n}$ είναι το εκτιμώμενο διάνυσμα κατάστασης των πρακτόρων του συστήματος την χρονική στιγμή n . Ο u_n είναι ένα διάνυσμα εισόδου/μετρήσεων του συστήματος την χρονική στιγμή n . Ο w_n είναι ένα διάνυσμα θορύβου στην/στις είσοδο/μετρήσεις του συστήματος την χρονική στιγμή n . F είναι πίνακας μεταβολής της κατάστασης των πρακτόρων στο σύστημα. G είναι πίνακας ελέγχου της μεταβολής της εισόδου στο σύστημα.

Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εξίσωση⁷ οι πίνακες F , G δεν εξαρτώνται από τον χρόνο, είναι σταθερές. Η παραπάνω εξίσωση συναντάται συχνά στην γραμμική άλγεβρα και στην ουσία αυτοί οι πίνακες είναι σταθεροί γιατί προσδιορίζουν τους κανόνες μεταβολής του συστήματος μας ανάλογα της κατάστασης τους πράκτορα ή την είσοδο στο σύστημα. Στην δικιά μας υλοποίηση έχουμε φτιάξει την δομή για εφαρμογή εισόδου στο σύστημα, ωστόσο για λόγους απλότητας δεν έχουμε ρυθμιστική είσοδο στο σύστημα για μεταβολή της κατάστασης των πρακτόρων. Αυτό συμβαίνει γιατί οι πράκτορες λειτουργούν τελείως αυτόνομα ως προς την διαμόρφωση της κατάστασης τους που περιγράφεται από τις μεταβλητές Θ.Κ.Τ.^{9.1}

Η παραπάνω εξίσωση⁷ αποτελεί μια γενική έκφραση του αλγορίθμου για την περιγραφή της κατάστασης του συστήματος. Οπότε πρέπει να την διαμορφώσουμε κατάλληλα ώστε να προσδιορίζει το σύστημα μας. Επομένως έχουμε το G να είναι διάνυσμα μηδενικών τιμών ή οποιονδήποτε τιμών αφού θα έχουμε $u_n = 0$. Το F θα είναι διάνυσμα που προκύπτει από τις παρακάτω εξισώσεις προσδιορισμού της κατάστασης του μοντέλου μας.

Στις επόμενες εξισώσεις περιγράφεται το μοντέλο μας που αναφέρεται στους κανόνες λειτουργίας τους συστήματος για τον προσδιορισμό των Θ.Κ.Τ.^{9.1}

Kalman Filter εξισώσεις κατάστασης πρακτόρων:^[46]



$$\begin{cases} x_n = x_{n-1} + \dot{x}_{n-1}DT + \frac{1}{2}\ddot{x}_{n-1}DT^2, \\ \dot{x}_n = \dot{x}_{n-1} + \ddot{x}_{n-1}DT, \\ \ddot{x}_n = \ddot{x}_{n-1}, \\ y_n = y_{n-1} + \dot{y}_{n-1}DT + \frac{1}{2}\ddot{y}_{n-1}DT^2, \\ \dot{y}_n = \dot{y}_{n-1} + \ddot{y}_{n-1}DT, \\ \ddot{y}_n = \ddot{y}_{n-1}. \end{cases}$$

Οι συμβολισμοί x , y είναι οι συντεταγμένες των πρακτόρων στις δύο διαστάσεις κίνησης και η τρίτη διάσταση που είναι το ύψος των πρακτόρων θεωρείται σταθερό, οπότε δεν συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς. \dot{x}_n, \dot{y}_n αναφέρονται στους ρυθμούς μεταβολής της θέσης των πρακτόρων. \ddot{x}_n, \ddot{y}_n αναφέρονται στους ρυθμούς μεταβολής της ταχύτητας των πρακτόρων. DT είναι ο χρόνος δειγματοληψίας των μετρήσεων.

Η παραπάνω σχέση μπορεί να αναπαρασταθεί και σε μορφή πινάκων, όπως χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς.

Kalman Filter εξισώσεις κατάστασης πρακτόρων:^[46]

(9)

$$\begin{bmatrix} x_n \\ \dot{x}_n \\ \ddot{x}_n \\ y_n \\ \dot{y}_n \\ \ddot{y}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & DT & \frac{1}{2}DT^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & DT & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & DT & \frac{1}{2}DT^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & DT \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{n-1} \\ \dot{x}_{n-1} \\ \ddot{x}_{n-1} \\ y_{n-1} \\ \dot{y}_{n-1} \\ \ddot{y}_{n-1} \end{bmatrix}$$

Η μέθοδος Kalman Filter χρησιμοποιεί επίσης και έναν πίνακα συνδιακύμανσης για τον χειρισμό της αβεβαιότητας εκτίμησης της κατάστασης του συστήματος. Μεταβλητή που επίσης ενημερώνεται στην διάρκεια των επαναληπτικών διαδικασιών του αλγορίθμου. Και δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

Εξίσωση αβεβαιότητας εκτίμησης κατάστασης πράκτορα:^[46]

$$P_{n+1,n} = FP_{n,n}F^T + Q. \quad (10)$$

Το $P_{n+1,n}$ είναι ο προβλεπόμενος πίνακας αβεβαιότητας (συνδιακύμανσης) εκτίμησης για την επόμενη κατάσταση του πράκτορα. Το $P_{n,n}$ είναι ο πίνακας αβεβαιότητας (συνδιακύμανσης) εκτίμησης της τρέχουσας κατάστασης του πράκτορα. Το F είναι ο πίνακας μετάβασης κατάστασης. Το Q : είναι ο πίνακας θορύβου της διαδικασίας.

Επειδή η κίνηση στον οριζόντιο άξονα(x) δεν εξαρτάται από την κίνηση στον κάθετο άξονα(y) ούτε στον άξονα που ρυθμίζει το ύψος των πρακτόρων(z), μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι τιμές των διακυμάνσεων των διανυσμάτων του συστήματος που αναφέρονται σε σχέση οριζόντιου με κάθετου άξονα ισούται με μηδέν. Τον άξονα z δεν τον συμπεριλαμβάνουμε στην έρευνα μας επειδή στην συγκεκριμένη εργασία έχουμε υποθέσει ότι οι πράκτορες δεν διευκολύνονται με το να αλλάζουν υψομετρικές στάθμες.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε αρχικοποιήσει τους πίνακες P , Q ως εξής:



$$P = \begin{bmatrix} p_x & p_{x\dot{x}} & p_{x\ddot{x}} & p_{xy} & p_{x\dot{y}} & p_{x\ddot{y}} \\ p_{\dot{x}x} & p_{\dot{x}} & p_{\dot{x}\ddot{x}} & p_{\dot{x}y} & p_{\dot{x}\dot{y}} & p_{\dot{x}\ddot{y}} \\ p_{\ddot{x}x} & p_{\ddot{x}\dot{x}} & p_{\ddot{x}} & p_{\ddot{x}y} & p_{\ddot{x}\dot{y}} & p_{\ddot{x}\ddot{y}} \\ p_{yx} & p_{y\dot{x}} & p_{y\ddot{x}} & p_y & p_{y\dot{y}} & p_{y\ddot{y}} \\ p_{\dot{y}x} & p_{\dot{y}\dot{x}} & p_{\dot{y}\ddot{x}} & p_{\dot{y}y} & p_{\dot{y}} & p_{\dot{y}\ddot{y}} \\ p_{\ddot{y}x} & p_{\ddot{y}\dot{x}} & p_{\ddot{y}\ddot{x}} & p_{\ddot{y}y} & p_{\ddot{y}\dot{y}} & p_{\ddot{y}} \end{bmatrix} \stackrel{*}{=} \begin{bmatrix} p_x & p_{x\dot{x}} & p_{x\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ p_{\dot{x}x} & p_{\dot{x}} & p_{\dot{x}\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ p_{\ddot{x}x} & p_{\ddot{x}\dot{x}} & p_{\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_y & p_{y\dot{y}} & p_{y\ddot{y}} \\ 0 & 0 & 0 & p_{\dot{y}y} & p_{\dot{y}} & p_{\dot{y}\ddot{y}} \\ 0 & 0 & 0 & p_{\ddot{y}y} & p_{\ddot{y}\dot{y}} & p_{\ddot{y}} \end{bmatrix} \stackrel{**}{=} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

&

$$Q = \begin{bmatrix} \sigma_x & \sigma_{x\dot{x}} & \sigma_{x\ddot{x}} & \sigma_{xy} & \sigma_{x\dot{y}} & \sigma_{x\ddot{y}} \\ \sigma_{\dot{x}x} & \sigma_{\dot{x}} & \sigma_{\dot{x}\ddot{x}} & \sigma_{\dot{x}y} & \sigma_{\dot{x}\dot{y}} & \sigma_{\dot{x}\ddot{y}} \\ \sigma_{\ddot{x}x} & \sigma_{\ddot{x}\dot{x}} & \sigma_{\ddot{x}} & \sigma_{\ddot{x}y} & \sigma_{\ddot{x}\dot{y}} & \sigma_{\ddot{x}\ddot{y}} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{y\dot{x}} & \sigma_{y\ddot{x}} & \sigma_y & \sigma_{y\dot{y}} & \sigma_{y\ddot{y}} \\ \sigma_{\dot{y}x} & \sigma_{\dot{y}\dot{x}} & \sigma_{\dot{y}\ddot{x}} & \sigma_{\dot{y}y} & \sigma_{\dot{y}} & \sigma_{\dot{y}\ddot{y}} \\ \sigma_{\ddot{y}x} & \sigma_{\ddot{y}\dot{x}} & \sigma_{\ddot{y}\ddot{x}} & \sigma_{\ddot{y}y} & \sigma_{\ddot{y}\dot{y}} & \sigma_{\ddot{y}} \end{bmatrix} \stackrel{*}{=} \begin{bmatrix} \sigma_x & \sigma_{x\dot{x}} & \sigma_{x\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ \sigma_{\dot{x}x} & \sigma_{\dot{x}} & \sigma_{\dot{x}\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ \sigma_{\ddot{x}x} & \sigma_{\ddot{x}\dot{x}} & \sigma_{\ddot{x}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_y & \sigma_{y\dot{y}} & \sigma_{y\ddot{y}} \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\dot{y}y} & \sigma_{\dot{y}} & \sigma_{\dot{y}\ddot{y}} \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\ddot{y}y} & \sigma_{\ddot{y}\dot{y}} & \sigma_{\ddot{y}} \end{bmatrix} \stackrel{***}{=} \begin{bmatrix} \frac{DT^4}{4} & \frac{DT^3}{2} & \frac{DT^2}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{DT^3}{2} & DT^2 & DT & 0 & 0 & 0 \\ \frac{DT^2}{2} & DT & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{DT^4}{4} & \frac{DT^3}{2} & \frac{DT^2}{2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{DT^3}{2} & DT^2 & DT \\ 0 & 0 & 0 & \frac{DT^2}{2} & DT & 1 \end{bmatrix} \sigma_\alpha^2$$

*: Οι αλλαγές θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης στον οριζόντιο άξονα είναι ανεξάρτητες από τις αντίστοιχες αλλαγές στον κάθετο άξονα και αντιστρόφως.

** : Επειδή γνωρίζουμε με σιγουριά την αρχική κατάσταση των πρακτόρων, που είναι μηδενική ταχύτητα, μηδενική επιτάχυνση και η τοποθεσία του πλοίου δεν έχουμε συνδιακύμανση/αβεβαιότητα για την αρχική μας πρόβλεψη.

*** : Μπορούμε να δούμε πως προέκυψε μεταβαίνοντας στην πηγή [49]

Το p_x είναι η διακύμανση της εκτίμησης της θέσης των συντεταγμένων του οριζόντιου άξονα. Το $p_{\dot{x}}$ είναι η διακύμανση της εκτίμησης της ταχύτητας των συντεταγμένων του οριζόντιου άξονα. Το $p_{\ddot{x}}$ είναι η διακύμανση της εκτίμησης της επιτάχυνσης των συντεταγμένων του οριζόντιου άξονα. Το p_y είναι η διακύμανση της εκτίμησης της θέσης των συντεταγμένων του κάθετου άξονα. Το $p_{\dot{y}}$ είναι η διακύμανση της εκτίμησης της ταχύτητας των συντεταγμένων του κάθετου άξονα. Το $p_{\ddot{y}}$ είναι η διακύμανση της εκτίμησης της επιτάχυνσης των συντεταγμένων του κάθετου άξονα. DT είναι ο χρόνος δειγματοληψίας των μετρήσεων. σ_α^2 είναι η τυχαία διακύμανση της επιτάχυνσης.

Τέλος χρησιμοποιήσαμε τρεις ακόμη εξισώσεις. Η πρώτη περιγράφει τον τρόπο μέτρησης της κατάστασης του συστήματος. Η δεύτερη περιγράφει το κέρδος του ανατροφοδοτούμενου βρόχου(Εν συντομία η μέθοδος Kalman Filter είναι διαδικασία που περιέχει έναν βρόγχο με στοιχεία μέτρησης, ελέγχου μέτρησης, και διόρθωση εκτίμησης κατάστασης, για περισσότερες



πληροφορίες μπορούμε να μεταβούμε στην επόμενη πηγή [46]). Και η τρίτη είναι η πρόβλεψη της κατάστασης του πράκτορα συγκριτικά με την μέτρηση της κατάστασης.

Εξίσωση μέτρησης της κατάστασης του πράκτορα:^[46]

$$z_n = Hx_n + v_n. \quad (12)$$

z_n είναι το διάνυσμα μέτρησης, H είναι ο πίνακας παρατήρησης, x_n είναι η κατάσταση του συστήματος και v_n είναι το τυχαίο διάνυσμα θορύβου.

Κέρδος του ανατροφοδοτούμενου συστήματος και πρόβλεψη της νέας κατάστασης συγκριτικά με την μέτρηση της προηγούμενης κατάστασης: ^[46]

(13)

$$K_n = P_{n,n-1}H^T(HP_{n,n-1}H^T + R_n)^{-1}$$

$$x_{n,n} = x_{n,n-1} + K_n(z_n - Hx_{n,n-1})$$

$P_{n,n-1}$ είναι ο πίνακας αβεβαιότητας της εκ των προτέρων εκτίμησης της τρέχουσας κατάστασης. H_n είναι ο πίνακας παρατήρησης (τι μετρήσεις μας ενδιαφέρουν από την κατάσταση του πρακτόρα). R_n είναι η αβεβαιότητα μέτρησης (πίνακας συνδιακύμανσης θορύβου μέτρησης).

Έχοντας ορίσει τις παραπάνω έννοιες, η μέθοδος Kalman Filter εξελίσσεται ως εξής. Χωρίζεται σε δύο υπό-μεθόδους. Η πρώτη ορίζεται ως πρόβλεψη και η δεύτερη ως ανανέωση. Η διαδικασία της πρόβλεψης αφορά την εκτίμηση της νέας κατάστασης του πράκτορα και του πίνακα συνδιακύμανσης P . Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούμε για την πρόβλεψη είναι οι: 7, 10. Και η ανανέωση αφορά την αλλαγή των τιμών της κατάσταση του πράκτορα και του πίνακα συνδιακύμανσης της κατάστασης αυτής σχετίζοντας την με την μέτρηση που παίρνουμε. Οι εξισώσεις που κυρίως συμβάλουν στην διαδικασία αυτή είναι η εξίσωση του κέρδους του ανατροφοδοτούμενου συστήματος και της εκτίμησης της νέας κατάστασης του πράκτορα σε σχέση με την μέτρηση.¹³

6.5 Επικοινωνία πρακτόρων μεταξύ τους και με πλοίο

Οι πράκτορες χρησιμοποιούν δύο κανάλια επικοινωνίας. Το ένα είναι για την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ πρακτόρων. Και το δεύτερο είναι για την ανταλλαγή δεδομένων με το πλοίο.

Τα μηνύματα που στέλνονται μεταξύ πρακτόρων ποικίλουν σημασιολογικά. Μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Το ένα είναι ενημερωτικά για τις πράξεις τους ώστε να επιβεβαιώνεται η σωστή λειτουργία τους καθώς και να χειρίζονται θέματα αξιολογήσεων αλλά και μεταλαμπάδευσης πληροφορίας για την ανανέωση της αντίληψης τους για το περιβάλλον. Και η δεύτερη κατηγορία αφορά την αποστολή μηνυμάτων για βοήθεια. Μπορεί να είναι μηνύματα αποδοχής βοήθειας ή ζήτησης. Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται και τα μηνύματα συνεργασίας τους σε περίπτωση αποστολής ή αποδοχής βοήθειας.

Τα μηνύματα που ανταλλάσσουν οι πράκτορες δεν εμφανίζονται ως κωδικές πληροφορίες που υποδηλώνεται η κατηγορία του μηνύματος αλλά ακολουθούν και άλλες πληροφορίες. Το σίγουρο είναι ότι εμπεριέγονται οι κωδικές λέξεις που παρατίθενται ακολούθως:



No.	Κωδική λέξη	Ερμηνεία
1.	SCAN_SUCCESS	Σηματοδοτεί την εύρεση αντικειμένων ενδιαφέροντος από κάποιο πράκτορα. Ένα παράδειγμα της μορφής της είναι ALL DONE!SCAN_SUCCESS#items#scores#categories#agentPos.
2.	COMING_TO	Σηματοδοτεί την αποδοχή πλοήγησης ενός πράκτορα προς κάποιον άλλον όταν ο άλλος έχει βρει ΥΥ για επανέλεγχο της τοποθεσίας. Παράδειγμα: ALL DONE!AGENT[agentID] COMING_TO>agentFounder>agentPosFounder.
3.	I_WILL_STAY_ON_POSITION	Σηματοδοτεί την έγκριση αναμονής του πιο κοντινού πράκτορα για την επιβεβαίωση της περιοχής που βρέθηκε το ΥΥ. Παράδειγμα: ALL DONE!I_WILL_STAY_ON_POSITION>agentPos.
4.	SCAN_TOGETHER	Σηματοδοτεί την σύναψη προσωρινού συμβολαίου για να ακολουθήσουν κοινή πορεία κάποιοι πράκτορες. Αυτό γίνεται κυρίως όταν κρίνουν οι πράκτορες ότι είναι χάσιμο χρόνου να επιστρέψει κάποιος εκ των οποίων στην δική του διαδρομή αφού ήρθε για βοήθεια. Παράδειγμα: ALL DONE!SCAN_TOGETHER ON AGENTS[closestAgent] ROUTE-> FOLLOW_FIRST_DETECTOR-POSITION>itemlocation.
5.	NO_VISION_SIMILARITIES	Αυτό το μήνυμα εμφανίζεται όταν δύο πράκτορες βρεθούν σε ασυμφωνία σχετικά με την ανίχνευση κάποιου αντικειμένου. Και ζητάνε βοήθεια από τρίτο πράκτορα. Παράδειγμα: ALL DONE!NO_VISION_SIMILARITIES_RESULTS#result.
6.	JUST_GO_TO	Αυτό το μήνυμα έχει μεγάλη ισχύ. Όταν κάποιος πράκτορας πάρει απόφαση να στείλει αυτό το μήνυμα σημαίνει ότι θέλει οποσδήποτε να πάει κάπου και δεν έχει περιθώριο να συνεργαστεί. Παράδειγμα: ALL DONE!JUST_GO_TO>targetPos.
7.	WAIT_ME_IAM_GOING_TO_NO_VISION_SIMILARITY_SITUATION	Σηματοδοτεί την έγκριση μετακίνησης προς τους πράκτορες που χρειάζονται βοήθεια στην περίπτωση ασυμφωνίας ανίχνευσης κάποιου αντικειμένου. Παράδειγμα: ALL DONE!WAIT_ME_IAM_GOING_TO_NO_VISION_SIMILARITY_SITUATION.
8.	OK_I_WILL_WAIT_YOU_UNTIL_COME_FROM_NO_VISION_SIMILARITY_SITUATION	Σηματοδοτεί την επιβεβαίωση αναμονής του πράκτορα που θα έρθει να βοηθήσει στην περίπτωση ασυμφωνίας ανίχνευσης κάποιου αντικειμένου. Παράδειγμα: ALL DONE!OK_I_WILL_WAIT_YOU_UNTIL_COME_FROM_NO_VISION_SIMILARITY_SITUATION.
9.	RETURN_HOME_NOW	Σηματοδοτεί την επιστροφή κάποιου πράκτορα στην βάση του. Επειδή το πλοίο του το υπόδειξε ή επειδή τελείωσε την δουλειά του ή επειδή έχει χαμηλά επίπεδα ενεργειακού αποθέματος οπότε πρέπει να γυρίσει πίσω. Παράδειγμα: ALL DONE!RETURN_HOME_NOW.
10.	MY_BATTERIES_ARE_RECHARGED	Σηματοδοτεί την ένδειξη για πλήρη φόρτιση ενός πράκτορα και πως είναι έτοιμο να ξανά αρχίσει την δουλειά του. Παράδειγμα: ALL DONE!MY_BATTERIES_ARE_RECHARGED.

Table 10: Οι κωδικές λέξεις των μηνυμάτων που ανταλλάσσουν οι πράκτορες μεταξύ τους και με το πλοίο.

No.	Κωδική λέξη	Ερμηνεία
1.	items	είναι μια λίστα με το πλήθος αντικειμένων που βρίσκει κάθε αλγόριθμος.
2.	scores	είναι μια λίστα με τις πιθανότητες βεβαιότητας των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων για την αναγνώριση αντικειμένων ΥΥ.
3.	categories	είναι η κατηγορία των αντικειμένων ΥΥ.
4.	agentPos	είναι η θέση του πράκτορα.
5.	ALL DONE!	είναι στην ουσία κωδικοποίηση για έλεγχο ασφάλειας καναλιού. Μπορεί να πάρει διάφορες μορφές και διάφορες κωδικοποιήσεις. Στην δική μας εργασία δεν σταθήκαμε πολύ στην προστασία του καναλιού οπότε απλά πρέπει να επαληθεύεται η συμβολοσειρά "ALL DONE!".
6.	Τα #	συμβάλλουν στον εύκολο τρόπο διαχωρισμού των διάφορων κατηγοριών του μηνύματος. Έτσι μπορούμε εύκολα να γνωρίζουμε τα items,scores και τα άλλα χαρακτηριστικά της πληροφορίας του μηνύματος χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία να τα αποσπάσουμε από το συνολικό μήνυμα.
7.	agentFounder	είναι ο κωδικός αριθμός προσδιορισμού του πράκτορα που βρήκε το αντικείμενο.
8.	agentID	είναι ο κωδικός αριθμός προσδιορισμού του συγκεκριμένου πράκτορα.
9.	agentPosFounder	είναι η τοποθεσία του πράκτορα που βρήκε το αντικείμενο ΥΥ.
10.	closestAgent	είναι ο κοντινότερος πράκτορας ως προς τον πράκτορα που στέλνει το μήνυμα
11.	itemlocation	είναι η τοποθεσία που βρέθηκε κάποιο ΥΥ
12.	result	είναι τα αποτελέσματα των πρακτόρων που βρέθηκαν σε ασυμφωνία ανίχνευσης κάποιου αντικειμένου.
13.	targetPos	είναι η τοποθεσία που έχει βάλει σαν στόχο ένας πράκτορας να μεταβεί.

Table 11: Συμπληρωματικό υλικό του πίνακα 10.

Και ως προς την επικοινωνία των πρακτόρων με το πλοίο, στέλνονται τα ίδια μηνύματα που στέλνονται και στην επικοινωνία μεταξύ τους. Η σημασία του μηνύματος αυτού είναι να ειδοποιήσει το πλοίο για την απόφαση που πήρε σχετικά με τις επόμενες κινήσεις του. Επίσης στέλνει ένα επιπλέον είδος μηνύματος που είναι η ένδειξη κανονικής λειτουργίας και όταν το στέλνει αυτό σημαίνει πως ακολουθεί την διαδρομή που του δόθηκε στην αρχή πριν την αναχώρηση του από το πλοίο. Το μήνυμα αυτό έχει την μορφή πληροφορίας "None".

Τέλος ως προς την γλώσσα επικοινωνίας τα μηνύματα στέλνονται με το περιεχόμενο που αναλύθηκε παραπάνω και περικλείεται από τους πράκτορες αποδέκτη και αποστολέα με άνω κάτω τελεία. Δηλαδή ακολουθείται η μορφή: **αποστολέας:πληροφορία:δέκτης**. Μια υπάρχουσα γλώσσα που θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως μοιάζει με την δικιά μας είναι η KQML.^{[33],[34],[35]}

```
(ask-one
:content (PRICE IBM ?price)
:receiver stock-server
:language LPROLOG
:ontology NYSE-TICKS)
```

Figure 10: Παράδειγμα από μήνυμα επικοινωνίας της γλώσσας KQML.^[33] Προέλευση Εικόνας: [The KQML Language by finin](#)^{Συνδεσμος: ↗}.

Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα τα μηνύματα των πρακτόρων περιέχουν κατηγορίες περιεχομένου. Επίσης προσδιορίζουν οι πράκτορες από το μήνυμα τον παραλήπτη, καθώς και το περιεχόμενο/πληροφορία του μηνύματος.

6.6 Προσομοιωτής πολλαπλών πρακτόρων συγκεκριμένου προβλήματος

Για την καλύτερη αναπαράσταση του έργου μας, υλοποιήσαμε και έναν προσομοιωτή. Είναι ένα γραφικό περιβάλλον που δίνει αναπαράσταση των πρακτόρων, των διεργασιών τους, των θέσεων τους, του περιβάλλοντος που θα χρειαστεί να ανιχνεύσουν καθώς και άλλων χαρακτηριστικών που θα αναλυθούν σε αυτή την ενότητα.

Περιβάλλον προσομοίωσης. Το περιβάλλον των πρακτόρων αποτελείται από το υδάτινο στοιχείο που χρειάζεται να γίνει ανίχνευση σε αυτό για Υ.Υ., το πλοίο που σηματοδοτεί την στάση των πρακτόρων για ανεφοδιασμό ενέργειας, αλλά και για έκτακτες ανάγκες όπως βλάβες και την τερματική, εναρκτηρία τοποθεσία των πρακτόρων. Τερματική και εναρκτηρία τοποθεσία των πρακτόρων σημαίνει την τοποθεσία που θα μεταβούν μόλις ολοκληρώσουν το έργο τους ή τους το υποδείξει το πλοίο και την τοποθεσία τους πριν αρχίσουν την ανίχνευση ΥΥ αντίστοιχα. Τέλος η προσομοίωση, όπως είναι προφανές, εμπεριέχει και τους πράκτορες.

Για να κάνουμε προσομοίωση του παραπάνω περιβάλλοντος χρησιμοποιήσαμε το παρακάτω παράθυρο που παρουσιάζει τα εξής:

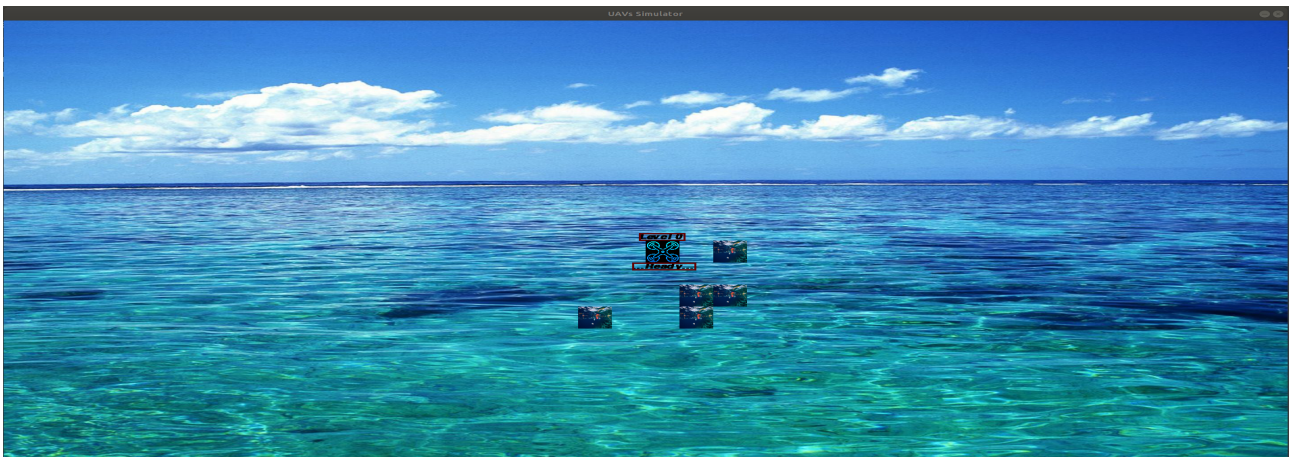


Figure 11: Εικόνα που δείχνει ότι οι πράκτορες είναι έτοιμοι για απογείωση και διάφορα ΥΥ, τα οποία αν πάει το Μ.Ε.Ε.Ο^{9.1} πάνω από αυτά θα μπορεί να ανιχνεύσει την υπάρξή τους. Προέλευση Εικόνας: Υλικό από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Στην εικόνα 11 παρατηρήσουμε στο πάνω μέρος της πως υπάρχει μια σκούρο γκρι λεζάντα που περιλαμβάνει το όνομα του παραθύρου προσομοίωσης ("UAVs Simulator") και δεξιά έχει επιλογές για κλείσιμο παραθύρου και για να κρυφτεί στο πίσω μέρος των διεργασιών του υπολογιστή. Στην συνέχεια μπορούμε να δούμε κοντά στο κέντρο του παραθύρου κάποια M.E.E.O^{9.1} τα οποία ξεκίνησαν από το κέντρο του παραθύρου που θεωρείται ότι βρίσκεται το πλοίο. Παρακάτω φαίνεται μια εικόνα του M.E.E.O^{9.1} που προσομοιώνουμε τις διεργασίες του πράκτορα. Μπορούμε να χωρίσουμε την προσομοίωση του πράκτορα σε τρία μέρη.¹² Το πρώτο είναι το παραλληλόγραμμο με το κόκκινο περίγραμμα που βρίσκεται στο πάνω μέρος από την εικόνα του M.E.E.O^{9.1}, και δηλώνει το υψόμετρο του πράκτορα (Επειδή τα M.E.E.O^{9.1} σε ένα πραγματικό περιβάλλον δεν κινούνται με δύο βαθμούς ελευθερίας (x,y), αλλά έχουν τρεις βαθμούς ελευθερίας κίνησης (x,y,z) προσομοιώνουμε τον τρίτο βαθμό ελευθερίας με σηματοδότηση στο πάνω μέρος της εικόνας του M.E.E.O^{9.1}). Το δεύτερο μέρος για την περιγραφή του πράκτορα είναι η φωτογραφία του πράκτορα που λαμβάνει την μορφή ενός M.E.E.O^{9.1}. Και το τρίτο μέρος περιγραφής του πράκτορα είναι το παραλληλόγραμμο κάτω από την εικόνα του πράκτορα, που δείχνει την διεργασία που εκτελεί κάθε χρονική στιγμή ο πράκτορας (στην προκειμένη περίπτωση: "SENSOR SEGMENT").



Figure 12: Πράκτορας, που στην συγκεκριμένη εργασία αποτελείται από M.E.E.O^{9.1}. Προέλευση Εικόνας: Υλικό από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Τα Υ.Υ. που πρέπει να εντοπίσουν οι πράκτορες αναπαριστώνται με τετραγωνάκια ίδιου μεγέθους με την εικόνα του πράκτορα.

Εκτός από την παρακολούθηση του παραθύρου γραφικών που δημιουργήσαμε με την βιβλιοθήκη "pygame".^[36] Έχουμε την δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης της προσομοίωσης και από το "console window". Το οποίο είναι ένα πλαίσιο αποτύπωσης χρήσιμων μηνυμάτων για την παρακολούθηση της προσομοίωσης.

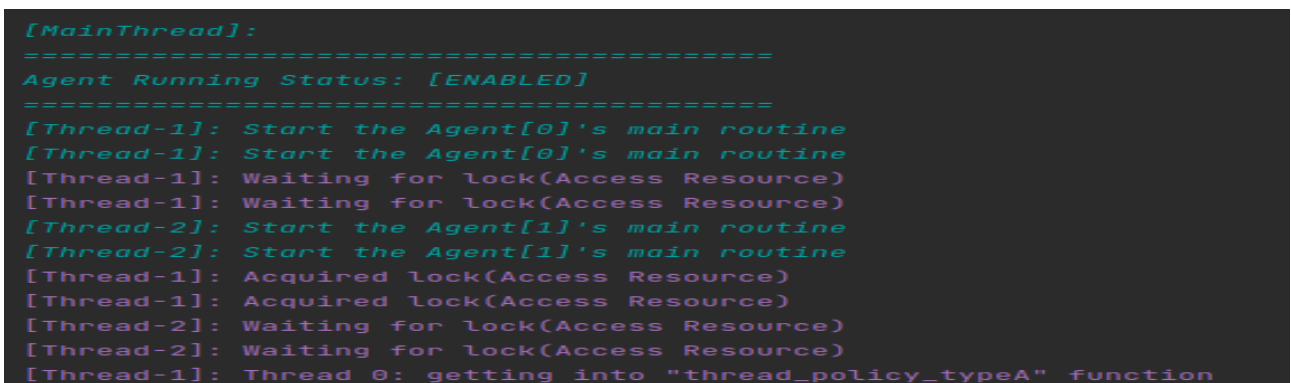


Figure 13: Εικόνα που βοηθάει στην παρακολούθηση της εξέλιξης της προσομοίωσης από το "console window". Προέλευση Εικόνας: Υλικό από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Ένα επιπρόσθετο μέσο για την οπτικοποίηση της λειτουργίας της εργασίας είναι και ένα πλήθος διαγραμμάτων.

Ένα από τα διαγράμματα που διαθέτουμε και έχει λειτουργική σημασία για την εργασία είναι ο γράφος με το μονοπάτι διαδρομών που μπορούν να κινηθούν οι πράκτορες. Η διαδρομή αυτή οπτικοποιείται αλλά και χειρίζεται με την βοήθεια γράφου που φαίνεται στην εικόνα 14. Οι κόμβοι του γράφου σηματοδοτούν τις περιοχές που δύναται να μεταβεί ο πράκτορας και οι ακμές σηματοδοτούν τις επιλογές μετακίνησης μεταξύ των κόμβων.

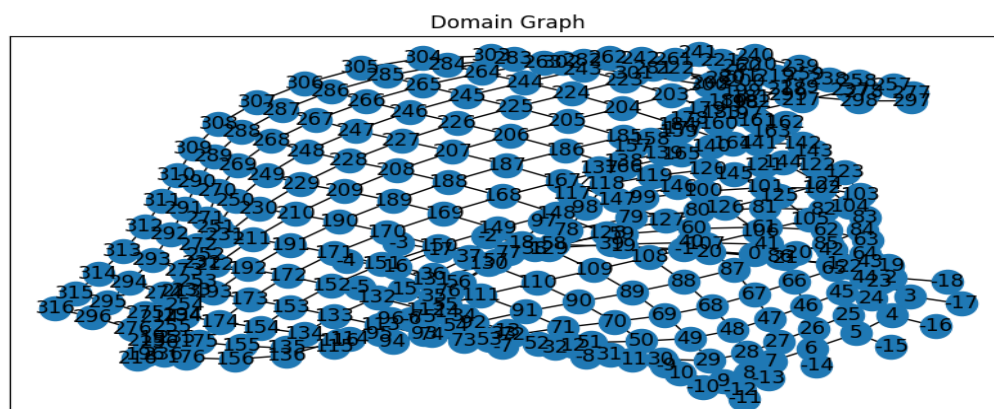


Figure 14: Αποτελεί γράφο για την οπτικοποίηση της συνολικής διαδρομής που πρέπει να καλύψουν οι πράκτορες. Προέλευση Εικόνας: Υλικό από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Στην εικόνα 15 φαίνεται ένα ακόμη διάγραμμα, το οποίο παρουσιάζει το μονοπάτι που θα διανύσει ο πράκτορας 6. Όπως ο πράκτορας 6 έτσι και οι υπόλοιποι που συμβάλλουν στο πολυπρακτορικό σύστημα έχουν ένα διάγραμμα μονοπατιού. Κάθε πράκτορας εκτός από το δικό του μονοπάτι γνωρίζει και των υπόλοιπων πρακτόρων. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι κόμβοι οφείλεται στον αλγόριθμο “Ζικ-Ζακ”⁸.

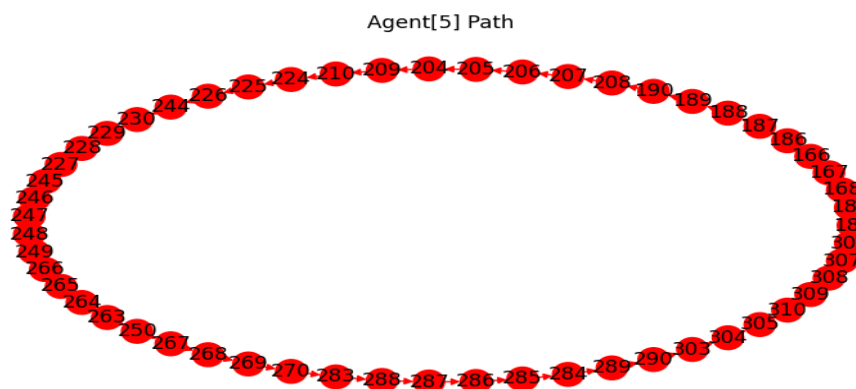


Figure 15: Γράφος για την οπτικοποίηση του μονοπατιού που θα ακολουθήσει ο πράκτορας 6. Προέλευση Εικόνας: Υλικό από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Τέλος ως προς τα διαγράμματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως έχουμε υλοποιήσει μια μεγάλη ποικιλία που αναφέρονται στα βασικότερα χαρακτηριστικά για την παρακολούθηση της προσομοίωσης και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα διαγράμματα αυτά είναι τα κάτωθι:

No.	Κωδική λέξη	Ερμηνεία
1.	Times	περιλαμβάνει διάφορα διαγράμματα χρόνων. Όπως οι διεργασίες κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, η διάρκεια της προετοιμασίας των πρακτόρων πριν απογειωθούν, όλη την διάρκεια της διαδικασίας, συνδυασμός των παραπάνω.
2.	Energy	περιλαμβάνει τις ενεργειακές καταναλώσεις που συμβαίνουν σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης. Όπως κατά την διάρκεια διενέργειας των διεργασιών, καθ'όλη την διάρκεια της προσομοίωσης κατά την αρχικοποίηση(προετοιμασία τους πριν την αναχώρηση από το πλοίο) και συνδυασμός των παραπάνω.
3.	Memory	ασχολείται με την αποτύπωση διαγραμμάτων σχετικά με την μνήμη των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης, όπως στην διάρκεια ανίχνευσης ή στην προετοιμασία τους πριν την αναχώρηση.
4.	Battery	περιγράφει γραφικά τις καταναλώσεις ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
5.	Agent Weight	περιγράφει γραφικά τα βάρη αξιοπιστίας των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
6.	Algo Weight	περιγράφει γραφικά τα βάρη αξιοπιστίας των αλγορίθμων των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
7.	MEMORY_ radar_positions	περιγράφει γραφικά τις συντεταγμένες των θέσεων που δίνει ο αισθητήρας radar σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
8.	MEMORY_ radar_velocities	περιγράφει γραφικά τις ταχύτητες των πρακτόρων που δίνει ο αισθητήρας radar σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
9.	MEMORY_ imu_positions	περιγράφει γραφικά τις συντεταγμένες των θέσεων που δίνει ο αισθητήρας imu σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
10.	MEMORY_ imu_velocities	περιγράφει γραφικά τις ταχύτητες των πρακτόρων που δίνει ο αισθητήρας imu σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
11.	KalmanFilter_ Locations	περιγράφει γραφικά τις συντεταγμένες των θέσεων που δίνει το μοντέλο μας για παρακολούθηση των θέσεων των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
12.	KalmanFilter_ Distances	περιγράφει γραφικά τις αποστάσεις των θέσεων των πρακτόρων σε σχέση με τους υπόλοιπους πράκτορες που δίνει το μοντέλο μας σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς
13.	KalmanFilter_ DepositDistance	περιγράφει γραφικά τις αποστάσεις των θέσεων των πρακτόρων σε σχέση με το πλοίο που δίνει το μοντέλο μας σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς

14.	Measurement_ Locations	περιγράφει γραφικά τις συντεταγμένες των πραγματικών θέσεων των πρακτόρων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
15.	Measurement_ Distances	περιγράφει γραφικά τις αποστάσεις των πραγματικών θέσεων των πρακτόρων σε σχέση με τις πραγματικές θέσεις των υπόλοιπων σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
16.	Measurement_ DepositDistance	περιγράφει γραφικά τις αποστάσεις των πραγματικών θέσεων των πρακτόρων σε σχέση με την πραγματική θέση του πλοίου σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
17.	Utility	αναπαριστά την αξία των διάφορων περιοχών ανίχνευσης ΥΥ σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.
18.	Communication Channels	αναπαριστά την φόρτωση των καναλιών επικοινωνίας σε διάφορες στιγμές της προσομοίωσης και με διάφορους συνδυασμούς.

Table 12: Διαγράμματα παρακολούθησης χαρακτηριστικών της προσομοίωσης του πολυπρακτορικού συστήματος.

Στην αρχή της προσομοίωσης εμφανίζεται ένας κατάλογος επιλογών με βάση το οποίο μπορούμε να επιλέξουμε μια περίπτωση προσομοίωσης ή να δημιουργήσουμε εμείς νέα. Περίπτωση προσομοίωσης εννοούμε ένα σενάριο που μπορεί να συμβεί ώστε να ελέγξουμε την ικανότητα του συστήματος μας να την βγάλει εις πέρας. Μπορούμε να φτιάξουμε ωστόσο και δική μας περίπτωση αρκετά εύκολα, αλλάζοντας μόνο τις μεταβλητές που θέλουμε, όπως μόνο τα διαγράμματα που θα εμφανιστούν ή τον αριθμό των πρακτόρων. Στο αρχείο "VariableFile.py" υπάρχουν με αναλυτικά σχόλια τα σημεία που πρέπει να αλλάξουν.

```
[MainThread]: ===== ~ VISION SENSOR FUSION CASES ~ =====
[MainThread]: 58. Simulation Case [49], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 59. Simulation Case [49], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 60. Simulation Case [50], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 61. Simulation Case [50], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 62. Simulation Case [51], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 63. Simulation Case [51], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 64. Simulation Case [56], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 65. Simulation Case [56], with these vision algorithms' weights [WEIGHTS].
Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: ===== ~ STATE's SENSOR FUSION CASES ~ =====
[MainThread]: 66. Add Some Noise On Radar Sensor.
tion Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 67. Add Some Noise On IMU System Sensor.
tion Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: 68. Add Some Noise On IMU System and Radar Sensors.
tion Case], [Number of agents: 6]
[MainThread]: ===== OTHER CASES ~ =====
[MainThread]: (EMPTY)
[MainThread]: 69. Help
[MainThread]: 70. Exit
[MainThread]: Select one of the above simulation options:
```

Figure 16: Παράδειγμα από τον κατάλογο επιλογών περιπτώσεων προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Υλικό από την προσομοίωση.

Στην εικόνα 16 φαίνεται το πέρας του καταλόγου επιλογών και ένα μήνυμα που ζητάει από τον νοήστη να του προσδιορίσει την περίπτωση που επιθυμεί να παρακολουθήσει.

Τέλος για την καλύτερη οπτικοποίηση της προσομοίωσης διαθέτουμε και μια συλλογή από αρχεία που θεωρούμε πως αποθηκεύονται στην μνήμη των πρακτόρων μας και γίνονται διαθέσιμα στο πλοίο είτε μέσω καναλιού επικοινωνίας, που δεν συστήνεται λόγω υπερφόρτωσης καναλιού και κατανάλωσης ενέργειας, είτε στο πέρας της διαδικασίας ανίχνευσης και την προσγείωση των πρακτόρων στην βάση τους.

Τα αρχεία που αναφέραμε είναι τα εξής:

No.	Κωδική λέξη	Ερμηνεία
1.	'AGENT_DECISION_FILE.txt'	στο αρχείο αυτό θα δούμε τις αποφάσεις που πάρθηκαν από τους πράκτορες σε όλη την διάρκεια της προσομοίωσης.
2.	'AGENT_DETECTION_INFO_FILE.txt'	στο αρχείο αυτό θα δούμε τον χάρτη με τα ΥΥ που βρέθηκαν και τα χαρακτηριστικά τους.
3.	'COMMUNICATION_INFO_FILE.txt'	στο αρχείο αυτό θα βρούμε τα μηνύματα επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων και του πλοίου.
4.	'maccos_statisticsInfoLogFile.txt'	στο αρχείο αυτό θα βρούμε πολλά επιπλέον στοιχεία κατά την διάρκεια της προσομοίωσης και προσδιορίζουν διάφορα στοιχεία των καταστάσεων που έχουν οι πράκτορες στην διάρκεια της προσομοίωσης.

Table 13: Αρχεία καταγραφής χρήσιμων χαρακτηριστικών από την πλευρά των πρακτόρων.

6.7 Πλοίο

Όπως έχουμε αναφερθεί παραπάνω το πλοίο έχει την δυνατότητα να συγκεντρώνει πληροφορίες στο πέρας της προσομοίωσης ή κατά την διάρκεια ανίχνευσης.

Στο σημείο αυτό της πτυχιακής θα αναφερθούμε στην δημιουργία του χάρτη αντικειμένων ενδιαφέροντος. Ο χάρτης αυτός είναι στην ουσία ένα αρχείο που περιέχει πληροφορίες για τα Υ.Υ. που βρήκαν οι πράκτορες. Το αρχείο ονομάζεται 'AGENT_DETECTION_INFO_FILE.txt' και εμφανίζονται οι πληροφορίες της τοποθεσίας των αντικειμένων αυτών, το πλήθος τους, την βεβαιότητα ανίχνευσης καθώς και την κατηγορία τους. Με βάση αυτόν τον χάρτη, το πλοίο χρησιμοποιεί την παρακάτω συνάρτηση χρησιμότητας για να ταξινομήσει την σπουδαιότητα των περιοχών με ΥΥ που βρέθηκαν στο περιβάλλον ανίχνευσης.

Συνάρτηση χρησιμότητας του πλοίου:

$$Utility_{area} = numOfObjects * \sum possibilities_{weightedAverage} * A + depositDistance * B. \quad (14)$$

$Utility_{area}$ είναι το αποτέλεσμα της συνάρτησης χρησιμότητας της περιοχής, που σηματοδοτείται με την κωδική ονομασία area. A,B είναι παράμετροι που ρυθμίζουν την επιρροή των τιμών, των οποίων πολλαπλασιάζονται. depositDistance είναι η απόσταση του πράκτορα που βρήκε το ΥΥ από το πλοίο. Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε 0 σε όλες τις περιοχές που δεν έχει ανιχνευτεί ΥΥ και την τιμή της συνάρτησης 14 στις περιοχές που βρέθηκε αντικείμενο ενδιαφέροντος.



7 Πειραματικά δεδομένα

Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας. Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε δύο μικρότερες, την “Αξιολόγηση των αλγορίθμων ανίχνευσης εικόνας” και την “Αξιολόγηση συστήματος πολλαπλών πρακτόρων”. Επειδή η πειραματική διαδικασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι ιδιαίτερα εκτενή, ακολουθούν οι παρακάτω παράγραφοι που συνοψίζουν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις ενότητες που περιγράφουν.

Συνοπτικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας για τον σχολιασμό των αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι πως δεν υπάρχει ένας αλγόριθμος που να υπερισχύει έναντι όλων των υπολοίπων για όλες τις πειραματικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα για συνεργασία των αλγορίθμων ανίχνευσης. Επιπρόσθετα διακρίνουμε παρακάτω τρεις αλγορίθμους (“Yolo5”, “Yolo7”, “Yolo8”). Αυτοί οι αλγόριθμοι επιτελούν εξαιρετική δουλειά στην ανίχνευση όλων/των περισσότερων αντικειμένων που υπάρχουν στις εικόνες της πειραματικής διαδικασίας. Οπότε δεν κρίνεται άμεσα αναγκαία οποιαδήποτε επέκταση που θα οδηγούσε σε βελτιστοποίηση των αλγορίθμων ανίχνευσης αφού ήδη επιτυγχάνεται ο σκοπός χρήσης τους. Τέλος υπάρχουν κάποια προβλήματα στους αλγορίθμους ανίχνευσης που είναι τα εξής: Πιθανότητα να μην εντοπιστούν όλα τα αντικείμενα σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, πιθανότητα να ανιχνευτεί η αντανάκλαση κάποιου αντικειμένου ή ανθρώπου ως ΥΥ. Ως προς την επίλυση των παραπάνω ζητημάτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιου είδους φωτισμού των περιοχών που τίθενται προς ανίχνευση από τους πράκτορες και για το ζήτημα της αντανάκλασης ο πράκτορας να αλλάζει οπτικές γωνίες και να προσεγγίζει σε κοντινή απόσταση το ΥΥ που εντόπισε.

Συνοπτικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας για τον σχολιασμό του πολυπρακτορικού συστήματος. Η πειραματική διαδικασία της αξιολόγησης του πολυπρακτορικού συστήματος έχει ως εξής: Αρχικά περιγράφονται περιστατικά που αναδυνάμουν τις δυνατότητες του συστήματος αυτού και στην συνέχεια προσδιορίζονται κάποιοι παράμετροι με σκοπό την βελτιστοποίηση του. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται τα περιστατικά 9,19,25,26,28 ως ενδεικτικά και ακολουθούν περισσότερα στην ενότητα της πτυχιακής “Παράρτημα”. Τα περιστατικά αυτά αναπαριστούν τις δυνατότητες του πολυπρακτορικού συστήματος καθώς και του περιβάλλοντος προσομοίωσης αφού μας παρουσιάζουν τις λύσεις που βρίσκουν οι πράκτορες για τα ζητήματα των ενδεικτικών περιστατικών και παρατηρούμε τα διαγράμματα/τα αρχεία που προκύπτουν από το περιβάλλον προσομοίωσης και επιβεβαιώνουν την επίλυση των ζητημάτων των περιστατικών της προσομοίωσης αντίστοιχα. Τέλος ως προς την βελτίωση του πολυπρακτορικού συστήματος συνειδητοποιούμε τα εξής: Επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου προσδιορισμού των παραμέτρων ρύθμισης της ακτίνας εμβέλειας του radar και των καναλιών επικοινωνίας (για τον προσδιορισμό του χρόνου ανίχνευσης, της συνολικής κατανάλωσης μνήμης και ενέργειας), των παραμέτρων επιβολής ποινής και επιβράβευσης των πρακτόρων και των αλγορίθμων ανίχνευσης τους, των παραμέτρων ρύθμισης των συντελεστών προσδιορισμού της χρησιμότητας των περιοχών που έχουν ΥΥ. Με τον όρο “κατάλληλο προσδιορισμό” εννοούμε τον τρόπο που εξάγονται αποτελέσματα που προκαλούν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην μεταβλητή που



προσδιορίζουν εντός κάποιων ορίων. Με άλλα λόγια αρχικά εκτιμούμε δύο παραμετροποιήσεις που είναι ακραίες, δηλαδή προκαλούν μικρό και τεράστιο αντίκτυπο τιμών των μεταβλητών που προσδιορίζουν, με αυτό τον τρόπο επιθυμούμε να προκύψει μια κλίμακα πιθανών παραμετροποιήσεων εντός των ακραίων παραμετροποιήσεων. Και από αυτή την κλίμακα σχολιάζουμε άλλες δύο πιθανές παραμετροποιήσεις όπου από τα αποτελέσματα των γραφικών των μεταβλητών προσδιορισμού των παραμέτρων αποφασίζουμε ποια ανέδειξε τιμές πιο κοντά στην συμπεριφορά των πρακτόρων που επιθυμούμε να έχουν.

7.1 Αξιολόγηση των αλγορίθμων ανίχνευσης εικόνας

Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήσαμε για την ανίχνευση των αντικειμένων είναι δύο (Yolo, Faster RCNN) και με την βοήθεια των οποίων έχουν προκύψει επιμέρους αλγόριθμοι που περιέχουν την ίδια δομή αλλά διαφορετικό βάρος νευρωνικού όπως έχουμε περιγράψει ^{6.1.2, 6.1.3}.

Στην εικόνα 17 παρουσιάζονται τρεις εικόνες. Η αριστερά, η μεσαία και η δεξιά. Η αριστερά είναι η εικόνα που υπάρχει στο περιβάλλον ανίχνευσης. Η μεσαία και η δεξιά αντιστοιχούν στα αποτελέσματα ανίχνευσης που προέκυψαν με την χρήση του Yolo αλγορίθμου και με διαφορετικό βάρος νευρωνικού. Μπορούμε να διαπιστώσουμε με κάθε ένα από τους αλγόριθμους που διαθέτουμε πως δύναται να προκύψουν αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα. Όπως έχουμε περιγράψει προηγουμένως έχουμε δημιουργήσει αρκετούς αλγόριθμους και κάθε ένας έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Για παράδειγμα κάποιοι είναι ικανότεροι σε ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες, κάποιοι είναι καλύτεροι στο να εντοπίζουν μικρά αντικείμενα, κάποιοι έχουν μικρό ποσοστό σφαλμάτων. Οπότε θεωρήθηκε αναγκαίο να υπάρχει επιλογή για συνδυασμό των αλγορίθμων ανίχνευσης. Πιο συγκεκριμένα στην εικόνα 17 παρατηρούμε πως ο αλγόριθμος που έβγαλε ως αποτέλεσμα την δεξιά εικόνα πρέπει να έχει μεγαλύτερο βαθμό εμπιστοσύνης από τον αλγόριθμο της μεσαίας εικόνας. Κρίνεται αναγκαίο λοιπόν να υπάρχει συνδυασμός αλγορίθμων με τον σωστό προσδιορισμό των παραμέτρων εμπιστοσύνης των αλγορίθμων αυτών. Η μέθοδος για τον κατάλληλο συνδυασμό των αλγορίθμων ανίχνευσης είναι ο βαθμισμένος μέσος όρος.

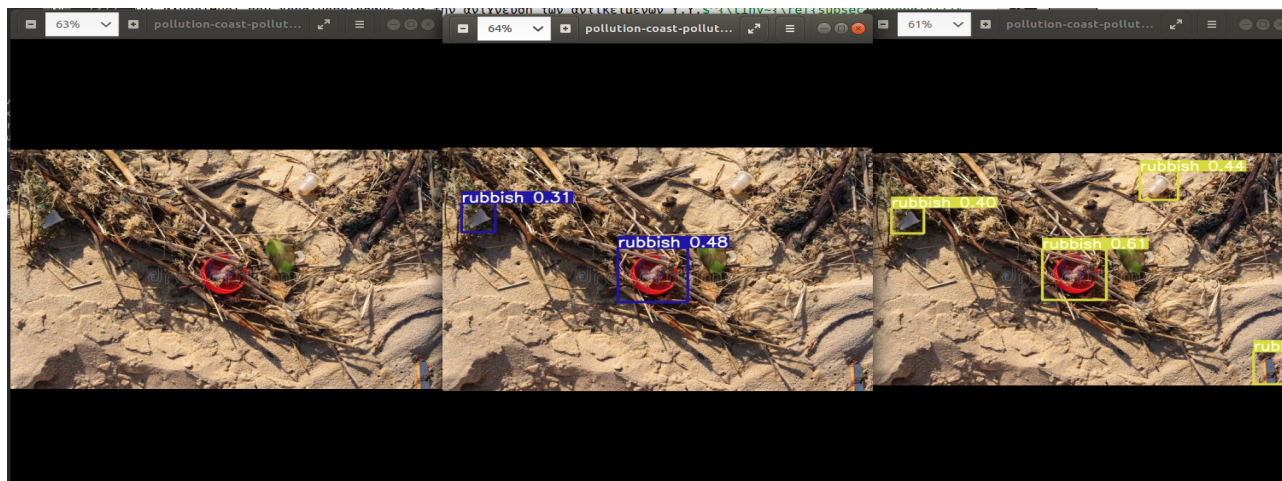


Figure 17: Παράδειγμα τριών ίδιων εικόνων που υπέστησαν διαφορετική διαδικασία ανίχνευσης. Προέλευση Εικόνας: Αποτέλεσμα από τις πειραματικές μας μεθόδους.

The image shows two side-by-side browser windows. The left window displays a photograph of a pile of discarded plastic bottles and other debris on a rocky, pebbly shore. The right window displays the same photograph but with several pink bounding boxes overlaid on it. Each bounding box is accompanied by the word 'rubbish' and a numerical confidence score. The scores vary, with some being as high as 0.59 and others as low as 0.30. The bounding boxes are concentrated on the plastic bottles, indicating the model's focus on identifying this type of waste.

Παρόλο που αναφερθήκαμε σε δύο περιπτώσεις αρκετά ξεκάθαρες για την συμβολή των αλγορίθμων αυτών στο έργο μας υπάρχουν πολλά ακόμη παραδείγματα που μπορεί αυτή η βοήθεια να γίνει εξίσου αντιληπτή.

[illegible]

TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE

Παρακάτω ακολουθούν κάποια παραδείγματα από τα πειράματα που εκτελέσαμε και τα αποτελέσματα τους. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν καταγραφεί αναλυτικά σε excel με το όνομα "SumUp.xlsx". Ένα δείγμα από το excel παρουσιάζεται στην εικόνα 19. Στην εικόνα αυτή φαίνονται επτά στήλες που κάθε μία με την σειρά της περιέχει τα ονόματα των εικόνων που υποβλήθηκαν σε ανίχνευση, τον αριθμό των αντικειμένων ενδιαφέροντος που εντοπίστηκαν, την πιθανότητα εντοπισμού των αντικειμένων αυτών, την κατηγορία που ανήκουν τα αντικείμενα αυτά, τον χρόνο ανίχνευσης, τον αριθμό σωστών ανιχνεύσεων, τον αριθμό των εσφαλμένων ανιχνεύσεων.

Στον πίνακα που ακολουθεί ¹⁴ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επικρατέστερων αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων, τα οποία προέκυψαν από την εφαρμογή των αλγορίθμων αυτών στο "σύνολο ελέγχου".

1.	Name:	"Yolo 1"			
	Performance:	108			
	Accuracy:	119.9998155 [SQRTerror]	ή 0.26405868 [Rate On Total]	ή 26.40586797 [Rate On Percent]	
	Errors:	6 [SQRTerror]	21.6 [Rate On Total]	2160 [Rate On Percent]	5 [Total]
2.	Name:	"Yolo 2"			
	Performance:	43			
	Accuracy:	134.464612 [SQRTerror]	ή 0.105134474 [Rate On Total]	ή 10.51344743 [Rate On Percent]	
	Errors:	2.645751311 [SQRTerror]	21.5 [Rate On Total]	2150 [Rate On Percent]	2 [Total]
3.	Name:	"Yolo 3"			
	Performance:	34			
	Accuracy:	142.877335 [SQRTerror]	ή 0.083129584 [Rate On Total]	ή 8.312958435 [Rate On Percent]	
	Errors:	2.828427125 [SQRTerror]	17 [Rate On Total]	1700 [Rate On Percent]	2 [Total]
4.	Name:	"Yolo 4"			
	Performance:	147			
	Accuracy:	113.987361 [SQRTerror]	ή 0.359413203 [Rate On Total]	ή 35.94132029 [Rate On Percent]	
	Errors:	7.83668013 [SQRTerror]	24.5 [Rate On Total]	2450 [Rate On Percent]	6 [Total]



5.	Name:	“Yolo 5”			
	Performance:	269			
	Accuracy:	88.29138401 [SQRTerror]	ή 0.657701711 [Rate On Total]	ή 65.77017115 [Rate On Percent]	
	Errors:	8.531429177 [SQRTerror]	44.83333333 [Rate On Total]	4483.333333 [Rate On Percent]	6 [Total]
6.	Name:	“Yolo 6”			
	Performance:	0			
	Accuracy:	147.014842 [SQRTerror]	ή 0. [Rate On Total]	ή 0. [Rate On Percent]	
	Errors:	0. [SQRTerror]	- [Rate On Total]	- [Rate On Percent]	0 [Total]
7.	Name:	“Yolo 7”			
	Performance:	357			
	Accuracy:	46.96589347 [SQRTerror]	ή 0.872860636 [Rate On Total]	ή 87.28606357 [Rate On Percent]	
	Errors:	7.610365985 [SQRTerror]	35.7 [Rate On Total]	3570 [Rate On Percent]	10 [Total]
8.	Name:	“Yolo 8”			
	Performance:	217			
	Accuracy:	100.7626381 [SQRTerror]	ή 0.530562347 [Rate On Total]	ή 53.05623472 [Rate On Percent]	
	Errors:	7.314626503 [SQRTerror]	31 [Rate On Total]	3100 [Rate On Percent]	7 [Total]
9.	Name:	“Yolo 9”			
	Performance:	83			
	Accuracy:	137.8093094 [SQRTerror]	ή 0.202933985 [Rate On Total]	ή 20.29339853 [Rate On Percent]	
	Errors:	2 [SQRTerror]	27.66666667 [Rate On Total]	2766.666667 [Rate On Percent]	3 [Total]

Table 14: Αποτελέσματα των επικρατέστερων αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων

Ως προς την επεξήγηση του παραπάνω πίνακα ¹⁴



No.	Ορισμός	Επεξήγηση
1.	Απόδοση[Performance]	Η απόδοση προέκυψε ως το άθροισμα του πλήθους των διάφορων ανιχνεύσεων των εικόνων του "συνόλου ελέγχου" ($\sum_{i \in \#(images)} Items_i$). Η απόδοση των αλγορίθμων είναι ο αριθμός των αντικειμένων που εντοπίστηκαν στο σύνολο ελέγχου. Είναι ένα μέτρο σύγκρισης της αποτελεσματικότητας των αλγορίθμων, ωστόσο πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα αποτελέσματα της ακρίβειας και των λαθών που έβγαλε ο αλγόριθμος προκειμένου να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα.
2.	Ακρίβεια των μετρήσεων[SQRTerror]	Η ακρίβεια των μετρήσεων που προέκυψε ως το άθροισμα των τετραγωνικών ριζών της διαφοράς του πραγματικού πλήθους αντικειμένων ενδιαφέροντος με το πλήθος των αντικειμένων που βρέθηκε για κάθε εικόνα του συνόλου ελέγχου ($\sum_{i \in \#(images)} \sqrt{ Items_i - TrueItems_i }$). Η ακρίβεια είναι ένα μέτρο που συγκρίνει την απόδοση των αλγορίθμων με τα πραγματικά δείγματα αντικειμένων που θα έπρεπε να εντοπίσει
3.	Εναλλακτικός ορισμός της ακρίβειας των μετρήσεων[Rate On Total]	Ένα άλλο μέγεθος προσδιορισμού της ακρίβειας που προέκυψε είναι η απόδοση του αλγορίθμου διαιρούμενη με το άθροισμα των πραγματικών τιμών ($(\sum_{i \in \#(images)} Items_i) / (\sum_{i \in \#(images)} TrueItems_i)$).
4.	Εναλλακτικός ορισμός της ακρίβειας των μετρήσεων[Rate On Percent]	Ένα άλλο μέγεθος προσδιορισμού της ακρίβειας που προέκυψε είναι η απόδοση του αλγορίθμου πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό 100 και διαιρούμενη με το άθροισμα των πραγματικών τιμών ($(\sum_{i \in \#(images)} Items_i) * 100 / (\sum_{i \in \#(images)} TrueItems_i)$).
5.	Μέτρηση ανοχής σφαλμάτων[SQRTerror]	Ένα μέτρο για τον προσδιορισμό των σφαλμάτων που έγιναν στη διαδικασία ανίχνευσης αντικειμένων είναι το άθροισμα των τετραγωνικών ριζών της διαφοράς λάθους τιμής πλήθους αντικειμένων με το πλήθος αντικειμένων που ανιχνεύτηκαν ($\sum_{i \in \#(images)} \sqrt{ Items_i - FalseItems_i }$). Αποτελεί μέτρο που συγκρίνει τα δείγματα των αλγορίθμων που ανιχνεύτηκαν με αυτά για τα οποία έγιναν λάθος αντιστοιχίσεις. Αυτός είναι ένας παράγοντας που πρέπει να μένει μικρός ανεξάρτητα της απόδοσης του αλγορίθμου.
6.	Εναλλακτική μέτρηση ανοχής σφαλμάτων[Rate On Total]	Ένα επιπλέον μέτρο προσδιορισμού σφαλμάτων είναι το άθροισμα της απόδοσης του αλγορίθμου διαιρούμενο με το άθροισμα εσφαλμένων μετρήσεων αντικειμένων ($(\sum_{i \in \#(images)} Items_i) / (\sum_{i \in \#(images)} FalseItems_i)$)
7.	Εναλλακτική μέτρηση ανοχής σφαλμάτων[Rate On Percent]	Ένα επιπλέον μέτρο προσδιορισμού σφαλμάτων φαίνεται στην πέμπτη γραμμή και τρίτη στήλη και είναι το άθροισμα της απόδοσης του αλγορίθμου πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό 100 και διαιρούμενο με το άθροισμα εσφαλμένων μετρήσεων αντικειμένων ($(\sum_{i \in \#(images)} Items_i) / (100 * \sum_{i \in \#(images)} FalseItems_i)$)
8.	Εναλλακτική μέτρηση ανοχής σφαλμάτων[Total]	Το τελευταίο μέτρο προσδιορισμού εσφαλμένων ανιχνεύσεων που προέκυψε από το άθροισμα των εσφαλμένων ανιχνεύσεων αντικειμένων ενδιαφέροντος ($\sum_{i \in \#(images)} FalseItems_i$)

Table 15: Ορισμός των εννοιών του πίνακα 14

Παρατηρήσεις Και Παραμετροποίηση Αλγορίθμων. Επομένως τώρα που έχουμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τους αλγορίθμους μπορούμε να εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα:



Σχολιασμός απόδοσης. Από τις προσπάθειες μας βλέπουμε ότι κάποιες έβγαλαν ικανοποιητικά αποτελέσματα και κάποιες αρκετά απογοητευτικά ως προς την μέτρηση της απόδοσης. Αυτό είναι καλό καθώς αντιλαμβανόμαστε την ποικιλία των πειραματισμών μας. Οι τρεις αλγόριθμοι που ξεχώρισαν είναι, με σειρά μεγαλύτερης ικανοποίησης προς λιγότερης, ο "Yolo 7", "Yolo 5" και "Yolo 8".

Σχολιασμός ακρίβειας. Προτού αποφανθούμε για την απόδοση του αλγορίθμου "Yolo 7" ως ο καλύτερος αλγόριθμος είναι αναγκαίο να εξετάσουμε και τις άλλες μετρήσεις. Οπότε σε σχέση με την ακρίβεια των αλγορίθμων που διακρίθηκαν στην παραπάνω αξιολόγηση ως προς την μέτρηση με την τετραγωνική ρίζα έχουμε την κατάταξη "Yolo 7", "Yolo 5" και "Yolo 8" (επιθυμούμε να γίνει στο 0). Ως προς την δεύτερη-τρίτη μέτρηση ακρίβειας έχουμε την κατάταξη "Yolo 7", "Yolo 5" και "Yolo 8". Για να συνοψίσουμε, με βάση τα παραπάνω έχουμε σε αυτό το επίπεδο ελέγχου ως καλύτερο αλγόριθμο τον "Yolo 7".

$$\begin{cases} U(Yolo7)_{MA1} > U(Yolo5)_{MA1} > U(Yolo8)_{MA1} & \text{με απόδοση 55\%,} \\ U(Yolo7)_{MA2} > U(Yolo5)_{MA2} > U(Yolo8)_{MA2} & \text{με απόδοση 45\%,} \end{cases} \quad (15)$$

Σύνοψη αποτελεσμάτων επιπέδου ελέγχου αξιολόγησης ακρίβειας.

$U(Yolo8)_{MA1}$ είναι η τιμή της χρησιμότητας του αλγορίθμου 8 με βάση την μέτρηση ακρίβειας της γραμμής 4 και στήλης 2. Αντίστοιχος συμβολισμός για τους αλγορίθμους 5,7. $U(Yolo8)_{MA2}$ είναι η τιμή της χρησιμότητας του αλγορίθμου 8 με βάση την μέτρηση ακρίβειας της γραμμής 4 και στήλης 3 ή 4. Αντίστοιχος συμβολισμός για τους αλγορίθμους 5,7.

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \max(U(Yolo8)_{MA1}, U(Yolo5)_{MA1}, U(Yolo7)_{MA1}) * 55\% \\ \max(U(Yolo8)_{MA2}, U(Yolo5)_{MA2}, U(Yolo7)_{MA2}) * 45\% \end{cases} \Rightarrow \\ & \begin{cases} U(Yolo7)_{MA1} * 55\% \\ U(Yolo7)_{MA2} * 45\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 46.96589347 * 55\% \\ 87.28606357 * 45\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 46.9658935 \\ 39.2787286 \end{cases} \end{aligned}$$

Διαδικασία αξιολόγησης μέτρησης ακρίβειας. (16)

Σχολιασμός εσφαλμένων μετρήσεων Παράλληλα εξετάζουμε και την αποτελεσματικότητα των αλγορίθμων συγκριτικά με τις εσφαλμένες μετρήσεις που προέκυψαν. Στο σημείο αυτό εξετάζουμε την μεγαλύτερη τιμή μέτρησης ως καλύτερη. Επομένως, σε σχέση με τις εσφαλμένες μετρήσεις των αλγορίθμων που διακρίθηκαν στην παραπάνω αξιολόγηση ως προς την μέτρηση με την τετραγωνική ρίζα έχουμε την κατάταξη "Yolo 5", "Yolo 7" και "Yolo 8". Συγκρίνοντας την απόδοση του Yolo 5 με 8 παρατηρούμε πως δεν εξαρτάται η απόδοση του αλγορίθμου με τον αριθμό των σφαλμάτων. Με άλλα λόγια όσα περισσότερα αντικείμενα εντοπίσει ένας αλγόριθμος δεν σημαίνει επιπλέον αύξηση των εσφαλμένων προσδιορισμών αντικειμένων. Θετικό γιατί μας δίνει περιθώρια βελτίωσης ωσότου βρούμε έναν αλγόριθμο αρκετά μεγαλύτερης απόδοσης και μικρών σφαλμάτων. Επιπλέον σύμφωνα με την δεύτερη/τρίτη μέτρηση σφαλμάτων έχουμε την ίδια κατάταξη. Οπότε για αυτό το επίπεδο ελέγχου κρίνουμε καλύτερο αλγόριθμο τον "Yolo 5".

$$\begin{cases} U(Yolo5)_{MS1} > U(Yolo7)_{MS1} > U(Yolo8)_{MS1} & \text{με απόδοση 42\%,} \\ U(Yolo5)_{MS2} > U(Yolo8)_{MS2} > U(Yolo7)_{MS2} & \text{με απόδοση 16.6\%,} \\ U(Yolo8)_{MS3} > U(Yolo5)_{MS3} > U(Yolo7)_{MS3} & \text{με απόδοση 41.4\%,} \end{cases} \quad (17)$$



$U(Yolo8)_{MS1}$ είναι η τιμή της χρησιμότητας του αλγορίθμου 8 με βάση την μέτρηση σφαλμάτων της γραμμής 5 και στήλης 2. Αντίστοιχος συμβολισμός για τους αλγορίθμους 5,7. Και αντί για στήλη 2 έχουμε 4 για ΜΣ3 και στήλη 5 για ΜΣ2.

$$\begin{cases} \max(U(Yolo8)_{MA1}, U(Yolo5)_{MA1}, U(Yolo7)_{MA1}) * 42\% \\ \max(U(Yolo8)_{MA2}, U(Yolo5)_{MA2}, U(Yolo7)_{MA2}) * 16.6\% \\ \max(U(Yolo8)_{MA2}, U(Yolo5)_{MA2}, U(Yolo7)_{MA2}) * 41.4\% \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} U(Yolo5)_{MA1} * 42\% \\ U(Yolo5)_{MA2} * 16.6\% \\ U(Yolo8)_{MA2} * 41.4\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 8.531429177 * 42\% \\ 6 * 16.6\% \\ 53.05623472 * 4.14\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3.58320025 \\ 0.996 \\ 2.19652812 \end{cases}$$

Διαδικασία αξιολόγησης σφαλμάτων. (18)

Τα νούμερα στις πιθανότητες προήλθαν πειραματικά από συγκρίσεις συνδυασμών των αλγορίθμων.

Περεταίρω σχολιασμός. Έχοντας τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να ισχυριστούμε πως ο αλγόριθμος "Yolo 7" είναι ο ικανοποιητικότερος από πλευράς απόδοσης και ακρίβειας ωστόσο παρουσιάζει πολλά σφάλματα. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να κάνουμε συνδυασμούς αλγορίθμων κατά την διάρκεια ανίχνευσης. Σε περιοχές που ελλοχεύει ο κίνδυνος για εσφαλμένες ανιχνεύσεις να χρησιμοποιηθεί ο "Yolo 5" με μεγαλύτερη αξιοπιστία από ότι ο "Yolo 7".

Ένα άλλο περιστατικό που μπορούμε να παρατηρήσουμε είναι ότι υπάρχει πιθανότητα να γίνει εκπαίδευση των νευρωνικών των αλγορίθμων(περιλαμβανομένων όλων των αρνητικών όπως καθυστέρηση χρόνου, κατανάλωση υπολογιστικής ισχύς και γενικότερα πόρων του συστήματος) και να μην προκύψει αποτέλεσμα. Όπως στην περίπτωση του αλγορίθμου "Yolo 6".

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που παρατηρούμε είναι πως οι αλγόριθμοι "Yolo 2,3" δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα ούτε στο ελάχιστο. Ωστόσο σε συνδυασμό με το σύνολο εκπαίδευσης του αλγορίθμου "Yolo 1" η συνολική απόδοση των μετρήσεων εκτοξεύτηκε.

Επίσης ο αλγόριθμος "Yolo 7" είναι αρκετά αποτελεσματικός που μας ικανοποιεί στην ανίχνευση και δεν μας κάνει να θέλουμε να βάλουμε ως πρώτο στόχο την βελτίωση του για μελλοντικές προεκτάσεις της εργασίας μας. Με αυτό εννοούμε πως σαν καλό μέτρο σύγκρισης είναι τα αποτελέσματα απόδοσης του αλγορίθμου αυτού και δεν χρειάζεται αναγκαστικά να αυξήσουμε απόδοση αλλά τις μετρήσεις ακρίβειας και σφαλμάτων.

Επιπρόσθετα ένας άλλος λόγος που μας επιβεβαιώνει ότι διαθέταμε πολύ μικρό αριθμό εικόνων για να συγκροτήσουν αυτόνομο σύνολο δεδομένων για εκπαίδευση και ότι δεν έχουμε υπεραύξηση του συνόλου εκπαίδευσης είναι τα αποτελέσματα του αλγορίθμου "Yolo 6". Ο αλγόριθμος αυτός όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως ?? έκανε εκπαίδευση τα νευρωνικά του εισάγοντας ως σύνολο δεδομένων εικόνες από όλες τις κατηγορίες που είχαμε, όπως έγινε στον "Yolo 1", με την αφαίρεση των τεχνικών μας προσαύξησης. Παρατηρούμε οπότε συγκριτικά με τα αποτελέσματα του "Yolo 1" έχουμε μεγάλη διαφορά ανιχνεύσεων και γενικότερα αποτελεσμάτων απόδοσης του αλγορίθμου "Yolo 6".

Τέλος στον αλγόριθμο Faster RCNN δεν έχουν γίνει πολλοί πειραματισμοί αλλά τα αποτελέσματα είναι μεγαλύτερος νοόνο ανίχνευσης, υπερβολικά μεγαλύτερος χρόνος εκπαίδευσης σχετικά

με τον αντίστοιχο στην εκπαίδευση των Yolo αλγορίθμων και τα αποτελέσματα του συγκριτικά με τον αλγόριθμο "Yolo 1" που εκπαιδεύτηκαν με το ίδιο σύνολο δεδομένων είναι συγκριτικά μικρότερης απόδοσης, μικρότερης ακρίβειας αλλά μεγαλύτερης ανοχής σε σφάλματα. Ωστόσο πρώτου βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω πειραματισμοί ώστε να γνωρίσουμε τις δυνατότητες και τα μειονεκτήματα του αλγορίθμου Faster RCNN σε εφαρμογές όπως αυτές του έργου μας.

7.2 Αξιολόγηση συστήματος πολλαπλών πρακτόρων

Προτού παρουσιάσουμε τα πειραματικά αποτελέσματα του συστήματος μας, θα σχολιάσουμε τιν γραφικές που θα δημιουργηθούν με το πέρας της διαδικασίας ανίχνευσης καθώς και ένα εργαλείο-διεπαφή που βοηθάει στην επεξεργασία των γραφικών. Περισσότερες πληροφορίες παρουσιάζονται στο τμήμα της πτυχιακής "Παράρτημα".^{9.2}

No.	Ονομασία Διαγραμμάτων	Περιγραφή
0.	Χρονικών Ακολουθιών	Συλλογή γραφικών που περιγράφουν τις χρονικές διάρκειες εξέλιξης των διεργασιών των πρακτόρων
1.	Κατανάλωσης Ενέργειας και Κόστους	Σε αυτή την κατηγορία διαγραμμάτων αναπαριστώνται δύο υποκατηγορίες διαγραμμάτων. Η πρώτη αφορά διαγράμματα που περιγράφουν τις ενεργειακές καταναλώσεις των πρακτόρων και η δεύτερη υποκατηγορία το κόστος αξίας(χρηματική δαπάνη σε Ευρώ, προκύπτει από την ενέργεια που καταναλώνουν οι πράκτορες πολλαπλασιασμένη με την τιμή της κιλοβατώρας που προσφέρει η ΔΕΗ) της ενεργειακής κατανάλωσης.
2.	Μνήμης	Συλλογή διαγραμμάτων που αναπαριστούν την κατανάλωση μνήμης των πρακτόρων.
3.	Εκτίμηση Ενεργειακών Καταναλώσεων	Συλλογή διαγραμμάτων που περιγράφουν την προσέγγιση μας σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση των διεργασιών των πρακτόρων.
4.	Εμπιστοσύνη Πρακτόρων	Περιγράφουν την βαθμό εμπιστοσύνης που έχουν οι πράκτορες για όλους τους πράκτορες του πολυπρακτορικού συστήματος.
5.	Εμπιστοσύνη Αλγορίθμων Ανίχνευσης	Περιγράφουν τον βαθμό εμπιστοσύνης που έχουν οι πράκτορες για τους αλγορίθμους ανίχνευσης που χρησιμοποιούν οι πράκτορες του πολυπρακτορικού συστήματος.
6.	Θέσεις Πρακτόρων Από Radar	Διαγράμματα που παρουσιάζουν τον προσδιορισμό των θέσεων των πρακτόρων σύμφωνα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από τον αισθητήρα radar.
7.	Ταχύτητες Πρακτόρων Από Radar	Διαγράμματα που παρουσιάζουν τον προσδιορισμό της ταχύτητας των πρακτόρων σύμφωνα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από τον αισθητήρα radar.
8.	Θέσεις Πρακτόρων Από M.A.M. ^{9.1}	Διαγράμματα που παρουσιάζουν τον προσδιορισμό των θέσεων των πρακτόρων σύμφωνα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από τον αισθητήρα M.A.M. ^{9.1}

9.	Ταχύτητες Πρακτόρων Από Μ.Α.Μ. ^{9.1}	Διαγράμματα που παρουσιάζουν τον προσδιορισμό της ταχύτητας των πρακτόρων σύμφωνα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από τον αισθητήρα Μ.Α.Μ. ^{9.1}
10.	Θέσεις Πρακτόρων Από Αλγόριθμο Kalman Filter	Εκτίμηση των θέσεων των πρακτόρων που προκύπτουν από τον αλγόριθμο Kalman Filter.
11.	Αποστάσεις Πρακτόρων Από Πράκτορες Σύμφωνα με τον Kalman Filter Αλγόριθμο	Συλλογή διαγραμμάτων για την εκτίμηση της απόστασης των πρακτόρων σε σχέση με τους υπόλοιπους που προκύπτουν από τον Kalman Filter αλγόριθμο.
12.	Αποστάσεις Πρακτόρων Από Πλοίο Σύμφωνα με τον Kalman Filter Αλγόριθμο	Συλλογή διαγραμμάτων για την εκτίμηση της απόστασης των πρακτόρων σε σχέση με την θέση του πλοίου που προκύπτουν από τον Kalman Filter αλγόριθμο.
13.	Θέσεις Πρακτόρων Από Ευριστικό Αλγόριθμο	Εκτίμηση των θέσεων των πρακτόρων που προκύπτουν από τον ευριστικό αλγόριθμο.
14.	Αποστάσεις Πρακτόρων Από Πράκτορες Σύμφωνα με τον Ευριστικό Αλγόριθμο	Συλλογή διαγραμμάτων για την εκτίμηση της απόστασης των πρακτόρων σε σχέση με τους υπόλοιπους που προκύπτουν από τον ευριστικό αλγόριθμο.
15.	Αποστάσεις Πρακτόρων Από Πλοίο Σύμφωνα με τον Ευριστικό Αλγόριθμο	Συλλογή διαγραμμάτων για την εκτίμηση της απόστασης των πρακτόρων σε σχέση με την θέση του πλοίου που προκύπτουν από τον ευριστικό αλγόριθμο.
16.	Χρησιμότητα	Συλλογή διαγραμμάτων για τον προσδιορισμό της χρησιμότητας των περιοχών με ΥΥ που εντόπισαν οι πράκτορες.
17.	Κανάλια Επικοινωνίας	Διαγράμματα για τον προσδιορισμό της επικοινωνίας των πρακτόρων μεταξύ τους και με το πλοίο.

Table 16: Συλλογή διαγραμμάτων που προκύπτουν από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Από το κατάλογο επιλογών της προσομοίωσης δίνεται η δυνατότητα να παρατηρήσουμε και να δημιουργήσουμε περισσότερες περιπτώσεις προσομοίωσης του συστήματος μας. Παρακάτω παρουσιάζονται αρκετές που είναι άξιες σχολιασμού.

Α. Εξιστόρηση της διαδικασίας επίλυσης του προβλήματος που παρουσιάζει η περίπτωση 9 της προσομοίωσης. Θα ξεκινήσουμε την διαδικασία σχολιασμού των πειραματικών αποτελεσμάτων διαλέγοντας την επιλογή 9. Η επιλογή αυτή περιλαμβάνει δύο πράκτορες να ψάχνουν για ΥΥ σε μια περιοχή που υπάρχουν αρκετά. ^{9.2}

Σχολιασμός των διαγραμμάτων της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης. Αρχικά στο αρχείο "PlotStatisticsInfo.txt" ⁹⁴ δίνεται η δυνατότητα να παρατηρήσουμε διάφορες μετρήσεις που περιγράφουν τις χρονικές στιγμές των γραφικών που συμβαίνουν τα γεγονότα ενδιαφέροντος. Με τον όρο γεγονότα ενδιαφέροντος εννοούμε γεγονότα που συνέβησαν και επηρέασαν την λειτουργία πολυπρακτορικού μας συστήματος, οπότε και αποτελούν την αιτία των αλλαγών στις τιμές των νοαωικών.



Σχολιασμός Διαγραμμάτων Χρονικών Ακολουθιών.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης: 9).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

96, 97, 98

Ενδεικτικά Διαγράμματα

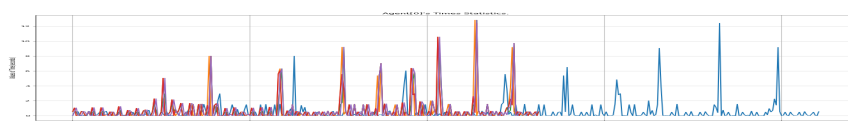


Figure 20: Ενδεικτική εικόνα της κατηγορίας των χρονικών ακολουθιών. Περισσότερες εικόνες βρίσκονται στο τμήμα της πτυχιακής “Παράρτημα”. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

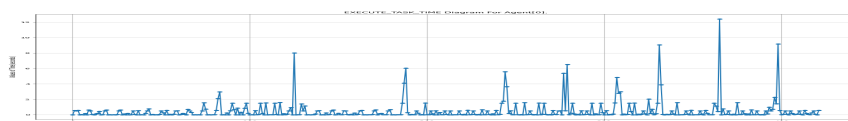


Figure 21: Ενδεικτική εικόνα των χρονικών ακολουθιών του πρακτορά 0. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

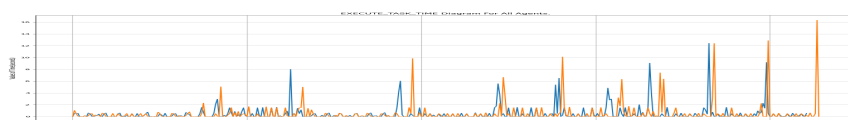


Figure 22: Ενδεικτική εικόνα για τα συγκριτικά δεδομένα των τιμών των χρονικών ακολουθιών της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

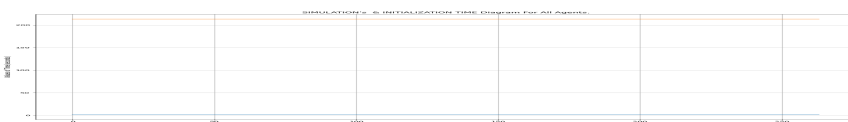


Figure 23: Χρόνος αρχικοποίησης και ολοκλήρωσης του έργου ανίχνευσης για την περίπτωση 9 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Η εικόνα 96 αποτελείται από δύο μικρότερες εικόνες που αναπαριστούν όλες τις χρονικές ακολουθίες που

σχετίζονται με τον πράκτορα 0 και 1 αντίστοιχα, στο ίδιο διάγραμμα για κάθε πράκτορα ξεχωριστά. Ο κάθετος άξονας περιγράφει τις χρονικές διάρκειες που χρειάστηκαν οι πράκτορες για να επιτελέσουν τις διάφορες λειτουργίες τους και ο οριζόντιος περιγράφει τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιήθηκαν αυτές. Εκ πρώτης όψεως οι δύο γραφικές [96] παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες ως προς την δομή τους. Δηλαδή μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι χρονικές στιγμές που χρειάζοντουσαν περισσότερο χρόνο επεξεργασίας από τον έναν πράκτορα χρειάζοντουσαν ανάλογο χρόνο και για τον άλλο πράκτορα. Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε αποτελεσματικότερα τις χρονικές ακολουθίες θα μεταβούμε στις παρακάτω εικόνες [97] που παρουσιάζουν κάθε μία από τις ακολουθίες αυτές σε δικό τους διάγραμμα. Θα αναφερθούμε σε δύο αναλύσεις. Η πρώτη θα αφορά την περιγραφή των διαγραμμάτων "χρονικών ακολουθιών" ενός πράκτορα. Και η δεύτερη θα αφορά την σύγκριση των διαγραμμάτων "χρονικών ακολουθιών" των δύο πρακτόρων.

Με βάση τα δεδομένα του αρχείου "PlotStatisticsInfo.txt"⁹⁴ συμπεραίνουμε πως στην εικόνα 97 την χρονική στιγμή 48 ο πράκτορας 0 ανιχνεύει ΥΥ. Μετά την στιγμή που βρέθηκε ΥΥ ακολουθεί μια σειρά μηνυμάτων για βοήθεια επαλήθευσης των αντικειμένων μεταξύ των δύο πρακτόρων μέχρι την στιγμή 73. Κάτι που φαίνεται και στα διαγράμματα από τις μικρές κλιμακώσεις και την στιγμή 73, η γραφική λαμβάνει παραπάνω χρόνο(οπότε μεγαλύτερη κλιμάκωση) διότι είναι η στιγμή που θα συνάψουν συμβόλαιο για μετακίνηση μαζί. Έστερα ακολουθεί μια σειρά μηνυμάτων επιβεβαίωσης της συνεργασίας τους, που δεν απαιτεί ιδιαίτερο χρόνο επεξεργασίας, όπως η πολιτική για επαλήθευση περιοχής ΥΥ που συναντήσαμε προηγουμένως, μέχρι την χρονική στιγμή 192. Την χρονική στιγμή αυτή γίνεται ανίχνευση νέας τοποθεσίας που περιέχει ΥΥ. Για αυτό και παρατηρούμε μια μεγάλη κορύφωση στην τιμή των χρονικών ακολουθιών και ξανά μεταβαίνουμε σε μια περίοδο στιγμών μικρής επεξεργαστικής πολυπλοκότητας οπότε και μικρών διαρκειών χρόνου που οφείλεται στην συνέχεια της διαδρομής των πρακτόρων ανταλλάσσοντας μηνύματα επιβεβαίωσης μετακίνησης μαζί. Έπειτα διακόπτεται αυτή η περίοδος μικρών διαρκειών από την στιγμή 153 που εντοπίζεται νέα περιοχή με ΥΥ και παρατηρούμε πάλι αυτή την στιγμιαία κορύφωση της διάρκειας των χρονικών ακολουθιών και ξανά επιστροφή στην περίοδο μικρών διαρκειών. Τέλος ακολουθούν άλλες δύο μεγάλες τιμές στις διάρκειες των χρονικών ακολουθιών και οφείλονται στις επόμενες δύο περιοχές με ΥΥ που βρέθηκαν. Ωστόσο εκτός από τις κλιμακώσεις λόγω εντοπισμών ΥΥ, συμβαίνουν και άλλες που δεν έχουν ιδιαίτερο λόγο ή καλύτερα η αιτία τους δεν οφείλεται αμιγώς στην ύπαρξη ενδιαφέροντος γεγονότος.

Οι εικόνες 98 αναπαριστούν τα συγκριτικά δεδομένα των τιμών των χρονικών ακολουθιών για τους δύο πράκτορες σε ένα διάγραμμα για κάθε ακολουθία.

Σχετικά με την σύγκριση των τιμών των ακολουθιών για κάθε πράκτορα, παρατηρούμε πως λαμβάνουν κοντινές τιμές διάρκειας σε κοντινές στιγμές. Και οι στιγμές αυτές θα φαινότουσαν πιο κοντινές αν η δειγματοληψία γινόταν με διαφορετικό τρόπο. Ωστόσο οι στιγμές αυτές οφείλονται στα ίδια γεγονότα οπότε γνωρίζουμε ότι αναφέρονται σε σχεδόν ίδιες χρονικές στιγμές. Παράλληλα σε άλλες στιγμές οι τιμές διάρκειας των ακολουθιών του πράκτορα 0 είναι μεγαλύτερες και σε άλλες του πράκτορα 1 με τρόπο που δεν δύναται να προκύψει κάποιο ουσιαστικό συμπέρασμα για την χρονική σχέση επεξεργασίας των διεργασιών των πρακτόρων.

Τέλος για να ολοκληρώσουμε τον σχολιασμό της κατηγορίας διαγραμμάτων 0, θα παρουσιάσουμε ένα επιπλέον διάγραμμα που αναπαριστά τις διάρκειες αρχικοποίησης των πρακτόρων ώστε να είναι ικανά να αναχωρήσουν από το πλοίο και τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης της εργασίας που τους ανατέθηκε. Και αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε είναι ο ελάχιστος χρόνος προετοιμασίας των πρακτόρων συγκριτικά με τον συνολικό χρόνο διάρκειας εκτέλεσης του έργου που τους ανατέθηκε. Επίσης αν θεωρήσουμε πως οι χρόνοι αυτοί θα μπορούσαν να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα(αν αφαιρούσαμε τους χρόνους ανίχνευσης εικόνων που είναι αποτυπωμένοι στο αρχείο "SumUp.xlsx"), τότε έχουμε ένα ικανοποιητικό αυτόνομο σύστημα επίλυσης μερικών του προβλήματος ρύπανσης των υδάτων συγκριτικά με τους χρόνους επιτευξης του ίδιου έργου με τα μέσα που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα.

Σχολιασμός διαγραμμάτων κατανάλωσης ενέργειας και κόστους.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

99, 100

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Figure 24: Ενδεικτική εικόνα αναπαράστασης της κατανάλωσης ενέργειας και κόστους της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης για όλες τις διεργασίες του πράκτορα 0. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρούμε πως υπάρχει σχέση αναλογίας μεταξύ των διαγραμμάτων ενεργειακής κατανάλωσης και κατανάλωσης αξίας για κάθε πράκτορα. Και αυτό συμβαίνει λόγω του τύπου που εφαρμόζουμε για να εκτιμήσουμε την αξία κατανάλωσης μέσω της ενεργειακής κατανάλωσης.^{9,2} Τα συμπεράσματα που προκύπτουν όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα είναι τα ίδια με αυτά που σχολιάσαμε στις χρονικές ακολουθίες. Περαιτέρω υλικό βρίσκεται στην ενότητα “Παράρτημα”^{100,99}.

Σχολιασμός διαγραμμάτων κατανάλωσης μνήμης.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

-

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Figure 25: Διάγραμμα κατανάλωσης μνήμης της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Παρατηρώντας την επόμενη εικόνα 25 μπορούμε να βγάλουμε τα εξής συμπεράσματα: η αρχικοποίηση των πρακτόρων είναι αρκετά μεγάλη (σαν λίστα με 14,429 στοιχεία), όχι όμως κάτι ανησυχητικό. Για την ολοκλήρωση του έργου τους οι πράκτορες χρειάζονται επιπλέον μνήμη που αντιστοιχεί με 938 στοιχεία λίστας, κάτι που μας φαίνεται αρκετά ικανοποιητικό αλλά δέχεται βελτιώσεις. Επομένως, συνολικά έχουμε κατανάλωση μνήμης 123KB για να ολοκληρωθεί η ανίχνευση της περιοχής του πράκτορα 0. Πιο συγκεκριμένα συνειδητοποιούμε πως μέχρι την χρονική στιγμή 57 οι δύο πράκτορες παρουσίαζαν την ίδια κατανάλωση μνήμης και ύστερα ο πράκτορας 0

παρουσιάζει ανάγκες αξιοποίησης περισσότερης μνήμης από τον 1. Η στιγμή αυτή αν κοιτάξουμε το αρχείο "PlotStatisticsInfo.txt" οφείλεται στην συμφωνία των δύο πρακτόρων για να μετακινούνται μαζί. Κάτι που βγάζει νόημα αφού ο πράκτορας 1 δεν χρειάζεται να κρατάει όσες πληροφορίες απασχολούν τον πράκτορα 0 στην μνήμη του, οι οποίες σχετίζονται με την διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσουν. Επίσης λίγο πριν την στιγμή 57 και λίγο μετά παρατηρείται το φαινόμενο που ο πράκτορας 1 καταναλώνει περισσότερη μνήμη από τον 0 αυτό γίνεται διότι ο πράκτορας 0 περιμένει τον 1, οπότε δεν σκέφτεται που να μετακινηθεί μετά.

Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης ενεργειακής κατάστασης των πρακτόρων.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

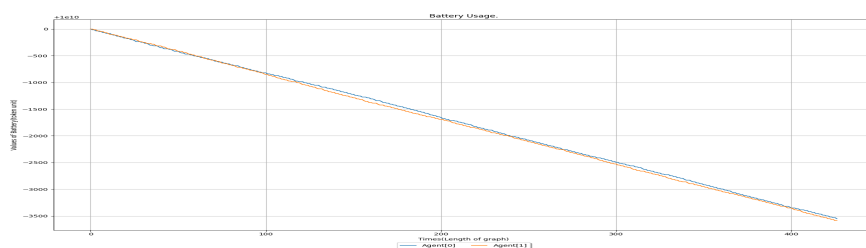


Figure 26: Διάγραμμα αναπαράστασης της εκτίμησης της ενεργειακής κατάστασης των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Όπως παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα²⁶, κάθε φορά που ο πράκτορας εκτελεί κάποια διεργασία μειώνεται κατά ένα ποσοστό το αρχικό του ενεργειακό απόθεμα. Οι πράκτορες λοιπόν καταναλώνουν μικρά ποσοστά απο το ενεργειακό τους απόθεμα κάθε φορά που εκτελούν κάποια διεργασία και παρατηρούμε πως ο πράκτορας 1 καταναλώνει με μεγαλύτερο ρυθμό ενέργεια από ότι ο πράκτορας 0 ύστερα την χρονική στιγμή κοντά στο 118. Και αυτό οφείλεται στην σύναψη συμφωνίας για να ακολουθήσει ο πράκτορας 1 την διαδρομή του 0. Ός εξήγηση έχουμε πως ο 0 κάνει πολλές εργασίες από μία φορά παράγοντας κάποιο έργο, ενώ ο 1 περιμένει/ακολουθεί τις ενέργειες του 0 οπότε χάνει κάποιο χρόνο σε επανάληψη κινήσεων που δεν εκτελούν κάποιο ουσιώδες έργο. Τέλος πριν προχωρήσουμε στον σχολιασμό επόμενου διαγράμματος, να αναφέρουμε πως τα αρνητικά πρόσημα στον κάθετο άξονα των παραπάνω γραφικών σηματοδοτεί τις καταναλώσεις ενέργειας που αργότερα θα πρέπει να δώσουμε στους πράκτορες ενεργειακό φορτίο που να μην δύναται να λάβει αρνητικές τιμές, δηλαδή να σημαίνει έλλειμμα μπαταρίας.

Σχολιασμός διαγραμμάτων εμπιστοσύνης πρακτόρων.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Από το αρχείο "PlotStatisticsInfo.txt" ενημερωνόμαστε πως μέχρι την χρονική στιγμή 40 δεν συμβαίνει κάποιο γεγονός που φέρει ενδιαφέρον. Αυτό φαίνεται στην πρώτη υποεικόνα της παραπάνω εικόνας²⁷, που μέχρι την

στιγμή αυτή και οι δύο πράκτορες έχουν την αρχικοποιημένη τους τιμή και ύστερα της στιγμής αυτής η τιμή αξιολόγησης τους αυξάνεται με μικρό ρυθμό. Αρχικά παρατηρούμε μια μεγάλη αύξηση τιμής του πράκτορα 0, που οφείλεται στην εύρεση της περιοχής με ΥΥ και τις επόμενες στιγμές ίδια αύξηση τιμών που οφείλεται στην συνεργασία των πρακτόρων με σκοπό την επαλήθευση της περιοχής αυτής. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται μέχρι την στιγμή 66 που ο πράκτορας 1 έχει μεταβεί στην τοποθεσία του 0, επαληθεύει τα χαρακτηριστικά των ΥΥ που βρέθηκαν και αποφασίζουν οι δύο πράκτορες να μετακινηθούν μαζί. Αυτή η συνθήκη συνεργασίας δεν επωφελεί τους πράκτορες ιδιαίτερα οπότε δεν βρίσκει λόγο ο πράκτορας 0 να αυξήσει την αξιοπιστία κανενός. Την σταθερότητα αυτή έρχεται να διακόψει το περιστατικό της στιγμής 96 που είναι η εύρεση ΥΥ από τον πράκτορα 0. Εκείνη την στιγμή παρατηρούμε μια απότομη αύξηση της τιμής αξιοπιστίας του πράκτορα 0 (όπως έχουμε προαναφέρει σε αυτή την ενότητα της πτυχιακής μας ενδιαφέρει η λογική αναπροσαρμογής των τιμών αξιοπιστίας και όχι το ποσοστό κλιμάκωσης τους, διότι παρακάτω στην ίδια ενότητα θα ασχοληθούμε αναλυτικά με τα ποσοστά αυτά). Στην συνέχεια ακολουθεί περίοδος που δεν αναπροσαρμόζονται οι τιμές και για τους δύο πράκτορες μέχρι την στιγμή 121 που βρίσκεται πάλι περιοχή με ΥΥ από τον πράκτορα 0 και αυτή την φορά το βλέπει ο πράκτορας 0 ως θετικό την συνεργασία του με τον 1 οπότε του αναπροσαρμόζει και την δική του τιμή ανάλογα. Ανιχνεύσεις περιοχών με ΥΥ συνεχίζουν να συμβαίνουν και για αυτό παρατηρούμε αυτές τις αυξήσεις τιμών.

Στην ίδια εικόνα ²⁷ φαίνεται και το διάγραμμα αξιοπιστίας του πράκτορα 1 για τους πράκτορες. Οι διαφορές σχετικά με το αντίστοιχο διάγραμμα του 0 είναι εμφανείς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως ο πράκτορας 1 λαμβάνει συμπληρωματικό-βοηθητικό ρόλο στην περίπτωση αυτή της προσομοίωσης, οπότε έχει αντίληψη πως και οι δύο πράκτορες συνέβαλλαν το ίδιο.

Κατηγορία διαγραμμάτων:
Εμπιστοσύνης Πρακτόρων

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

-

Ενδεικτικά Διαγράμματα

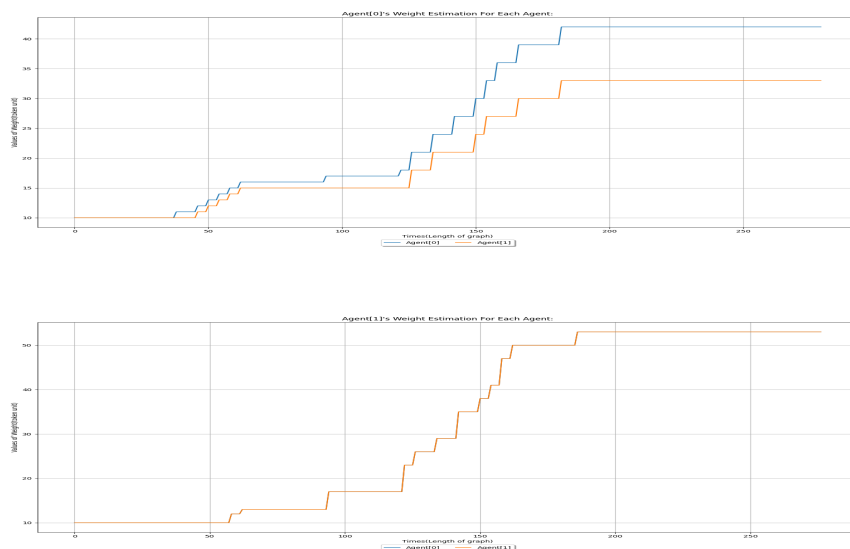


Figure 27: Διαγράμματα αναπαράστασης της εμπιστοσύνης των πρακτόρων 0,1 για τους πράκτορες του πολυπρακτορικού. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

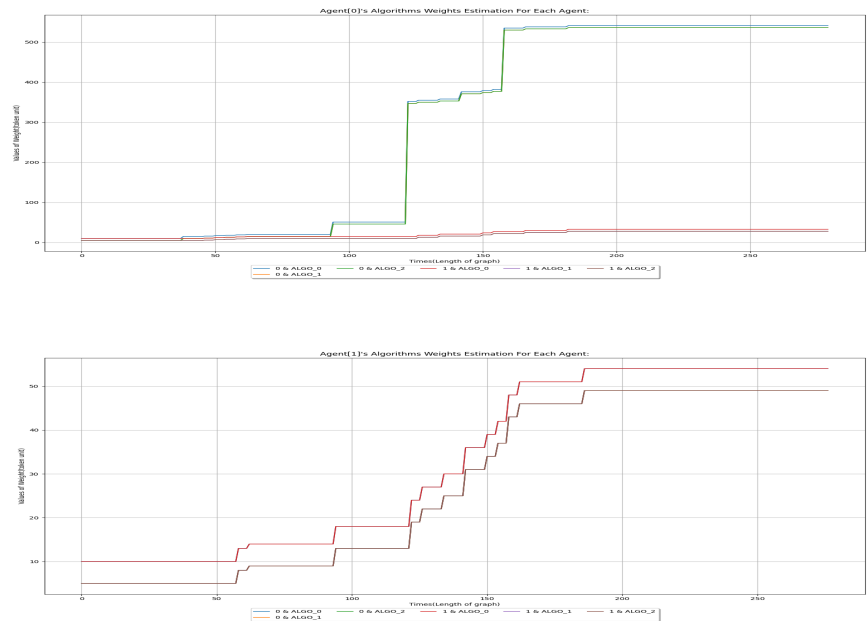


Figure 28: Διαγράμματα αναπαράστασης της εμπιστοσύνης των πρακτόρων 0,1 για τους αλγορίθμους ανίχνευσης των πρακτόρων του πολυπρακτορικού. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Παρόμοια λογική(αναπροσαρμογή τιμών στις ίδιες χρονικές στιγμές) παρουσιάζουν και τα διαγράμματα αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης ΥΥ που χρησιμοποιούν οι πράκτορες²⁸. Παρατηρούμε επίσης πως ορισμένοι αλγόριθμοι έχουν αποκτήσει μεγαλύτερη τιμή αξιοπιστίας στην αρχικοποίηση τους και αυτό οφείλεται στην εμπιστοσύνη που τους αποδίδεται εξ αρχής από τους πράκτορες λόγω προγενέστερων μετρήσεων.

Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης θέσεων από τους αισθητήρες Radar και M.A.M.^{[51], 16} (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Όπως μπορούμε να δούμε στα παρακάτω διαγράμματα,²⁹ ο αισθητήρας radar έχει μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας και φαίνεται από τον τρόπο που αποτυπώνονται τα σημεία θέσης των πρακτόρων συγκριτικά με το σύνολο αισθητήρων M.A.M. Με άλλα λόγια υπάρχουν περισσότερα σημεία θέσης στα διαγράμματα που προέκυψαν με την συμβολή του radar, οπότε μπορούμε να γνωρίζουμε ακριβέστερα την θέση των πρακτόρων. Επίσης ο κάθε πράκτορας δύναται να εκτιμάει την θέση και των υπόλοιπων πρακτόρων λόγω του radar

(και στην συνέχεια να γνωρίζει την ταχύτητα τους). Επιπρόσθετα ο λόγος που το M.A.M. έχει μια γραφική για την καταγραφή των θέσεων των πρακτόρων είναι επειδή το σύστημα αισθητήρων αυτό είναι προσαρμοσμένο πάνω στους πράκτορες και λαμβάνει μόνο δεδομένα θέσης του ιδίου, χωρίς να μπορεί να εξάγει δεδομένα θέσεων των υπόλοιπων πρακτόρων. Τέλος αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα ²⁹ είναι στην αρχή οι δύο πράκτορες να έχουν μη εφραπτόμενες γραμμές, που σημαίνει ότι μετακινούνται στην δική τους διαδρομή και ύστερα οι γραμμές που ενώνουν τα σημεία τοποθεσίας τους εφράπτονται, πράγμα που σημαίνει ότι κινούνται μαζί.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

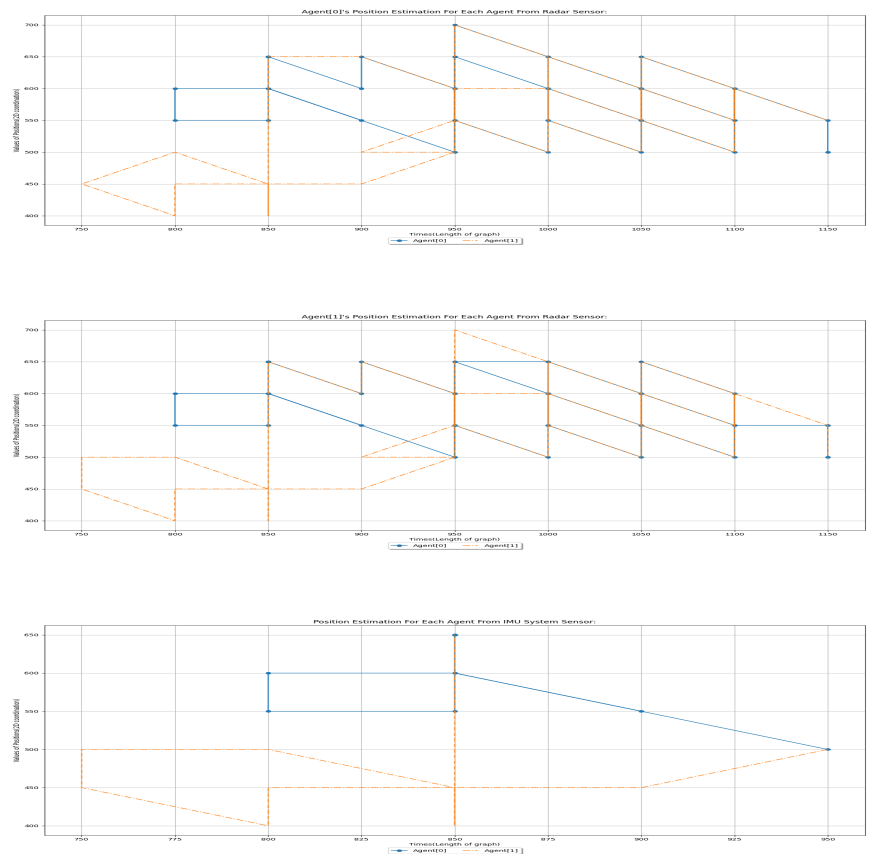


Figure 29: Διαγράμματα εκτίμησης των θέσεων των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

ιαγραμμάτων:
ς Ταχύτητας

Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης ταχύτητας από τους αισθητήρες Radar και M.A.M.^{[51], 16} (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).



Κατηγορία διαγραμμάτων:
Εκτίμησης Ταχύτητας

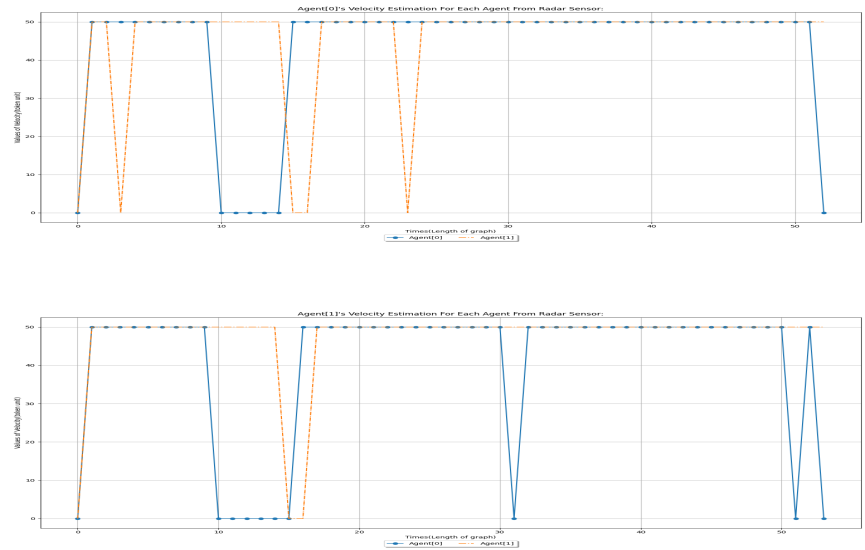


Figure 30: Διαγράμματα εκτίμησης της ταχύτητας των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Αρχικά αυτό που παρατηρούμε διαγράμματα ³⁰ αναπαράστασης της εκτίμησης ταχύτητας από τους πράκτορες είναι πως διαφέρουν αρκετά. Τόσο στην περίπτωση εξαγωγής δεδομένων από το radar όσο και στο M.A.M.. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται στο πρώτο διάγραμμα της παρακάτω εικόνας ³⁰, που είναι η εκτίμηση ταχύτητας του πράκτορα 0, για τον ίδιο και τον πράκτορα 1, να προβλέπει πως κινείται με την ίδια ταχύτητα με το πράκτορα 1 μέχρι το χρονικό σημείο 9 που είναι το σημείο που βρέθηκε η περιοχή με τα ΥΤ. Επομένως, μετά το σημείο αυτό έχει την αίσθηση πως ο ίδιος κινείται ενώ ο πράκτορας 1 σταματάει να κινείται και ξανα ξεκινάει μέχρι το σημείο 14 που είναι η στιγμή σύναψης συμβολαίου για από κοινού μετακίνηση. Στο δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 30, που είναι το διάγραμμα του πράκτορα 1 για την εκτίμηση ταχύτητας των πρακτόρων, παρατηρούμε πως η εκτίμηση του 1 για τον ίδιο είναι ίδια με του πράκτορα 0 για την ταχύτητα του 1. Επίσης αυτό που παρατηρούμε εδώ είναι πως οι δύο πράκτορες έχουν μεγάλη ακρίβεια εκτίμησης της ταχύτητας τόσο των ίδιων αλλά και των υπόλοιπων. Το συμπέρασμα αυτό εξήχθη από την ομοιότητα των γραφικών στην περιγραφή του κάθε πράκτορα της ταχύτητας των άλλων. Με άλλα λόγια θα περιμέναμε και οι δύο πράκτορες όταν αποφάσισαν να ταξιδέψουν μαζί να έχουν ίδια ταχύτητα ιδανικά ή ο 1 να κάνει περισσότερες παύσεις για να πάρει εντολές από τον 0. Αυτές οι στάσεις φάνηκαν τόσο στην εκτίμηση ταχύτητας του πράκτορα 0 όσο και του 1.

Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης θέσεων από αλγόριθμο Kalman Filter.^{[51], 16} (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Η δεύτερη γραφική της εικόνας 31 αναπαριστά τις θέσεις των πρακτόρων που εκτιμήθηκαν με την μέθοδο της ευριστικής για εύρεση Θ.Κ.Τ. ^{9.1} που περιγράψαμε σε παραπάνω κεφάλαιο ^{6.4} συγκριτικά με τις θέσεις που

προκύπτουν από το Kalman Filter.^{6,4} Για τους λόγους που αναφέρουμε στο κεφάλαιο "Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις" αλλά και στο κεφάλαιο ανάλυσης του Kalman Filter,^{6,4} τα αποτελέσματα θεωρούνται ενθαρρυντικά διότι περιγράφουν πολύ ικανοποιητικά τις θέσεις-διαδρομή των πρακτόρων. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε στην δεύτερη γραφική της εικόνας 31 την κόκκινη και πορτοκαλί γραμμή να δίνουν τόσο κατεύθυνση παρόμοια αλλά και πάρα πολύ κοντινές θέσεις. Το ίδιο και η μπλε και πράσινη γραμμή. Ωστόσο παρατηρούμε ένα μειωνέκτημα που ίσως μας κάνει να βρούμε άλλον τρόπο εκτίμησης θέσης. Αυτό το μειωνέκτημα είναι πως σε σημεία με πολλαπλές αλλαγές κατεύθυνσης ο αλγόριθμος Kalman Filter παράγει πολλές λανθασμένες ενδείξεις. Αυτό το φαινόμενο που περιγράψαμε είναι σύνηθες σε τέτοιο περιβάλλον πρακτόρων, οπότε πρέπει να βρούμε τρόπο να ξεπεράσουμε αυτό το μειωνέκτημα και να μετασχηματίσουμε τον Kalman Filter ώστε να περιέχει μελλοντική αξιοποίηση κατεύθυνσης. Στην συγκεκριμένη μορφή του αλγορίθμου αυτού γίνεται αξιοποίηση μόνο των προγενέστερων μετρήσεων μας ενώ στο συγκεκριμένο έργο γνωρίζουμε τις επόμενες κατευθύνσεις και θέσεις των πρακτόρων από την διαδρομή τους που είναι γνωστές από την αρχή της διαδικασίας ανίχνευσης.

Κατηγορία διαγραμμάτων:
Εμπιστοσύνης Αλγορίθμων Ανίχνευσης των Πρακτόρων

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

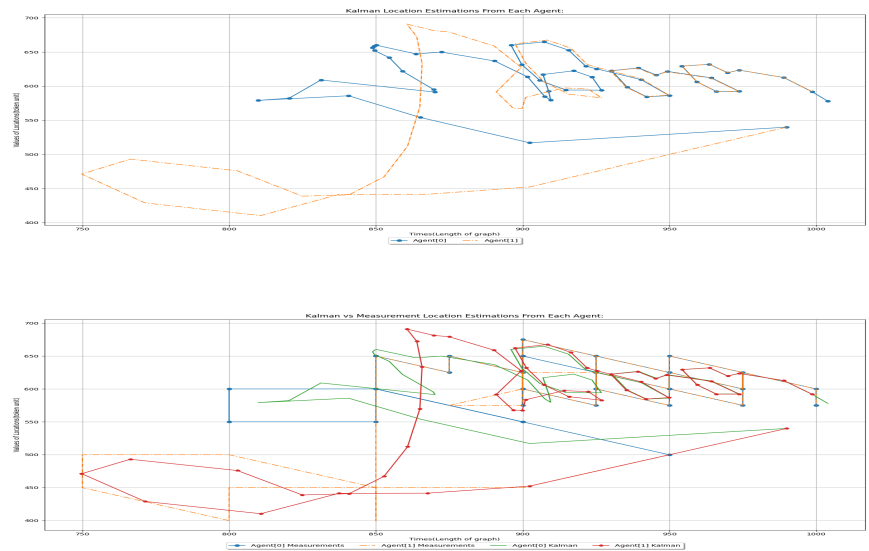


Figure 31: Διαγράμματα αναπαράστασης των δυνατοτήτων του Kalman Filter αλγορίθμου. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Κατηγορία διαγραμμάτων:
ν από Kalman Filter

Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης απόστασης μεταξύ των πρακτόρων σύμφωνα με τους αλγορίθμους Kalman Filter και Ευριστικό.^{[51], 16} (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Από τα διαγράμματα της παρακάτω εικόνας³² μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η αντίληψη κάθε πράκτορα για την δική του απόσταση από τον εαυτό του καταλαμβάνει μηδενική τιμή σε κάθε γραφική, όπως αναμέναμε. Ενώ

Κατηγορία διαγραμμάτων:
απόστασης μεταξύ των πρακτόρων από Kalman Filter

για την απόσταση κάθε πράκτορα σε σχέση με τους υπόλοιπους παρατηρείται πως στην περίπτωση χρήσης του Kalman Filter αλγορίθμου αρχίζουν οι πράκτορες με απόσταση κάτι που δεν συμβαίνει αφού ξεκίνησαν από το πλοίο. Στην συνέχεια η απόσταση τους αυξάνεται, πράγμα λογικό αν κρίνουμε από τον τρόπο λειτουργίας του αλγορίθμου διαμοιρασμού και κάλυψης περιοχής. Μετά την χρονική στιγμή 9 παρατηρείται μια τάση για να μειωθεί η απόσταση των δύο πρακτόρων. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται λόγω της πολιτικής για επαλήθευση περιοχής με ΥΥ. Και ύστερα φαίνονται διακυμάνσεις μικρών περιόδων και μειούμενης τιμής. Αυτό συμβαίνει διότι στην αρχή βρίσκονται περιοχές με ΥΥ σε μεγαλύτερα διαστήματα χρόνου οπότε ο πράκτορας 0 δεν χρειάζεται να περιμένει τον 1, ενώ μετά τον περιμένει και για αυτό δεν απομακρύνεται πολύ σε σχέση με τον 1. Από την άλλη μεριά για τα διαγράμματα που προέκυψαν με τον ευριστικό αλγόριθμο παρατηρούμε χαρακτηριστικά που δεν τα περιμέναμε. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά οι δύο πράκτορες αρχίζουν με μηδενική απόσταση, πράγμα που ισχύει, αφού ξεκινάνε από το πλοίο. Στην συνέχεια έχουν διαφορετική θεώρηση της απόστασης τους, ενώ στα Kalman Filter διαγράμματα πριν βρεθεί η πρώτη περιοχή με ΥΥ παρουσιάζαν οι γραφικές παρόμοια μορφή. Έπειτα την στιγμή 9 βρίσκεται η περιοχή με ΥΥ και ο 1 κατευθύνεται προς τον 0 που φαίνεται και αργότερα βλέπουμε στιγμή μηδενικής απόστασης, που είναι το σημείο που φτάνει ο 1 στον 0 πράκτορα. Από εκεί και μετά όμως παρατηρούμε μια διαφορετική εκδοχή από τις γραφικές με Kalman Filter. Αναλυτικότερα, στα διαγράμματα των αποστάσεων μέσω του ευριστικού έχουμε διακυμάνσεις αυξανόμενης έντασης αντί για μειούμενης που είχαμε προηγουμένως.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

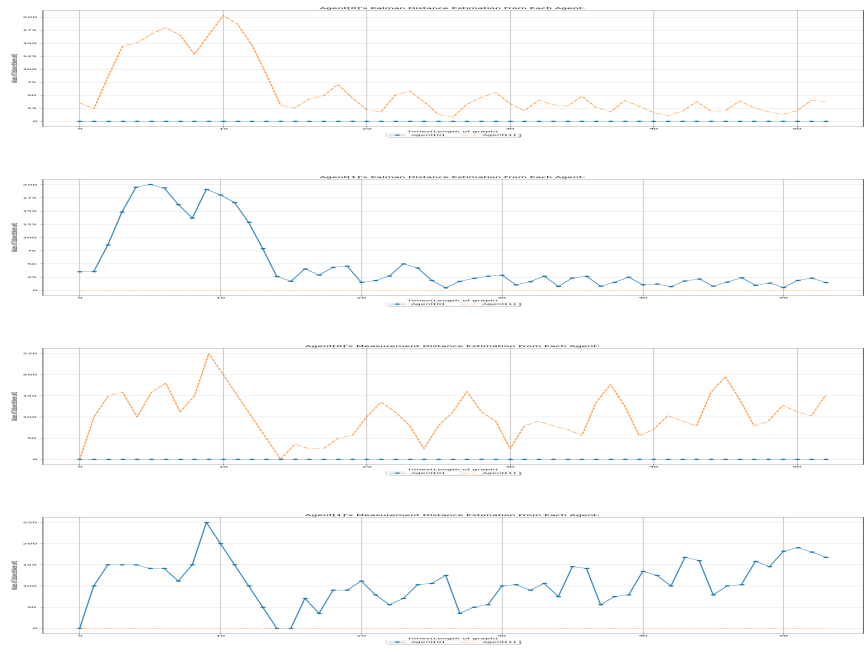


Figure 32: Διαγράμματα εκτίμησης απόστασης μεταξύ των πρακτόρων σύμφωνα με τους αλγορίθμους Kalman Filter και Ευριστικό. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

τασης



Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα

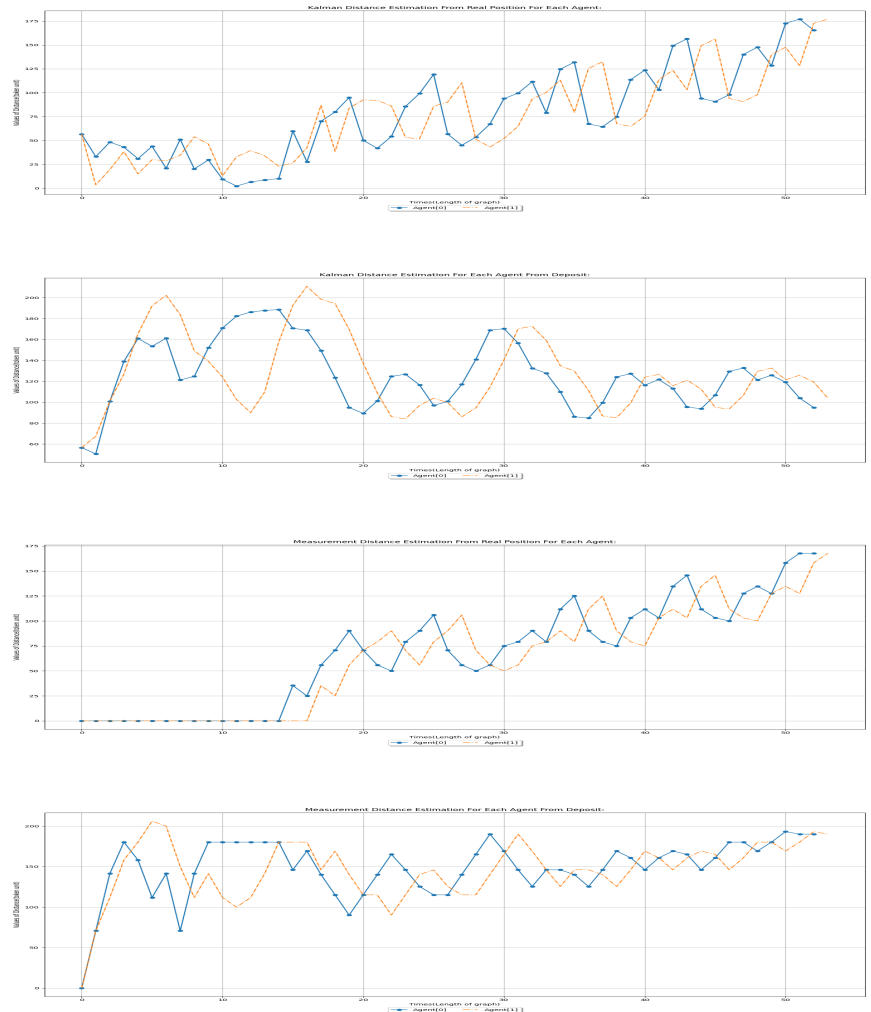
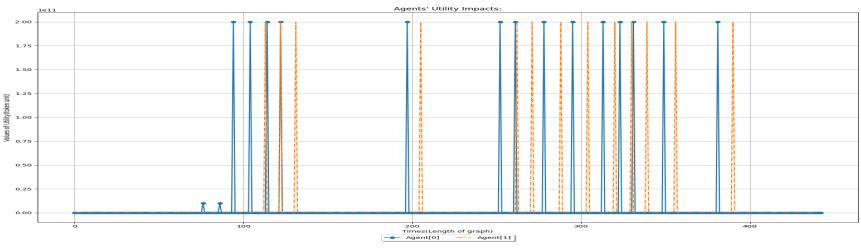
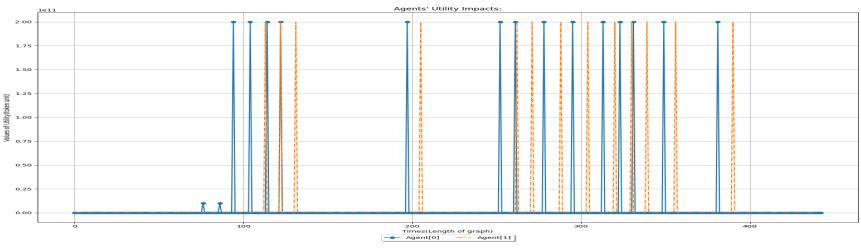
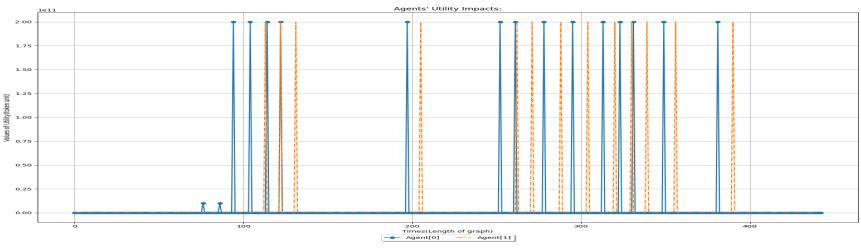
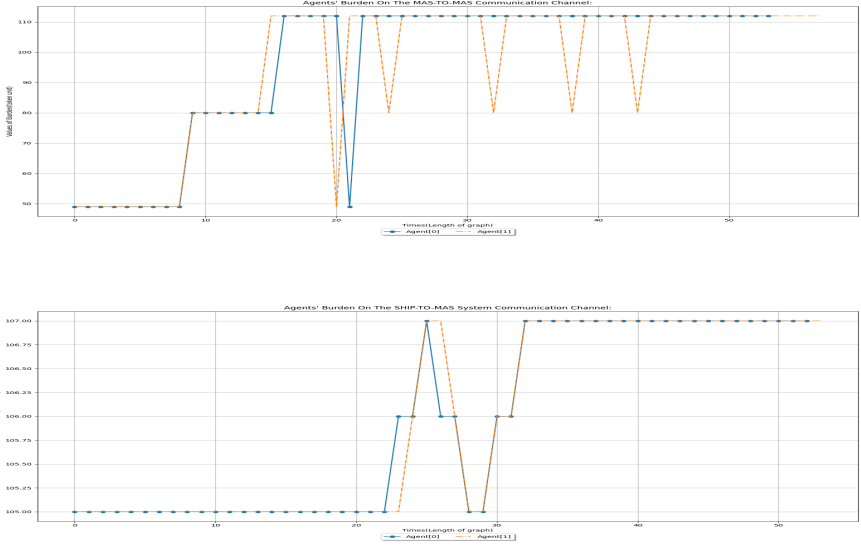


Figure 33: Σύγκριση αλγορίθμων εκτίμησης απόστασης πρακτόρων με πλοίο και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Τέλος για να καταλάβουμε ποιος από τους δύο αλγορίθμους ήταν πιο αποδοτικός και σε ποιά σημεία, θα παρατηρήσουμε τις γραφικές της απόστασης των εκτιμήσεων θέσης των μεθόδων σε σχέση με την πραγματική. Αυτές οι γραφικές αναπαριστώνται στην παρακάτω εικόνα, ³³ μαζί με τις γραφικές για την απόσταση των πρακτόρων από το πλοίο. Αν παρακολουθήσουμε τις γραφικές σύγκρισης των εκτιμώμενων θέσεων για τους

<p>Κατηγορία διαγραμμάτων: Απόστασης Πρακτόρων με Πλοίο από Kalman Filter και Ευριστικό και Αξιολόγηση Αλγορίθμων.</p>	<p>δύο αλγορίθμους της παραπάνω εικόνας ³³ θα συνειδητοποιήσουμε πως ο ευριστικός αλγόριθμος λειτουργεί καλύτερα. Αυτό το καταλαβαίνουμε αν κοιτάξουμε στην αρχή που ταυτίζονται οι μετρήσεις μας με τις κανονικές θέσεις(απόσταση ισούται με μηδέν) και στην συνέχεια την στιγμή 14 που αρχίζουν να χαράζουν κοινή πορεία οι πράκτορες που παρατηρείται σφάλμα μετρήσεων. Το σφάλμα αυτό αυξάνεται επίσης καθώς εξελίσσεται η διαδικασία έργου των πρακτόρων. Αυτά τα συμπεράσματα παρατηρούνται και στο αντίστοιχο διάγραμμα που προέκυψε από τον αλγόριθμο Kalman Filter με την διαφορά πως και πριν την στιγμή 14, το σφάλμα του Kalman δεν είχε μηδενική τιμή αλλά μια τιμή σχετικά να λαμβάνει μικρές τιμές και μέσα σε ένα στενό εύρος τιμών(ελεγχόμενη διακύμανση). Επίσης ύστερα από την στιγμή 14 κυμαίνονται πάνω στις ίδιες τιμές οι δύο αλγόριθμοι, που σημαίνει παρόμοιο σφάλμα με λίγο μεγαλύτερο του Kalman Filter.</p> <p>Τέλος, σχετικά με τα άλλα δύο διαγράμματα της εικόνας ³³ που περιγράφουν την απόσταση των πρακτόρων από το πλοίο, έχουμε να σημειώσουμε πως στο Kalman Filter έχουμε στην αρχή μια κοινή απόσταση από το πλοίο που δεν είναι μηδέν. Ύστερα παρατηρούμε παρόμοιο εμβαδόν να καταλαμβάνει, πράγμα που σημαίνει ότι ο αλγόριθμος για τον διαμοιρασμό των διαδρομών και η πολιτική μετακίνησης είναι δίκαιοι. Και μετά την στιγμή που βρέθηκε η περιοχή με τα ΥΥ οι αποστάσεις ακολουθούν μια μορφή διακυμάνσεων με σταθερό εύρος τιμών. Από την άλλη στο αντίστοιχο διάγραμμα με την χρήση του ευριστικού παρατηρούμε πιο πολλά και ακριβή στοιχεία. Αρχικά έχουμε παρόμοιο εμβαδόν. Επίσης φαίνεται η στιγμή που μένει ακίνητος ο πράκτορας 0 και περιμένει τον 1. Παράλληλα, οι περιοχές με ΥΥ είναι αρχικά γύρω σε σταθερή ακτίνα από το πλοίο. Το διάγραμμα συμφωνεί αφού δείχνει να κυμαίνεται σε ένα στενό εύρος τιμών και στο τέλος ακολουθεί μια μικρή αύξηση για δύο λόγους. Ο ένας είναι επειδή η τελευταία περιοχή με ΥΥ είναι σε μεγαλύτερη ακτίνα από τις προηγούμενες και ο δεύτερος επειδή αρχίζει να καλύπτει και πιο μακρινές περιοχές με απότερο σκοπό τον έλεγχο της περιοχής του πράκτορα που ήρθε για βοήθεια, δηλαδή του 1.</p>				
<p>Κατηγορία διαγραμμάτων: Αξιολόγηση Συνάρτησης Χρησιμότητας.</p>	<p style="text-align: center;">Σχολιασμός διαγραμμάτων συνάρτησης χρησιμότητας. ¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%; text-align: center;">Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης</th><th style="width: 70%; text-align: center;">Ενδεικτικά Διαγράμματα</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">101, 102</td><td style="text-align: center; vertical-align: top;">  <p>Figure 34: Ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.</p> </td></tr> </tbody> </table>	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης	Ενδεικτικά Διαγράμματα	101, 102	 <p>Figure 34: Ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.</p>
Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης	Ενδεικτικά Διαγράμματα				
101, 102	 <p>Figure 34: Ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.</p>				
	<p style="text-align: center;">Σχολιασμός Διαγραμμάτων</p> <p>Τα παρακάτω διαγράμματα που θα ακολουθήσουν στις εικόνες 101, 102 αναφέρονται στην χρησιμότητα των περιοχών ανιχνεύσεως. Αρχικά μπορούμε να δούμε στην εικόνα 101, όλη την χρησιμότητα που προέκυψε από τον αλγόριθμο κατανομής χρησιμότητας που έχουμε αναλύσει πρωτύτερα. Έπειτα θα δούμε διαγράμματα που περιγράφουν την συμβολή των παραμέτρων της χρησιμότητας. Δηλαδή πόσο συντέλεσαν αυτοί οι παράμετροι για να προκύψει η τιμή της χρησιμότητας. Στην συνέχεια στην εικόνα 102 όλες οι κλιμακώσεις αναφέρονται σε</p>				

<p>Κατηγορία διαγραμμάτων: Αξιολόγηση Συνάρτησης Χρησιμότητας.</p>	<p>στιγμές που ο πράκτορας ανίχνευσε τα ΥΥ. Αυτό έγινε περισσότερες φορές από τον αριθμό των ΥΥ που υπάρχουν στο περιβάλλον, επειδή συνυπολογίζονται και κάποιες καθυστερήσεις ώστε να περιμένει ο 0 τον 1. Κάποιες άλλες φορές ξανά πέρασε κάποιος πράκτορας από περιοχή που έχει βρεθεί ΥΥ. Όπως παρατηρούμε από τα παρακάτω διαγράμματα, μερικοί παράμετροι υπολογισμού της χρησιμότητας δεν αξιοποιούνται όπως έπρεπε. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν κρατηθεί οι ισορροπίες μεταξύ της ισχυρότητας των παραμέτρων και επίσης δεν έχει δοθεί το κατάλληλο βάρος ισχυρότητας στις παραμέτρους που πρέπει. Για παράδειγμα το ενεργειακό απόθεμα των πρακτόρων είναι πολύ υψηλό, ενώ ο αριθμός των ΥΥ υπερβολικά μικρός. Αυτό πρέπει να αλλάξει και ακολουθεί παρακάτω εκτενής περιγραφή για τον τρόπο που πρέπει να γίνει. Τα ίδια ισχύουν και για τον πράκτορα 1. Τέλος από το τελευταίο διάγραμμα της εικόνας 102, συμπεραίνουμε πως δίνεται και από τους δύο πράκτορες η ίδια χρησιμότητα. Πράγμα που δεν έπρεπε να ισχύει αφού είναι δύο αρκετά διαφορετικοί πράκτορες και επειδή η κάθε περιοχή με ΥΥ έχει άλλη βαρύτητα ανάλογα του αριθμού ΥΥ και άλλων σημαντικών παραμέτρων που έχει αμεληθεί η σπουδαιότητα τους αλλά θα διαμορφωθεί παρακάτω. Περισσότερο υλικό στην ενότητα “Παράρτημα”.^{101, 102}</p>
<p>Κατηγορία διαγραμμάτων: Αξιολόγηση Επικοινωνίας Πρακτόρων και Πλοίου.</p>	<div data-bbox="231 562 1562 1603"> <p style="text-align: center;">Σχολιασμός διαγραμμάτων επικοινωνίας πρακτόρων μεταξύ τους και με πλοίο.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης:9).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="231 663 491 1603" style="width: 25%;"> <p>Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης</p> <p style="text-align: center;">-</p> </div> <div data-bbox="491 663 1562 1603" style="width: 75%;"> <p style="text-align: center;">Ενδεικτικά Διαγράμματα</p>  <p style="text-align: center;">Figure 35: Διαγράμματα αξιολόγησης καναλιών επικοινωνίας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.</p> </div> </div> <div data-bbox="231 1603 1562 1816"> <p style="text-align: center;">Σχολιασμός Διαγραμμάτων</p> <p>Στην συγκεκριμένη περίπτωση, έχουμε την δυνατότητα να παρατηρήσουμε στα παρακάτω διαγράμματα³⁵ τις επιβαρύνσεις της επικοινωνίας των πρακτόρων στα κανάλια επικοινωνίας. Αρχικά στο διάγραμμα με τις επιβαρύνσεις στην επικοινωνία των πρακτόρων μεταξύ τους, παρατηρούμε πως μέχρι την στιγμή 9, που βρέθηκε</p> </div> </div>

η πρώτη περιοχή με ΥΥ, υπάρχει επιβάρυνση στο κανάλι τιμής μικρότερης των 50 Bytes. Έστερα αυτή η επιβάρυνση παραμένει σταθερή, οπότε και η διαδικασία στην οποία επιβεβαιώνει ο πράκτορας 1 ότι έρχεται στον 0 είναι ζημιοφόρα, μέχρι την στιγμή 14 που αποφασίζουν για μετακίνηση μαζί. Στο σημείο αυτό έχουμε επιπλέον επιβάρυνση και στην συνέχεια μια σταθερότητα στην τιμή που έλαβε. Οι πτώσεις που παρατηρούνται και ξανα ανεβαίνουν στην μέγιστη τιμή των 110 Bytes συμβαίνουν όταν βρίσκεται περιοχή με ΥΥ. Και ως προς την επιβάρυνση του καναλιού επικοινωνίας των πρακτόρων με το πλοίο έχουμε από την αρχή μια μεγάλη επιβάρυνση που παραμένει σταθερή στην τιμή των 105 Bytes, μέχρι την στιγμή 23 που βρίσκεται το δεύτερο ΥΥ. Από την στιγμή αυτή και έκτοτε παρατηρείται μια επιβάρυνση του καναλιού και στην καλύτερη περίπτωση επαναφορά στην αρχική επιβάρυνση μέχρι την στιγμή που βρίσκεται και το τρίτο ΥΥ που η επιβάρυνση γίνεται σταθερή στην ίδια τιμή Bytes. Η διαφορά της επιβάρυνσης της επικοινωνίας των πρακτόρων μεταξύ τους και με το πλοίο είναι αρκετά αισθητή και από την αρχή του έργου των πρακτόρων. Κυρίως οφείλεται λόγω του συστήματος μετάδοσης δεδομένων συντεταγμένων.

Στο σημείο αυτό θα περιγράψουμε μία επιπλέον περίπτωση προσομοίωσης που αναδεικνύει τις δυνατότητες του πολυπρακτορικού μας συστήματος.

Β. Αφήγηση της πλοκής της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης. Αρχικά έχουμε ένα σύστημα με τέσσερις πράκτορες. Ο πράκτορας 0 βρίσκεται πια περιοχή με ΥΥ. Καλεί τον συνεργάτη-πράκτορα να έρθει για βοήθεια(είναι ο 1). Όπως έρχεται ο συνεργάτης-πράκτορας βρίσκει και αυτός περιοχή με ΥΥ. Τότε αρχίζει μια διαδικασία στην οποία πρέπει να αποφασίσουν οι δύο πράκτορες ποιά περιοχή έχει μεγαλύτερη χρησιμότητα. Η περιοχή αυτή στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι του πράκτορα 1. Επομένως, αντί να έρθει ο 1 στον 0, γίνεται το αντίθετο. Όταν φτάσει ο 0 στην τοποθεσία που είναι ο 1, ανιχνεύει και αυτός την περιοχή με ΥΥ αλλά με διαφορετικά στοιχεία από τον πράκτορα 1 με τέτοια απόκλιση που πρέπει να ζητήσουν βοήθεια από τρίτο πράκτορα να έρθει να ανιχνεύσει και αυτός. Ο πράκτορας αυτός, στην συγκεκριμένη περίπτωση, είναι ο 2. Ο 2 πηγαίνει στην τοποθεσία των 0,1 εξάγει και τα δικά του αποτελέσματα ανίχνευσης και αρχίζει μια διαδικασία αξιολόγησης πρακτόρων ανάλογα με τα αποτελέσματα και την ταλαιπωρία που υπέβαλλαν τον 2 οι πράκτορες 0,1. Στην συνέχεια συνεχίζουν να μετακινούνται μαζί ο 0,1, γιατί η συνεισφορά τους δεν χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική, οπότε επιθυμούν να αποφύγουν περαιτέρω μετακινήσεις(οι περιπτώσεις μετακινήσεων είναι να βρίσκονται ΥΥ κοντά στην περιοχή που βρίσκονται αυτή την στιγμή ή για λόγους επιβεβαίωσης περιοχών) και ο 2 μετακινείται στην περιοχή που βρισκόταν πριν πάει για βοήθεια με σκοπό να συνεχίζει την διαδρομή του.

Από τα μηνύματα των πρακτόρων καθώς και από το περιβάλλον προσομοίωσης δίνεται η δυνατότητα επαλήθευσης της ιστορίας που αφηγήθηκε καθώς και να διαπιστωθούν περαιτέρω λεπτομέρειες επίλυσης του προβλήματος της περίπτωσης 19.

Στην εικόνα 103 φαίνονται τρεις μικρότερες εικόνες που παρουσιάζουν τις αποφάσεις των πρακτόρων. Στην πρώτη εικόνα φαίνεται να ακολουθούν όλοι οι πράκτορες την διαδρομή που τους είχε υποδειχθεί στην αρχή. Έπειτα στην γραμμή 135 της πρώτης εικόνας παρατηρούμε πως ο πράκτορας 1 λαμβάνει σαν απόφαση να έρθει στην τοποθεσία με συντεταγμένες (800, 200), διότι εκεί είναι ο πράκτορας 0 που βρήκε την περιοχή με τα ΥΥ. Στην συνέχεια βλέπουμε πως ο πράκτορας 0 λαμβάνει σαν απόφαση να περιμένει τον πράκτορα 1 να έρθει εκεί που βρίσκεται (800, 200). Στην γραμμή 154 φαίνεται να αλλάζει η απόφαση του πράκτορα 0 και να αποφασίζει να πάει αυτός στην περιοχή (800, 500) και ο πράκτορας 1 να αποφασίζει να περιμένει αυτός στην τοποθεσία (800, 500). Αυτό γίνεται διότι όπως βλέπουμε στην τέταρτη εικόνα υπάρχει εκεί περιοχή με ΥΥ που

την εντόπισε ο πράκτορας 1 καθώς πήγαινε να βοηθήσει τον 0. Ο λόγος που άλλαξαν απόφαση για το ποιος θα έρθει, είναι επειδή η τοποθεσία που βρήκε ο 1 έχει μεγαλύτερη αξία/χρησιμότητα από την περιοχή του 0. Στην συνέχεια στην δεύτερη εικόνα και γραμμή 181 παρατηρούμε πως αρχίζουν να παίρνουν απόφαση οι δύο πράκτορες να ζητήσουν βοήθεια από τον πράκτορα 2 επειδή δεν έχουν τα ίδια δεδομένα αναγνώρισης αντικειμένων, οπότε χρειάζονται τον 2 να τους βοηθήσει. Τέλος συνεχίζει η συνεργασία των πρακτόρων και στην τρίτη εικόνα και γραμμή 213 που παρατηρούμε πως ο πράκτορας 2 αποφασίζει να μετακινηθεί στην τοποθεσία(1000, 800) που είχε πριν πάει να βοηθήσει τους πράκτορες 0,1. Και οι πράκτορες 0,1 αποφασίζουν να μετακινηθούν μαζί. Τέλος εκτός από την συνεργασία τους μπορούμε να δούμε στην τέταρτη εικόνα, τα αποτελέσματα που επιστρέφουν οι πράκτορες σχετικά με τα ΥΥ που βρήκαν, και φαίνεται ότι οι πράκτορες εντόπισαν όλα τα ΥΥ. Στην περιοχή που υπήρχε ασυμφωνία των χαρακτηριστικών των ΥΥ καταγράφεται ένα επιπλέον μήνυμα που είναι το συνολικό πόρισμα από τον πράκτορα που πήγε να βοηθήσει την ασυμφωνία.

```

67 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:8957: AGENT DECISION:None
68 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:1:ALL DONE:I WILL STAY ON POSITION=[800.0, 500.0]:0
69 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
70 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:0:ALL DONE:AGENT[0]COMING TO=1=[800.0, 500.0]:1
71 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
72 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
73 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:1:ALL DONE:I WILL STAY ON POSITION=[800.0, 500.0]:0
74 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:0:ALL DONE:AGENT[0]COMING TO=1=[800.0, 500.0]:1
75 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
76 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:1:ALL DONE:I WILL STAY ON POSITION=[800.0, 500.0]:0
77 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
78 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:0:ALL DONE:AGENT[0]COMING TO=1=[800.0, 500.0]:1
79 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:None
80 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:9680: AGENT DECISION:3:ALL DONE:I WILL STAY ON POSITION=[800.0, 500.0]:0
81 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:11574: AGENT DECISION:2:HELP NO VISION SIMILARITY COMINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
82 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:11712: AGENT DECISION:0:HELP NO VISION SIMILARITY WAITINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
83 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:None
84 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:1:HELP NO VISION SIMILARITY WAITINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
85 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:2:HELP NO VISION SIMILARITY COMINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
86 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:0:HELP NO VISION SIMILARITY WAITINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
87 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:None
88 AGENT DECISION: AGENT:1: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:1:HELP NO VISION SIMILARITY WAITINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
89 AGENT DECISION: AGENT:2: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:2:HELP NO VISION SIMILARITY COMINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
90 AGENT DECISION: AGENT:0: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:0:HELP NO VISION SIMILARITY WAITINGALL DONE:NO VISION SIMILARITIES#=[1, 1, 1]#[30.0, 30.0, 30.0]#[0, 0, 0]#[800.0, 500.0]#[0, 0, 0]#[10.0, 10.0, 10.0]#[0, 0, 0]
91 AGENT DECISION: AGENT:3: GAME TURN:12131: AGENT DECISION:None

```

AGENT_DECISION_FILE.txt AGENT_DETECTION_INFO_FILE.txt PlotStatisticsInfo.txt

```

1 AGENT_DETECTION_INFO: AGENT:0: GAME TURN:3622: AGENT_DETECTION_INFO:[0, [1, 1, 1], [10.0, 10.0, 10.0], [0, 0, 0], [800.0, 200.0]]
2 AGENT_DETECTION_INFO: AGENT:1: GAME TURN:5397: AGENT_DETECTION_INFO:[1, [1, 1, 1], [30.0, 30.0, 30.0], [0, 0, 0], [800.0, 500.0]]
3 AGENT_DETECTION_INFO: AGENT:2: GAME TURN:17642: AGENT_DETECTION_INFO:[2, [1, 1, 1], [30.0, 30.0, 30.0], [0, 0, 0], [800.0, 500.0]]
4 AGENT_DETECTION_INFO: AGENT:3: GAME TURN:17642: AGENT_DETECTION_INFO:[3, [1, 1, 1], [30.0, 30.0, 30.0], [0, 0, 0], [800.0, 500.0]]

```

Figure 36: Ενδεικτικές εικόνες περιγραφής της επίλυσης του προβλήματος της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης. Επιπλέον υλικό κατανόησης στην ενότητα “Παράρτημα” ¹⁰³.

Πίνακας για τον σχολιασμό μερικών πειραματικών αποτελεσμάτων της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης.		
Σχολιασμός διαγραμμάτων αξιοποίησης μνήμης από τους πράκτορες. ¹⁶ . (Περίπτωση Προσομοίωσης: 19).		
Κατηγορία διαγραμμάτων: Αξιοποίηση Μνήμης	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης [Κανένα]	Ενδεικτικά Διαγράμματα



Κατηγορία διαγραμμάτων:
Αξιοποίηση Μνήμης

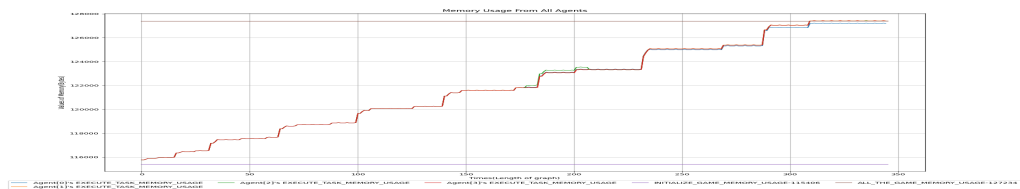


Figure 37: Εικόνες για την αναπαράσταση της αξιοποίησης μνήμης των πρακτόρων.
Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

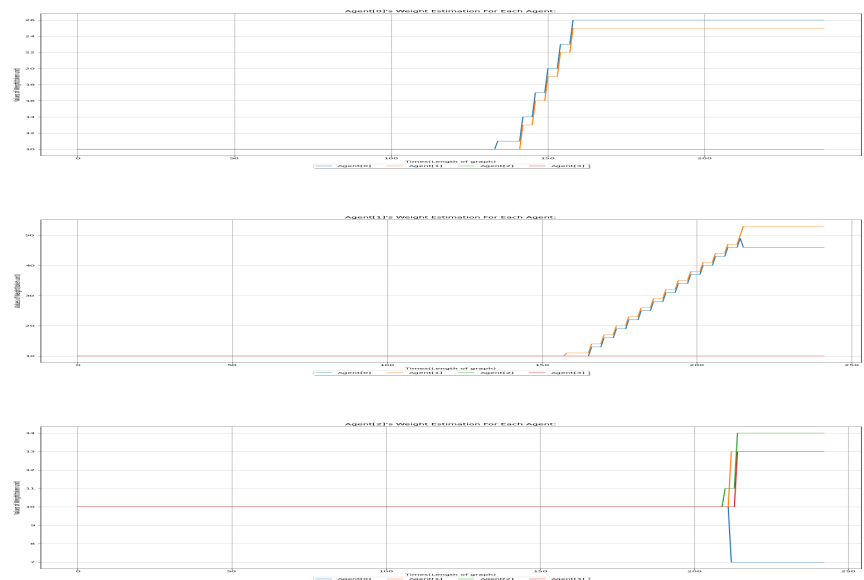
Αυτό που συμπεραίνουμε από την εικόνα 37 είναι πως οι γραφικές αξιοποίησης μνήμης για όλους τους πράκτορες εκτός του 2 στην περίπτωση 19 είναι παρόμοιας μορφής και τιμών. Η διαφοροποίηση του 2 οφείλεται στην σύναψη συμβολαίου για βοήθεια της ασυμφωνίας ανίχνευσης των ΥΥ και παρατηρείται την χρονική στιγμή 181(στο διάγραμμα). Φαινόμενο λογικό αν σκεφτούμε πως για ένα μεγάλο διάστημα οι πράκτορες 0,1 περίμεναν τον 2 να έρθει και ο 2 είχε πληροφορίες που δεν αφορούσαν μόνο εκείνον αλλά και δύο επιπλέον πράκτορες. Συγκριτικά με την αντίστοιχη γραφική της περίπτωσης 9 συμπεραίνουμε πως στην περίπτωση 19 έχουμε περισσότερες φορές απότομη κλιμάκωση και στην συνέχεια μια περίοδο μικρών διακυμάνσεων. Επομένως θα έχουμε και μεγαλύτερη χρήση μνήμης, κάτι που ισχύει.

Σχολιασμός διαγραμμάτων αξιολόγησης πρακτόρων.¹⁶ (Περίπτωση Προσομοίωσης: 19).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

[Κανένα]

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Κατηγορία διαγραμμάτων:
Αξιολόγηση Πρακτόρων

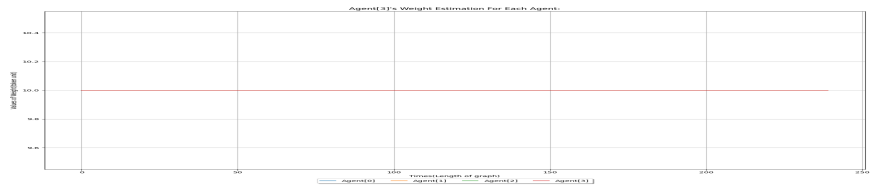


Figure 38: Διαγράμματα αξιολόγησης πρακτόρων της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Κατηγορία διαγραμμάτων:
Αξιολόγηση Πρακτόρων

Στο σημείο αυτό της πτυχιακής θα σχολιάσουμε την συμπεριφορά των διαγραμμάτων αξιολόγησης των πρακτόρων. Στην πρώτη υποεικόνα της εικόνας 38 παρατηρούμε την αξιολόγηση των πρακτόρων από την πλευρά του 0. Μέχρι την στιγμή 135 οι δύο πράκτορες φέρουν την αρχικοποιημένη τους τιμή. Την στιγμή αυτή συμβαίνει ανίχνευση ΥΥ από τον πράκτορα 0. Επομένως, παρατηρούμε αύξηση της τιμής αξιοπιστίας για τον πράκτορα 0. Την στιγμή 142 και ύστερα αυξάνονται και οι τιμές του πράκτορα 1. Αυτό συμβαίνει επειδή ο 0 θεωρεί πως συνεργάζονται και θα ωφεληθούν από αυτή την κατάσταση. Στην ίδια εικόνα³⁸ φαίνεται και το διάγραμμα αξιολόγησης των πρακτόρων από τον πράκτορα 1. Παρόμοια μορφή παρατηρούμε να έχουν συγκριτικά με την αντίστοιχη γραφική του 0 (πρώτη υποεικόνα³⁸). Οι σημαντικές διαφοροποιήσεις είναι πως αρχίζει η αναπροσαρμογή τιμών την στιγμή 160, που ο πράκτορας 1 βρίσκεται περιοχή με ΥΥ καθώς πηγαίνει στον 0 για επαλήθευση. Έπειτα αφού ο 0 έρχεται στην περιοχή του 1 θεωρείται θετική κίνηση οπότε του αυξάνεται η τιμή αξιοπιστίας. Η συνεργασία συνεχίζεται μέχρι την στιγμή 213, οπότε και για τους δύο πράκτορες παρατηρείται αύξηση τιμών κατά παρόμοιο τρόπο. Την στιγμή 213 βγήκε το αποτέλεσμα για την περιοχή ασυμφωνίας των πρακτόρων 0,1 και προέκυψε πως ο πράκτορας 0 έβγαλε λανθασμένες ενδείξεις. Επομένως, εκείνη την στιγμή παρατηρούμε μια μείωση της τιμής του 0 και αύξηση του πράκτορα 1. Μετά αυτό το γεγονός αναγκάζεται ο 1 να συνεργαστεί με τον 0, οπότε δεν αυξάνονται οι τιμές αξιοπιστίας για κανέναν πράκτορα. Στην τρίτη υποεικόνα³⁸ παρατηρούμε το διάγραμμα αξιολόγησης πρακτόρων από την πλευρά του πράκτορα 2. Μέχρι την στιγμή 213 δεν παρατηρείται κάποια αλλαγή αξιοπιστίας. Την στιγμή αυτή ο πράκτορας 2 έχει φτάσει στην περιοχή των 0,1 και έβγαλε το αποτέλεσμα για τα χαρακτηριστικά των ΥΥ που βρίσκονται στην περιοχή αυτή. Την στιγμή 217 ο πράκτορας 2 αναπροσαρμόζει τις τιμές αξιοπιστίας των πρακτόρων 0,1 ανάλογα με τα αποτελέσματα ανίχνευσης που έβγαλαν. Όπως είναι λογικό λοιπόν παρατηρούμε αύξηση της τιμής του πράκτορα 1 και μείωση της τιμής του 0. Την στιγμή 219 ο πράκτορας 2 κατευθύνεται προς την τοποθεσία που είχε πριν την συνεργασία για την επίλυση του ζητήματος ασυμφωνίας. Την στιγμή αυτή αυξάνεται η τιμή του πράκτορα 2 και 3 αφού θεωρείται θετικό τόσο η προσπάθεια του ίδιου να βοηθήσει την ομάδα 0,1 όσο και το γεγονός πως ο 3 δεν τον επιβάρυνε. Τέλος στην τέταρτη υποεικόνα³⁸ παρατηρούμε το αντίστοιχο διάγραμμα από την πλευρά του πράκτορα 3. Όπως φαίνεται δεν υπάρχει αναπροσαρμογή των τιμών κανενός πράκτορα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο 3 συνεχίζει την ανίχνευση ΥΥ στις περιοχές της διαδρομής του και δεν βοηθάει κανέναν πράκτορα, οπότε λογικό και να μην φέρει γνώμη για τους υπόλοιπους καθώς και για τον ίδιο αφού δεν βρήκε κάποιο ΥΥ.

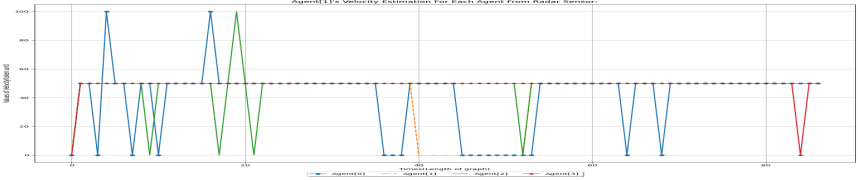
Κατηγορία διαγραμμάτων:
μων Ανίχνευσης

Σχολιασμός διαγραμμάτων αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων.¹⁶
(Περίπτωση Προσομοίωσης: 19).

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

Ενδεικτικά Διαγράμματα



Κατηγορία δια Αξιολόγηση	πράκτορες, αλλά μέχρι να φτάσουν σε ένα καλό επίπεδο ώστε να μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα για τον τρόπο λειτουργίας τους.	
Κατηγορία διαγραμμάτων: Αξιολόγησης της Εκτίμησης Ταχύτητας	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης [106]	<p style="text-align: center;">Σχολιασμός διαγραμμάτων αξιολόγησης της εκτίμησης ταχύτητας. ¹⁶. (Περίπτωση Προσομοίωσης: 19).</p> <p style="text-align: center;">Ενδεικτικά Διαγράμματα</p>  <p>Figure 41: Ενδεικτικό διάγραμμα αναπαράστασης των εκτιμήσεων ταχύτητας των πρακτόρων από τον πράκτορα 1. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης. Περαιτέρω υλικό κατανόησης 106.</p>
		<p>Στην εικόνα 106 φαίνονται οι ταχύτητες που εκτιμώνται από τον ευριστικό αλγόριθμο. Παρατηρούμε πως όλοι οι πράκτορες θεωρούν τον 3 να πηγαίνει με σταθερή ταχύτητα, φαινόμενο λογικό αφού δεν αναλαμβάνει κάποιες ιδιαίτερες ευθύνες και συνεχίζει την διαδρομή του. Οι πράκτορες 1,3 φαίνεται να θεωρούν πως υπάρχει έντονη αλλαγή ταχυτήτων ειδικά στην περίοδο από την αρχή μέχρι την στιγμή 20. Αυτό δεν συμβαίνει γιατί μέχρι την στιγμή αυτή δεν συμβαίνει κάποιο ενδιαφέρον γεγονός οπότε οι πράκτορες ενεργούν βρισκόμενοι στην κανονική τους λειτουργία(επεξεργάζονται δεδομένα, περιμένουν μηνύματα, κινούνται, ανιχνεύουν εικόνες). Εκείνη την στιγμή ο 0 περιμένει τον 1 και αυτό φαίνεται την στιγμή 33 σε όλους τους πράκτορες. Στην συνέχεια την στιγμή 38 ο πράκτορας 1 βρίσκει ΥΥ και περιμένει τον 0 να έρθει ενώ ο 1 ανεβάζει ξανά ταχύτητα, κάτι που φαίνεται σε όλους τους πράκτορες. Ύστερα την στιγμή 45 βρισκόμαστε σε κατάσταση που ο 0,1 φαίνεται να περιμένει στην περιοχή με τα ΥΥ και στο σημείο αυτό γίνεται η ανίχνευση από τον 0 και η ασυμφωνία των αποτελεσμάτων του με τον 1. Την στιγμή 53 φαίνεται ο πράκτορας 2 να σταματάει. Αυτό συμβαίνει επειδή έφτασε στην περιοχή της ασυμφωνίας. Και την στιγμή 55 βλέπουμε ανεβάζουν όλοι οι πράκτορες ταχύτητα για να συνεχίσουν το έργο τους. Αν κάποιος πράκτορας(στην συγκεκριμένη περίπτωση υπολογιστικό νήμα) εκτελέσει πιο γρήγορα την διεργασία του ή ξανα πάρει προτεραιότητα από το υπολογιστικό σύστημα πριν έρθει η σειρά του πράκτορα που συνεργάζονται, θα έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικό από εκείνο που προβλέπεται. Αλλά αυτές οι μεταβολές είναι ελάχιστες καθ'όλη την διάρκεια του έργου και πολύ σύντομες(διαρκούν χρόνο μιας στιγμής) γιατί μετά το επόμενο μήνυμα που στέλνουν αυτοί οι πράκτορες είναι μήνυμα που ακολουθεί την ροή συνεργασίας.</p>
Κατηγορία διαγραμμάτων: χρόνιο Kalman Filter	<p style="text-align: center;">Σχολιασμός διαγραμμάτων εκτίμησης θέσης από τον αλγόριθμο Kalman Filter. ¹⁶. (Περίπτωση Προσομοίωσης: 19).</p> <p style="text-align: center;">Ενδεικτικά Διαγράμματα</p>	

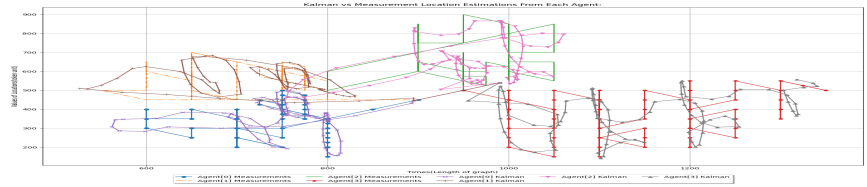


Figure 42: Σύγκριση ευριστικού με Kalman Filter αλγόριθμου. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

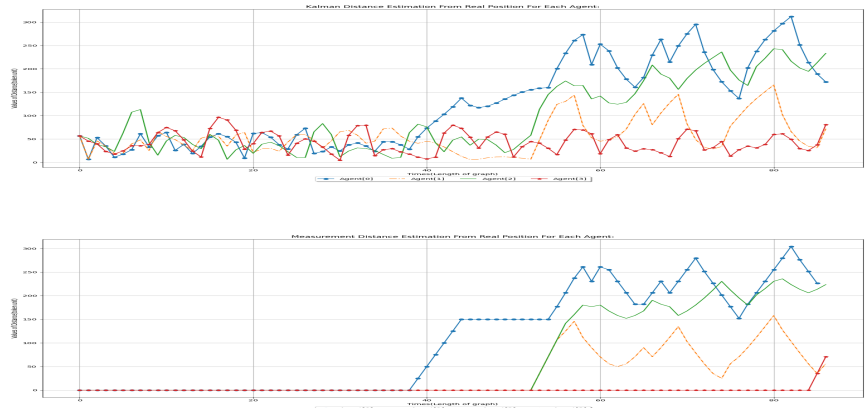


Figure 43: Διαγράμματα σύγκρισης των μεθόδων εκτίμησης θέσης έναντι των πραγματικών πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Ένα άλλο διάγραμμα που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι η σύγκριση των εκτιμήσεων θέσεων από την ευριστική μέθοδο με των εκτιμήσεων από τον αλγόριθμο Kalman Filter. ⁴² Όπως μπορούμε να δούμε οι εκτιμήσεις είναι πάρα πολύ κοντινές για όλους τους πράκτορες.

Στις γραφικές ⁴³ παρουσιάζεται η διαφορά των εκτιμήσεων θέσεων από τους αλγόριθμους μας (ευριστικός και Kalman Filter) συγκριτικά με τις πραγματικές. Όπως μπορούμε να δούμε ο Kalman Filter παρουσιάζει μικρές διαφορές (αν αναλογιστούμε πως η ταχύτητα είναι αρχικοποιημένη στα 50 για τον έναν άξονα ελευθερίας μετακίνησης. Αυτό σημαίνει πως για στιγμές μικρότερες του 50 παρατηρείται διακύμανση που δεν σηματοδοτεί την εσφαλμένη ένδειξη τοποθεσίας). Την στιγμή 44 και ύστερα παρατηρούμε πως ο αλγόριθμος Kalman Filter δεν μπορεί να ανταποκριθεί κατάλληλα διότι η αδυναμία του αλγόριθμου είναι πως δεν γνωρίζει την στρατηγική των πρακτόρων άρα στην περίοδο αυτή προσπαθεί να προσαρμοστεί στις αλλαγές των θέσεων παρά να εκτιμάει. Στο δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 43 παρατηρούμε πως μέχρι την στιγμή 38, που είναι η στιγμή εύρεσης περιοχής από τον πράκτορα 1, δεν έχουμε σφάλματα εκτίμησης θέσης από τον ευριστικό μας αλγόριθμο. Ωστόσο μετά την στιγμή αυτή ο αλγόριθμος προσθέτει σφάλμα παρόμοιας κλίμακας με την περίπτωση του Kalman Filter.



Figure 44: Διαγράμματα αναπαράστασης της επιβάρυνσης των καναλιών επικοινωνίας. Προέλευση: το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Η εικόνα 44 περιέχει δύο διαγράμματα. Το πρώτο αφορά την αναπαράσταση της επιβάρυνσης του καναλιού επικοινωνίας των πρακτόρων, ενώ το δεύτερο την επιβάρυνση του καναλιού επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων και του πλοίου. Αρχικά αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε στο πρώτο διάγραμμα είναι πως ο πράκτορας 0 και 1 επιβαρύνουν το κανάλι περισσότερο από τους υπόλοιπους. Πιο συγκεκριμένα, την στιγμή 33 παρατηρούμε τον πράκτορα 0 να αρχίζει να επιβαρύνει το κανάλι επικοινωνίας αφού θέλει να ειδοποιήσει πως βρήκε ΥΥ. Στην συνέχεια συνεργάζεται με τον πράκτορα 1, οπότε συμβάλει και αυτός τώρα στην επιβάρυνση. Η συνεργασία παρατηρούμε στην συνέχεια πως είναι μια διαδικασία επιβεβαίωσης οπότε δεν παρουσιάζονται διακυμάνσεις. Την στιγμή 44 ο πράκτορας 2 επιβαρύνει και αυτός με την σειρά του το δίκτυο επικοινωνίας, αφού προσπαθεί να συνεργαστεί με τους πράκτορες 0,1 προκειμένου να λυθεί η ασυμφωνία τους. Τέλος, ο πράκτορας 3 δεν συνεργάζεται με κανέναν και όπως βλέπουμε δεν επιβαρύνει το δίκτυο.

Και από το δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 44 μπορούμε να συνειδητοποιήσουμε πως το πρώτο σοβαρό περιστατικό που συμβαίνει και είναι η ανίχνευση ΥΥ από τον πράκτορα 0 συμβαίνει την στιγμή 33. Αυτή η στιγμή φαίνεται σαν να μην επηρεάζει καθόλου το σύστημα επικοινωνίας πλοίου-πρακτόρων, ούτε η συνεργασία των πρακτόρων. Την στιγμή 45 παρατηρούμε να ζητάνε βοήθεια οι πράκτορες 0,1 από τον 2. Εκείνη την στιγμή συμβαίνει μια πτώση της επιβάρυνσης του καναλιού επικοινωνίας. Και διαρκεί μέχρι την στιγμή που ολοκληρώνεται η συνεργασία τους που είναι στην χρονική στιγμή 53.

Μία επιπλέον περίπτωση προσομοίωσης που θεωρείται άξια συμπερασμάτων είναι η 25.

Γ. Περιγραφή περίπτωσης 25. Η περίπτωση αυτή έχει ως εξής, αρχικά έχουμε ένα σύστημα με έξι πράκτορες. Ο πράκτορας 0 βρίσκει πια περιοχή με ΥΥ. Καλεί τον συνεργάτη-πράκτορα να έρθει για βοήθεια(είναι ο 1). Όταν φτάσει ο 1 στην τοποθεσία που είναι ο 0 ανιχνεύει και αυτός περιοχή με ΥΥ αλλά με διαφορετικά στοιχεία από τον πράκτορα 1 με τέτοια απόκλιση που πρέπει να ζητήσουν βοήθεια από τρίτο πράκτορα να έρθει να ανιχνεύσει και αυτός. Ο πράκτορας αυτός στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο 2. Καθώς ο 2 έχει συμφωνήσει να έρθει για βοήθεια

δέχεται κλήση βοήθειας και από τον συνεργάτη του πράκτορα. Επειδή κρίνει πως να περιμένουν δύο πράκτορες είναι χειρότερο από το να περιμένει ο συνεργάτης του. Στέλνει στον συνεργάτη του μήνυμα να περιμένει να τελειώσει με την βοήθεια των πρακτόρων 0,1. Ο συνεργάτης του 2 είναι ο 3 που δέχεται την συμφωνία και περιμένει να του έρθει ο 2. Ο 2 πηγαίνει στην τοποθεσία των 0,1 εξάγει και τα δικά του αποτελέσματα ανίχνευσης και αρχίζει μια διαδικασία αξιολόγησης πρακτόρων ανάλογα με τα αποτελέσματα και την ταλαιπωρία που υπέβαλλαν τον 2 οι πράκτορες 0,1. Στην συνέχεια συνεχίζουν να μετακινούνται μαζί ο 0,1 και ο 2 πηγαίνει στην τοποθεσία του 3. Έπειτα οι 2,3 εξάγουν σύμφωνα αποτελέσματα ανίχνευσης ΥΥ και αποφασίζουν και αυτοί να μετακινηθούν μαζί γιατί έχασαν πολύ χρόνο.

Για περαιτέρω εμβάθυνση υπάρχει η δυνατότητα μετάβασης στην ενότητα “Παράρτημα” ^{9.2}.

Δ. Περιγραφή της περίπτωσης 26 της προσομοίωσης. Η περίπτωση αυτή έχεις ως εξής: Αρχικά ο πράκτορας 0 βρίσκει περιοχή στην οποία υπάρχουν ΥΥ. Καλεί τον πράκτορα 1 να έρθει για επαλήθευση των χαρακτηριστικών των ΥΥ. Οι δύο πράκτορες βρίσκονται σε ασυμφωνία σχετικά με αυτά τα χαρακτηριστικά. Καλούν τον πράκτορα 2 να δώσει λύση. Ο πράκτορας 2 καθώς πηγαίνει βρίσκει περιοχή με ΥΥ. Την αποθηκεύει, ενημερώνει το πλοίο και συνεχίζει την πορεία του προς τους 0,1 επειδή θεωρεί ότι είναι χειρότερο το να περιμένουν δύο πράκτορες από το να έρθει κάποιος πράκτορας για επαλήθευση της περιοχής που βρήκε. Τέλος επιστρέφει στην τοποθεσία πριν την κλήση των 0,1 και συνεχίζει την διαδρομή του.

Για περαιτέρω εμβάθυνση υπάρχει η δυνατότητα μετάβασης στην ενότητα “Παράρτημα” ^{9.2}.

Ε. Περιγραφή της περίπτωσης 28 της προσομοίωσης. Η περίπτωση αυτή έχεις ως εξής, αρχικά πράκτορας 2 εντοπίζει περιοχή με ΥΥ και καλεί τον πράκτορα 3 να επιβεβαιώσει την περιοχή αυτή. Λίγο αργότερα ο πράκτορας 0 βρίσκει και αυτός περιοχή με ΥΥ και καλεί τον πράκτορα 1 για επιβεβαίωση περιοχής. Και οι δύο ομάδες πρακτόρων καταλήγουν σε ασυμφωνία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των περιοχών που προαναφέρθηκαν. Αυτό έχει ως συνέπεια η ομάδα που αποτελείται από τους πράκτορες 2,3 να καλέσουν για βοήθεια τον πράκτορα 4 και η ομάδα των 0,1 να καλέσουν τον 2. Επομένως, δημιουργείται ένα επιπλέον ζήτημα για τον πράκτορα 2. Και αυτό είναι ότι πρέπει να συνεννοηθεί με την ομάδα των 0,1 για τον τρόπο και τον χρόνο που θα έρθει στην περιοχή που χρήζει βοήθειας. Ο τρόπος συνεργασίας τους έχει ως εξής: Αρχικά ο πράκτορας 2 επικοινωνεί με την ομάδα των 0,1 και συνεννοούνται πως θα περιμένουν στην περιοχή με τα ΥΥ που βρήκαν μέχρι να έρθει ο 2. Και ο 2 θα περιμένει τον πράκτορα 4 να τον βοηθήσει προτού ξεκινήσει να μετακινείται προς την περιοχή των 0,1.

Για περαιτέρω εμβάθυνση υπάρχει η δυνατότητα μετάβασης στην ενότητα “Παράρτημα” ^{9.2}.

Στ.

Παραμετροποίηση: της Περιβάλλοντος	Σχολιασμός παραμετροποίησης των χρόνων ανίχνευσης του περιβάλλοντος, της αξιοποίησης της μνήμης των πρακτόρων και της κατανάλωσης του ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων.	
	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης	Ενδεικτικά Διαγράμματα



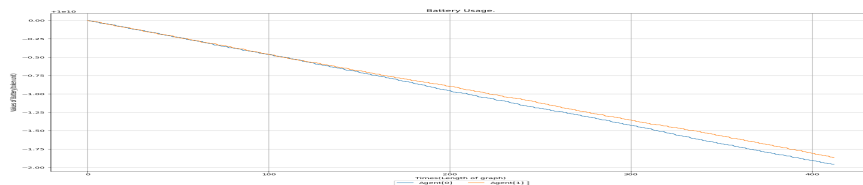


Figure 48: Ενδεικτικό διάγραμμα καταναλώσεων ενεργειακού αποθέματος μιας περίπτωσης προσομοίωσης της ενότητας αυτής. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης. Περαιτέρω υλικό κατανόησης στην ενότητα “Παράρτημα” ¹³²

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Η πειραματική διαδικασία της ενότητας αυτής έχει ως εξής: Θεωρούμε ως μεταβλητή την ακτίνα ανίχνευσης που δίνεται από το πλοίο και δημιουργούμε με αυτό τον τρόπο πέντε περιπτώσεις με διαφορετική ακτίνα ανίχνευσης. Στην συνέχεια δημιουργούμε εκ νέου άλλες πέντε περιοχές ανίχνευσης με κλιμακούμενη ακτίνα και τοποθετούμε περιοχές με ΥΤ. Αυτό που σκοπεύουμε να παρατηρήσουμε σε αυτή την πειραματική διαδικασία είναι το ποσοστό ενεργειακού αποθέματος που θεωρείται κατάλληλο για να ολοκληρωθούν οι βασικές περιπτώσεις προσομοίωσης καθώς και πόσο μεταβάλλεται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των περιπτώσεων αυτών.

Αρχικά θεωρείται σημαντικό να αναφερθούμε στο περιβάλλον που θα γίνει η ανίχνευση για κάθε περίπτωση. Στην εικόνα 126 φαίνεται το περιβάλλον για τις περιπτώσεις προσομοίωσης που θα μας απασχολήσουν, κάθε ένα εκ των οποίων αναλύεται δύο φορές. Μία με την ενσωμάτωση ΥΤ και μία χωρίς. Επιπλέον η αύξηση της παραμέτρου ακτίνας για κάθε μία από τις υποεικόνες ¹²⁶ είναι 25 μονάδες μήκους. Με αυτό τον τρόπο επιθυμούμε να παρατηρήσουμε τις αλλαγές που συμβαίνουν στα ενεργειακά αποθέματα των πρακτόρων ακόμη και σε τόσο μικρές αλλαγές ακτίνας.

Ανάλυση των διαγραμμάτων χρονικών ακλουθιών. ¹⁶ Στην εικόνα 127 αναπαριστώνται οι χρονικές διάρκειες της περιόδου αρχικοποίησης και της περιόδου ολοκλήρωσης της διαδικασίας ανίχνευσης. Οι παρατηρήσεις που αφορούν την περίοδο αρχικοποίησης είναι πως αλλάζοντας μόνο την ακτίνα ανίχνευσης της διαδικασίας, μικραίνει η διάρκεια της περιόδου αρχικοποίησης για τις πρώτες τρεις υποεικόνες ¹²⁷. Γεγονός που δεν το περιμέναμε αφού έχοντας όλες τις άλλες παραμέτρους ίδιες και αυξάνοντας την ακτίνα, αυξάνονται και οι κόμβοι του συνολικού γράφου καθώς και των επιμέρους διαδρομών των πρακτόρων. Οπότε μεγαλύτερος χρόνος στον σχηματισμό και αρχικοποίηση γράφου. Έπειτα στην τέταρτη και πέμπτη υποεικόνα παρατηρούμε να μεγαλώνει η τιμή διάρκειας περιόδου αρχικοποίησης με τρόπο που συμφωνεί με την αύξηση της ακτίνας της ανίχνευσης. Με άλλα λόγια η τέταρτη υποεικόνα έχει μεγαλύτερη διάρκεια αρχικοποίησης από όλες τις προηγούμενες, το ίδιο και η πέμπτη. Το παράδοξο που συναντήσαμε στην δεύτερη και τρίτη υποεικόνα δεν πρέπει να το λάβουμε υπόψη μας, αφού εκτελώντας επανειλημμένα τις περιπτώσεις 33, 34 που αντιστοιχούν σε αυτές τις υποεικόνες, παρατηρούμε η διάρκεια αρχικοποίησης να αποκτάει κάθε φορά διαφορετικές και τυχαίες τιμές. Από την άλλη μεριά οι τιμές διάρκειας ολοκλήρωσης της ανίχνευσης ακολουθούν λογική κλιμάκωση, αφού με την αύξηση της ακτίνας ανίχνευσης αυξάνεται και ο χρόνος ολοκλήρωσης. Το ποσοστό αύξησης ωστόσο είναι υποκειμενικό και εξαρτάται από τις ειδικές συνθήκες της υπολογιστικής μονάδας που διενεργεί την εκτέλεση της προσομοίωσης. Επομένως, το ποσοστό κλιμάκωσης δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Ανάλυση των διαγραμμάτων καταναλώσεων μνήμης. ¹⁶ Ένα άλλο διάγραμμα ¹²⁸ που μπορούμε να παρακολουθήσουμε σε αυτή την ενότητα είναι η κατανάλωση μνήμης από τους πράκτορες. Παρατηρούμε πως η αύξηση της ακτίνα ανίχνευσης προκαλεί την αύξηση της κατανάλωσης μνήμης από την πλευρά των πρακτόρων.

Επίσης όσο περισσότεροι κόμβοι εμπεριέχονται στον καθολικό γράφο τόσο πιο μεγάλη διαφορά κατανάλωσης μνήμης παρατηρείται. Τέλος μερικά παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση των τιμών ολικής κατανάλωσης είναι πως το πρώτο διάγραμμα φέρει παρόμοια επιβάρυνση μνήμης που θα είχε μια λίστα με 14,648 ακεραίους, η δεύτερη περίπτωση όπως μια λίστα με 14,679 ακεραίους, η τρίτη όπως μια λίστα με 14,835 ακεραίους, η τέταρτη όπως μια λίστα με 14,992 ακεραίους και τέλος η πέμπτη όπως μια λίστα με 15,242 ακεραίους.

Ανάλυση των διαγραμμάτων κατανάλωσης του ενεργειακού αποθέματος.¹⁶ Επιπρόσθετα για να προσεγγίσουμε τις ενεργειακές καταναλώσεις των πρακτόρων αλλά και να δώσουμε ένα περιθώριο ασφάλειας (πως δεν θα υπερκεράσει η πραγματική τιμή κατανάλωσης ενέργειας την προσέγγισή μας), εκτελέσαμε έναν αριθμό επαναλήψεων των περιστατικών της προσομοίωσης και καταγράψαμε τις ενεργειακές καταναλώσεις των διάφορων διεργασιών των πρακτόρων. Έστερα υπολογίσαμε τον μέσο όρο των καταναλώσεων αυτών και προσθέσαμε περιθώριο ασφάλειας το μισό της μεγαλύτερης κατανάλωσης που παρατηρήθηκε.

Εξίσωση εύρεσης τιμών των παραμέτρων ενεργειακής κατανάλωσης:

$$K.E.A. = MT(Στ.Καταναλώσεων) + Μεγ.Τ.ΣτιγμιαίαςΚατανάλωσης. \quad (19)$$

K.E.A. είναι η κατανάλωση ενεργειακού αποθέματος, MT είναι η μέση τιμή, Στ. σημαίνει Στιγμιαίων και Μεγ.Τ. σηματοδοτεί την μέγιστη τιμή.

Στην εικόνα 129 φαίνονται τα διαγράμματα κατανάλωσης τους ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων στις περιπτώσεις που δεν εμπεριέχονται στο περιβάλλον ανίχνευσης περιοχές με ΥΥ. Αυτό που παρατηρούμε είναι οι μικρές καταναλώσεις ενέργειας που χρειάζεται κάθε πράκτορας για να φέρει εις πέρας την αποστολή που του ανατέθηκε (οι τιμές στον κάθετο άξονα αναφέρονται στον συνολικό ενεργειακό απόθεμα και μετριοούνται σε kWh, στην ίδια μονάδα μέτρησης βρίσκονται και οι καταναλώσεις). Επιπλέον από τα διαγράμματα αυτά¹²⁹ φαίνεται πως η συνολική κατανάλωση για το πρώτο διάγραμμα, που είναι το πιο μικρό περιβάλλον, είναι κοντά στις 0.3 κιλοβατώρες και στο πέμπτη και πιο μεγαλύτερο περιβάλλον 1.75 κιλοβατώρες. Αυτή η διαφορά προέκυψε με την αύξηση της ακτίνας ανίχνευσης για 100 μονάδες μήκους. Το ποσοστό κατανάλωσης παραμένει ακόμη μικρό αν συλλογιστούμε τον αριθμό των περιοχών που προστέθηκαν για ανίχνευση. Παράλληλα παρατηρούμε πως δεν συμβαίνει κάποιο γεγονός ενδιαφέροντος, όπως να βρεθεί αντικείμενο ή να προκύψει συνεργασία, και παρόλα αυτά οι δύο πράκτορες παρουσιάζουν κατανάλωση ενέργειας η συμπεριφορά της οποίας δεν προκύπτει από κάποιον κανόνα ξεκάθαρα (γίνεται με έναν τρόπο τυχαία, σε άλλες στιγμές η κατανάλωση του πράκτορα 0 είναι μεγαλύτερη σε άλλες του 1). Ωστόσο κυμαίνονται σε πολύ κοντινές τιμές ανά χρονικές στιγμές καθώς καταλλήλουν σε παρόμοια τιμή κατανάλωσης, πράγμα που σημαίνει ότι ο φόρτος εργασίας κατανεμήθηκε σχεδόν ισότιμα.

Ανάλυση περιπτώσεων που υπάρχουν ΥΥ στο περιβάλλον ανίχνευσης. Αφού αναλύσαμε τις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν ΥΥ στο περιβάλλον ανίχνευσης που καλούνται οι πράκτορες να ψάξουν, θα αναλύσουμε και τις περιπτώσεις που υπάρχουν ΥΥ.

Ανάλυση των διαγραμμάτων χρονικών ακλουθιών.¹⁶ Οι περιοχές είναι ίδιες (αφού έχουμε κρατήσει την ίδια ακτίνα ανίχνευσης) με προηγούμενως¹²⁶, οπότε προχωράμε στην εικόνα 130, στην οποία φαίνονται τα διαγράμματα αναπαράστασης της χρονικής διάρκειας αρχικοποίησης και ολοκλήρωσης του έργου. Για τους χρόνους αρχικοποίησης παρατηρούμε πάλι το παράδοξο να μην παρουσιάζουν μια σχέση συνεπαγωγής με την παράμετρο ακτίνας της ανίχνευσης. Δηλαδή θα περιμέναμε όταν αυξάνουμε την ακτίνα, προστίθενται περισσότερες περιοχές ανίχνευσης, οπότε περισσότερος χρόνος αρχικοποίησης και δημιουργίας γράφων διαδρομών. Κάτι που δεν συμβαίνει. Επομένως, αυτό που συμπεραίνουμε και πάλι είναι πως οι χρόνοι αρχικοποίησης είναι τόσο μικροί για τις αλλαγές ακτίνας που οποιαδήποτε καθυστέρηση στο σύστημα που τρέχει την προσομοίωση προσθέτει καθοριστικό θόρυβο στην μεταβλητή αυτή. Όσον αφορά την διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου των πρακτόρων, θα έχουν και αυτοί θόρυβο. Ωστόσο ο θόρυβος αυτός δεν επηρεάζει καθοριστικά τις τιμές τους, αφού μπορούμε να παρατηρήσουμε ξεκάθαρα την σχέση αύξησης διάρκειας με την αύξηση ακτίνας. Επιπλέον στο μικρότερο περιβάλλον ανίχνευσης που είναι η πρώτη υποεικόνα¹²⁶ χρειάστηκαν μόνο 31 μονάδες

χρόνου ενώ με την αύξηση της ακτίνας κατά 100 μονάδες μήκους (πέμπτο διάγραμμα) χρειάστηκαν 117. Παρατηρείται λοιπόν σχέση τετραπλασιασμού για αύξηση 100 μονάδων μήκους. Συγκριτικά με τα δεδομένα από τις περιπτώσεις που δεν υπήρχαν περιοχές με ΥΥ παρατηρείται μια σημαντική αύξηση χρόνων. Που αν αυξήσουμε παραπάνω την τιμή της ακτίνας θα λαμβάνει η διαφορά αυτή πολλαπλάσιες τιμές. Αφού στην πρώτη υποεικόνα των προηγούμενων περιπτώσεων είχαμε 24 μονάδες χρόνους για την ολοκλήρωση του έργου και στην πέμπτη υποεικόνα είχαμε 86. Με άλλα λόγια η διαφορά χρόνων στην πρώτη υποεικόνα ήταν 7 μονάδες χρόνου ενώ στην πέμπτη 31, φαίνεται λοιπόν μια εκθετική αύξηση τιμών. Επιπλέον όσο πιο περίπλοκο γίνεται το περιβάλλον (οπότε μπορεί να χρειαστεί και συνεργασία πρακτόρων) τόσο πιο μεγάλος θα είναι ο ρυθμός αύξησης τιμών χρόνου με την ίδια ακτίνα ανίχνευσης.

Ανάλυση των διαγραμμάτων καταναλώσεων μνήμης.¹⁶ Όσο αναφορά τις καταναλώσεις μνήμης διαφοροποιούνται με αυτές που είδαμε στις προηγούμενες περιπτώσεις προσομοίωσης ιδίων περιοχών χωρίς την ύπαρξη ΥΥ. Αυτό γιατί τις χρονικές στιγμές που βρίσκονται ΥΥ οι πράκτορες επεξεργάζονται διαφορετικά δεδομένα, προκειμένου να επιτελέσουν τις διεργασίες τους καθώς και να συνεργαστούν. Επιπρόσθετα παρατηρούμε πως τις χρονικές στιγμές που ανιχνεύονται ΥΥ οι πράκτορες που τα βρήκαν αρχίζουν να καταναλώνουν λιγότερη μνήμη σχετικά με τον συνεργάτη πράκτορα τους.

Ανάλυση των διαγραμμάτων κατανάλωσης του ενεργειακού αποθέματος.¹⁶ Τέλος ως προς τα διαγράμματα ενεργειακής κατανάλωσης στις περιπτώσεις που εμπεριέχονται ΥΥ στο περιβάλλον, παρατηρούμε μικρές αυξήσεις συνολικής κατανάλωσης σχετικά με τα αντίστοιχα διαγράμματα των περιπτώσεων που δεν υπήρχαν ΥΥ στο περιβάλλον. Οι διαφοροποιήσεις σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πως τις χρονικές στιγμές που ανιχνεύονται ΥΥ αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας από την πλευρά του πράκτορα που βρήκε την περιοχή αυτή και αυτό φαίνεται στο διάγραμμα με την μορφή της αύξησης της απόστασης μεταξύ των γραφικών κατανάλωσης.

Ζ. Παραμετροποίηση της αξιολόγησης των πρακτόρων και των αλγορίθμων ανίχνευσης τους. Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε το σύστημα με το οποίο αναπροσαρμόζουν οι πράκτορες τις τιμές αξιοπιστίας τους για τους υπόλοιπους πράκτορες καθώς και τους αλγορίθμους που χρησιμοποιούν για την ανίχνευση ΥΥ.

Ανάλυση πειραματικής διαδικασίας. Η πειραματική διαδικασία έχει ως εξής: Θα παρουσιάσουμε και θα σχολιάσουμε τα αποτελέσματα τεσσάρων περιπτώσεων της προσομοίωσης, την 49,50,51,52. Στις περιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται όλες οι στιγμές που επηρεάζουν τους πράκτορες στο να αναπροσαρμόσουν τις τιμές αξιοπιστίας τους τόσο για τους πράκτορες όσο και για τους αλγορίθμους ανίχνευσης. Επίσης στο σημείο αυτό της πτυχιακής θα δείξουμε και την παραμετροποίηση της πολιτικής απονομής αξιοπιστίας ώστε να γίνεται πιο αξιοκρατικά ανάλογα με την σπουδαιότητα της δράσης των πρακτόρων.

Περιγραφή της περίπτωσης 49 της προσομοίωσης. Στην περίπτωση 49, ο πράκτορας 2 βρίσκει περιοχή με ΥΥ. Καλεί τον 3 να επαληθεύσει την περιοχή αυτή. Ο 3 καθώς πηγαίνει εκεί, βρίσκει άλλη περιοχή που περιέχει ΥΥ. Επικοινωνούν για να διαπιστώσουν ποια περιοχή έχει μεγαλύτερη τιμή χρησιμότητας. Η περιοχή αυτή είναι του 2. Επομένως, ο 3 πηγαίνει στην τοποθεσία του 2 και αποφασίζουν να μετακινηθούν μαζί στην διαδρομή του 2. Στην συνέχεια οι δύο πράκτορες βρίσκουν μια σειρά από ΥΥ με μεγάλη ποικιλία χαρακτηριστικών. Τέλος, η συνεργασία των 2,3 διακόπτεται από την ομάδα 0,1 που ζητάει βοήθεια στην ασυμφωνία που είχαν πάνω από μια περιοχή και αφορά τα χαρακτηριστικά των ΥΥ που περιέχονται στην περιοχή αυτή. Επομένως, ο πράκτορας 2 μεταβαίνει στην περιοχή των 0,1, επιλύει την ασυμφωνία και συνεχίζει την δικιά

του αρχική πορεία που είχε πριν την συνεργασία με τον 3.

Περιγραφή της περίπτωσης 50 της προσομοίωσης. Στην περίπτωση 50 συμβαίνει το ίδιο με την περίπτωση 49, με τις διαφορές πως ο πράκτορας 3 είναι αυτός που είχε βρει περιοχή με μεγαλύτερη τιμή χρησιμότητας και αναγκάζει τον 2 να έρθει στην περιοχή αυτή και ύστερα να μετακινηθούν μαζί ακολουθώντας τον.

Περιγραφή της περίπτωσης 51 της προσομοίωσης. Στην περίπτωση 51 ο πράκτορας 2 εντοπίζει μια περιοχή με ΥΥ. Καλεί τον 3 να την επαληθεύσει. Η επαλήθευση είναι επιτυχής και αποφασίζουν να μετακινηθούν μαζί ακολουθώντας την διαδρομή του 2. Στην συνέχεια βρίσκουν μια σειρά από αντικείμενα ενδιαφέροντος και καταλλήλουν σε ένα εκ των οποίων σε ασυμφωνεία χαρακτηριστικών. Καλούν τον 4 να τους βοηθήσει και ο πράκτορας 2 προκύπτει να είχε δίκιο.

Περιγραφή της περίπτωσης 52 της προσομοίωσης. Στην περίπτωση 52 συμβαίνει το ίδιο με την περίπτωση 51, με την διαφορά πως στην ασυμφωνεία κερδίζει ο πράκτορας 3.

Ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Στις εικόνες που προέκυψαν από τις περιπτώσεις προσομοίωσης που προαναφέραμε, παρατηρούμε τα ίδια διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας στους πράκτορες με διαφορετικές τιμές στις παραμέτρους της εξίσωσης αξιοπιστίας. Πιο συγκεκριμένα αφήσαμε αναλλοίωτες τις εκτιμήσεις αξιοπιστίας των πρακτόρων και των αλγορίθμων ανίχνευσης (θέσαμε τις παραμέτρους CALIBRATION_AGENT_WEIGHTS, CALIBRATION_ALGO να ισούνται με 1), ενώ αλλάξαμε τις παραμέτρους επιρροής των γεγονότων ενδιαφέροντος. Οι παράμετροι επιρροής καθώς και οι τιμές που βάλαμε φαίνονται στην εικόνα ⁴⁹

```
0.
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS = [[1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0]]
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS = [[1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0]]

1.
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS = [[5, 0, 3, 0], [3, 0, 1, 0], [3, 0, 3, 0], [3, 0, 3, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0]]
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS = [[5, 0, 3, 0], [3, 0, 1, 0], [3, 0, 3, 0], [3, 0, 3, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0], [5, 0, 8, 0]]

2.
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS = [[15, 0, 3, 0], [10, 0, 1, 0], [15, 0, 15, 0], [15, 0, 15, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0]]
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS = [[15, 0, 3, 0], [10, 0, 1, 0], [15, 0, 15, 0], [15, 0, 15, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0], [10, 0, 18, 0]]

3.
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_AGENTS = [[9, 0, 3, 0], [7, 0, 1, 0], [7, 0, 7, 0], [7, 0, 7, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0]]
CALIBRATION_REWARD_CASE_FOR_ALGOS = [[9, 0, 3, 0], [7, 0, 1, 0], [7, 0, 7, 0], [7, 0, 7, 0], [1, 0, 1, 0], [1, 0, 1, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0], [9, 0, 12, 0]]
```

Figure 49: Παράμετροι επιρροής των συναρτήσεων αξιολόγησης πρακτόρων και αλγορίθμων ανίχνευσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Πίνακας για την παραμετροποίηση της αξιολόγησης των πρακτόρων και των αλγορίθμων ανίχνευσης τους.		
Παραμετροποίησης: ια της Εικόνας	50	Παραμετροποίηση της αξιολόγησης των πρακτόρων και των αλγορίθμων ανίχνευσης τους.
	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης	Ενδεικτικά Διαγράμματα



[Κενό]

Τρόπος Παραμετροποίησης:
Αναλύοντας το Παράδειγμα της Εικόνας 50

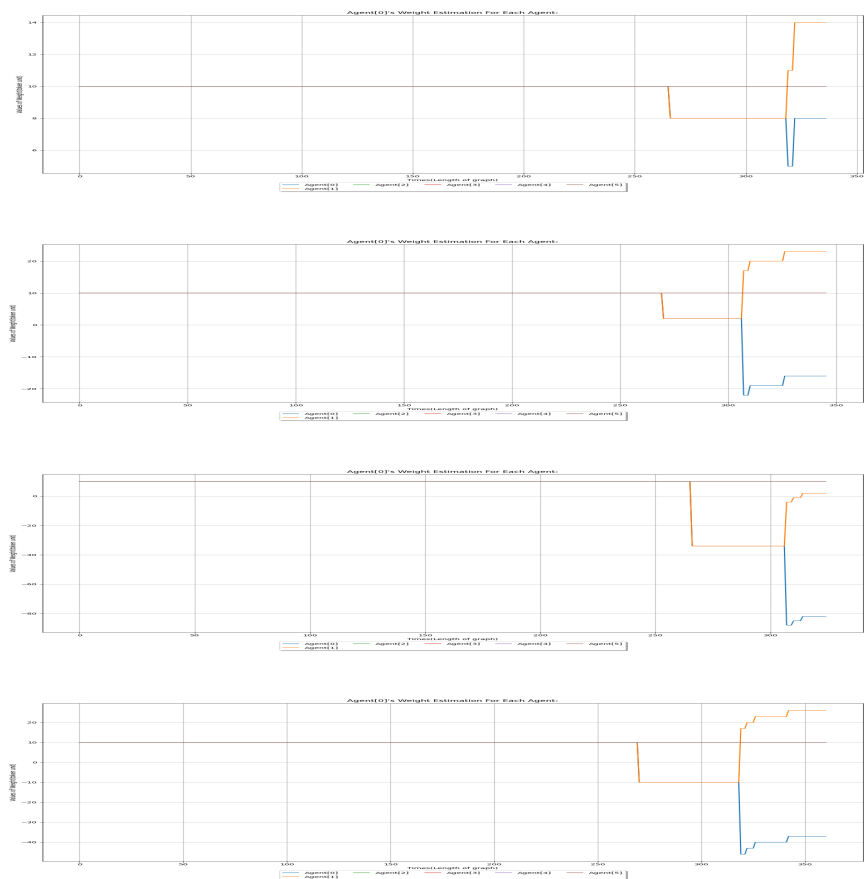


Figure 50: Διαγράμματα αξιολόγησης των πρακτόρων της περίπτωσης 49 από τον πράκτορα 0. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Αφού έχουμε σχολιάσει την μορφή των γραφικών, στις εικόνες 50 θα δώσουμε έμφαση στις διαφορές τους καθώς και στις τιμές που έχουν στον οριζόντιο άξονα ανάλογα με τις ρυθμίσεις των παραμέτρων που εφαρμόσαμε ⁴⁹. Η σειρά των υποεικόνων που φαίνονται στην εικόνα 50 είναι ίδια με την σειρά των ρυθμίσεων των παραμέτρων που αναφερθήκαμε παραπάνω ⁴⁹. Όπως παρατηρούμε άλλες επιβραβεύουν και τιμωρούν τους πράκτορες αυστηρά και άλλες λιγότερο αυστηρά. Γενικά η πρώτη υποεικόνα αναφέρεται στην αμιγή εκτίμηση των πρακτόρων, η τρίτη σε μια πολύ αυστηρή μέθοδο παραμετροποίησης και η δεύτερη, τέταρτη υποεικόνα αναφέρονται σε ενδιάμεσα στάδια παραμετροποίησης. Επίσης προτιμάμε μέθοδο παραμετροποίησης ενδιάμεσης αυστηρότητας επειδή δεν θέλουμε να βάλουμε τον πράκτορα σε θέση που να μην μπορεί να κερδίσει την εμπιστοσύνη ξανά των άλλων πρακτόρων ούτε όμως στο να συγχωρείται πολύ εύκολα με την ελάχιστη προσπάθεια συνεργασίας. Και το πετυχαίνουμε αφού μετά από την τιμωρία του πράκτορα 0 και την σύναψη συνεργασίας απέχει αρκετά από την προγενέστερη θέση τιμής του. Καθώς και η τιμή του πράκτορα 1 δεν αυξήθηκε τόσο πολύ ώστε να μην φοβάται να τιμωρηθεί (υπάρχει η δυνατότητα δηλαδή να τιμωρηθεί και να μειωθεί αρκετά η τιμή αξιοπιστίας του).

σης:
51

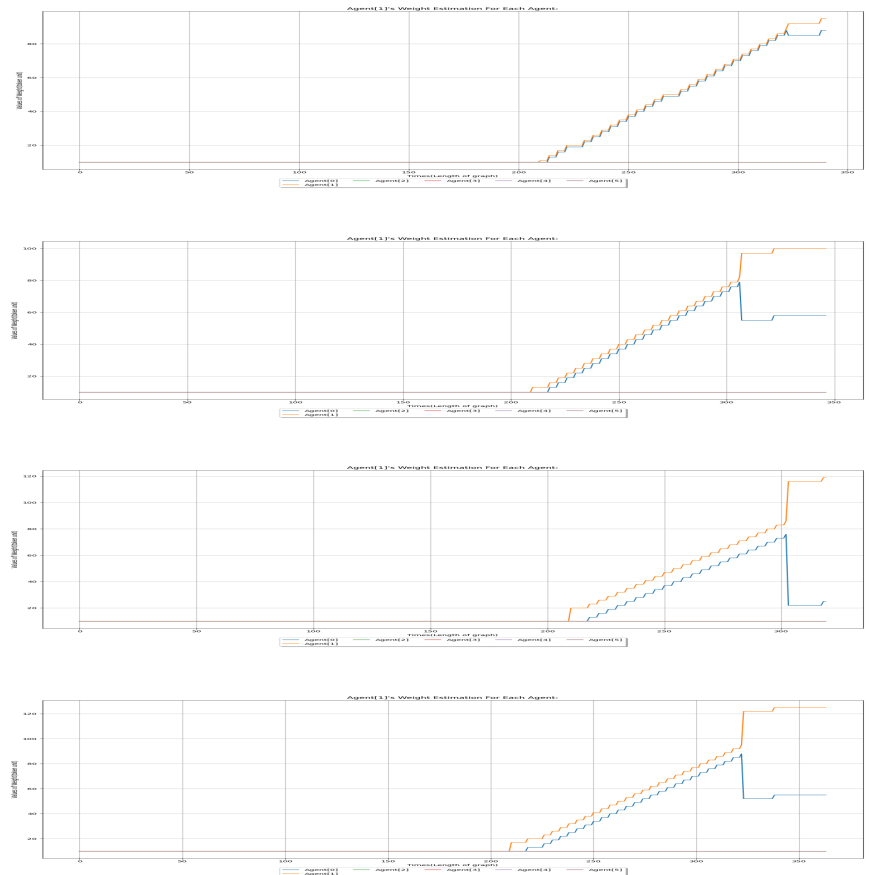


Figure 51: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 1. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 49).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Για την εικόνα 51 βρίσκουμε πιο ορθό το διάγραμμα τρία(την αυστηρή δηλαδή μέθοδο παραμετροποίησης), αφού η συνεργασία για την επιβεβαίωση της περιοχής με ΥΥ δεν βρίσκεται πολύ υψηλότερα σε τιμή από την τιμή που προκύπτει από την τιμωρία του πράκτορα 0. Επίσης η τιμή που προκύπτει ύστερα την τιμωρία του πράκτορα 0 δεν βρίσκεται χαμηλότερα από την τιμή(αρχικοποίηση) που είχε πριν την έναρξη συνεργασίας πειβεβαίωσης της περιοχής. Αυτό είναι σημαντικό γιατί θεωρείται θετικό για τον 0 που βρήκε την περιοχή και περίμενε να επιβεβαιωθεί και να επιλυθεί το ζήτημα ασυμφωνίας αντί να συνεχίσει την πορεία του. Επομένως, θα μπορούσαμε να αυξήσουμε την παράμετρο που μειώνει την τιμή των πρακτόρων σε περιπτώσεις που φτάνει σε ασυμφωνία χαρακτηριστικών ΥΥ.

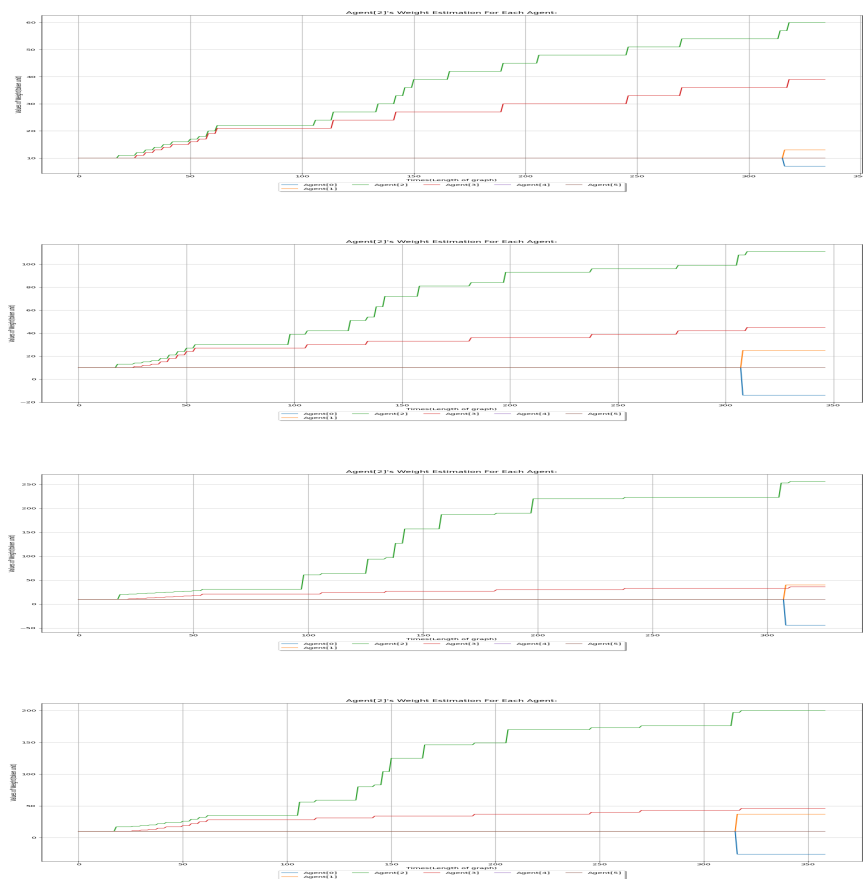


Figure 52: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 2. Προέλευση περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 49).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Στην εικόνα 52 παρατηρούμε πως οι ενδιαμέσες ρυθμίσεις παραμέτρων δίνουν καλύτερο αποτέλεσμα αξιολόγησης, αφού στην πρώτη υποεικόνα ⁵² που δεν φέρουν επιρροή οι παράμετροι γεγονότων, παρατηρούμε να είναι σχεδόν ελάχιστη η ανταμοιβή και η αποδοκιμασία του πράκτορα 1 που βρήκε σωστά τα χαρακτηριστικά των ΥΥ και δεν ήθελε να ταλαιπωρήσει τον πράκτορα 2 με τον να τον φέρει στην τοποθεσία του και του πράκτορα 0 που βρήκε λάθος τα χαρακτηριστικά των ΥΥ και έφερε σε ταλαιπωρία τον 2 αντίστοιχα. Επιπρόσθετα στην τρίτη υποεικόνα παρατηρούμε και μια πολύ αυστηρή προσέγγιση παραμετροποίησης, που είναι και αυτή λιγότερο αποδεκτή από τις ενδιαμέσες αυστηρότητας παραμετροποιήσεις αφού με την ανίχνευση ενός αντικειμένου ενδιαφέροντος ο πράκτορας 1 αποκτά μεγαλύτερη εμπιστοσύνη από ότι ο πράκτορας 3 κατάφερε να κερδίσει καθ'ολη την διάρκεια συνεργασίας με τον 2. Τέλος και από τις ενδιαμέσες αυστηρότητας περιπτώσεις, προτιμάμε την δεύτερη υποεικόνα, διότι η αύξηση αξιοπιστίας του πράκτορα 1 την στιγμή που επιβεβαιώθηκε η αντίληψη του για την περιοχή ασυμφωνίας απέχει ικανοποιητικό ποσοστό απόστασης από την τιμή που φέρει εκείνη την στιγμή η αξιοπιστία του πράκτορα 3.

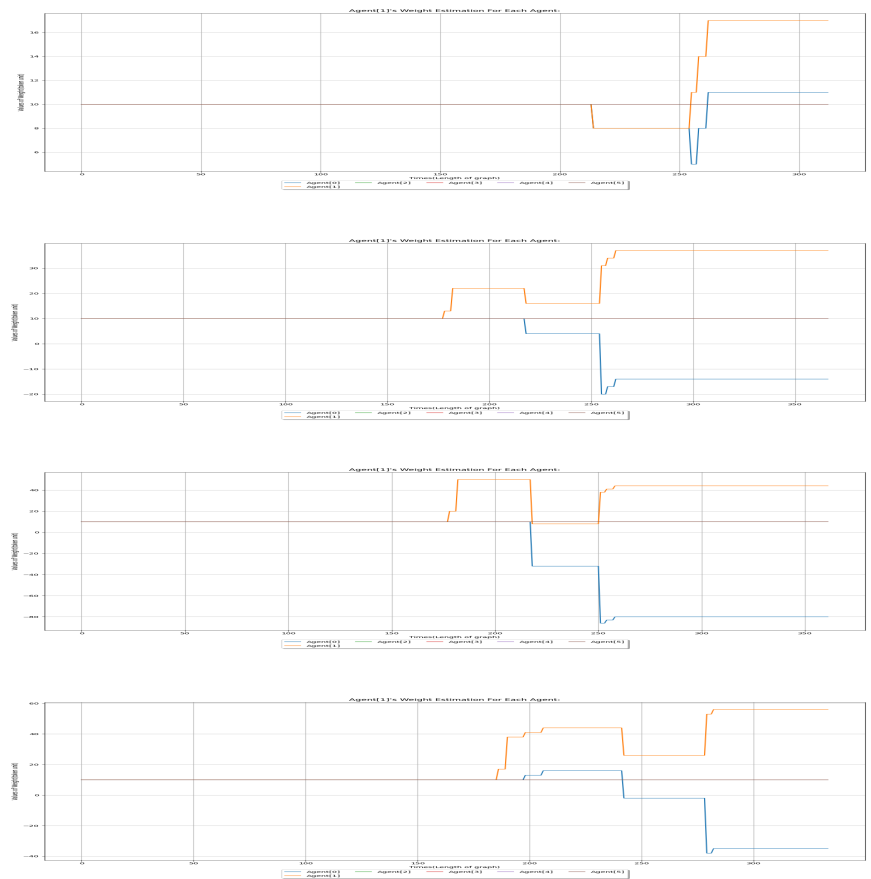


Figure 53: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 1. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 50).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Στην εικόνα 53 φαίνονται τα τέσσερα διαγράμματα με τις παραμετροποιήσεις για την περίπτωση 50 της προσομοίωσης που αναπαριστούν την εκτίμηση αξιολόγησης των πρακτόρων από την πλευρά του πράκτορα 1. Για την πρώτη υποεικόνα της εικόνας 53, παρατηρούμε πως τη στιγμή που βρήκε ο πράκτορας 1 την περιοχή με ΥΥ δεν δόθηκε κάποια αύξηση στην τιμή αξιολόγησης του πράκτορα 1, ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις παραμετροποίησης συμβαίνει αύξηση τιμής. Στην συνέχεια καταλήγουν οι πράκτορες 0,1 σε ασυμφωνία, οπότε αποκτούν και οι δύο αυτοί πράκτορες την ίδια μείωση τιμής, όπως γίνεται σε όλες τις περιπτώσεις παραμετροποίησης. Έπειτα ο πράκτορας 0 τιμωρείται αφού ήταν λάθος στην ασυμφωνία και με μια απλή συνεργασία για μετακίνηση μαζί αυξάνεται η αξιοπιστία του και μάλιστα ξεπερνάει την αρχικοποιημένη τιμή του. Στις ενδιάμεσες αυστηρότητας παραμετροποιήσεις παρατηρούμε πως η τιμή της αύξησης αξιοπιστίας μετά από την απόφαση για μετακίνηση μαζί δεν αυξάνεται τόσο ώστε να ξεπεράσει την αρχικοποιημένη τιμή. Όσο πιο αυστηρή είναι η περίπτωση παραμετροποίησης τόσο πιο μεγάλη διαφορά από την αρχικοποιημένη τιμή θα παρουσιάζει το διάγραμμα αξιοπιστίας την στιγμή αυτή. Γεγονός που το επιθυμούμε αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό ώστε με ένα λάθος αντίκρουσης να θέλει υπερβολική προσπάθεια και κατορθώματα να πραγματοποιηθούν από τον πράκτορα που ήταν λάθος. Επίσης αρνητικό θεωρούμε στην πολύ αυστηρή παραμετροποίηση το γεγονός πως η τιμή

αξιοπιστίας φτάνει σε χαμηλότερες τιμές από την τιμή αρχικοποίησης όταν συμβαίνει η ασυμφωνεία. Θεωρείται αρνητικό γιατί δεν χρειάζεται να τιμωρούνται και οι δύο πράκτορες τόσο αυστηρά ώστε να χάνεται η προγενέστερη τιμή που είχε ο πράκτορας που βρήκε την περιοχή με τα ΥΥ και ήταν και σωστός στα αποτελέσματα ανίχνευσης του.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

[Κενό]

Ενδεικτικά Διαγράμματα

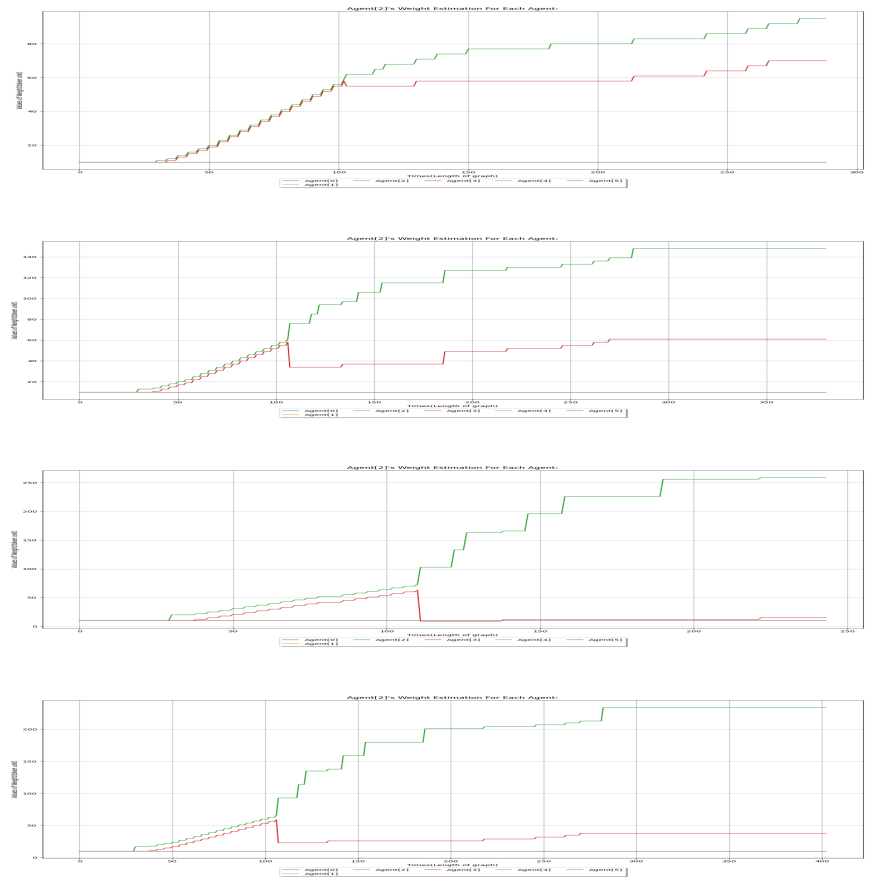


Figure 54: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 2. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 51).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Στο σημείο αυτό θα αναλύσουμε διαγράμματα από την περίπτωση 51 της προσομοίωσης. Αρχικά στην εικόνα 54 φαίνονται τα διαγράμματα της εκτίμησης του πράκτορα 2 για την αξιοπιστία όλων των πράκτορων. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως στην χαλαρή παραμετροποίηση(πρώτη υποεικόνα) ο πράκτορας 3 κερδίζει πολύ εύκολα και

γρήγορα την προηγούμενη τιμή που είχε πριν αποδειχθεί πως ήταν λανθός στην ασυμφωνία(με μια απόφαση συνεργασίας και μετακίνησης από κοινού με τον 2). Στην πολύ αυστηρή παραμετροποίηση από την άλλη όταν βγαίνει το αποτέλεσμα για την ασυμφωνία, ξανα επιστρέφει ο πράκτορας 3 στην τιμή αξιοπιστίας που είχε στην αρχή της προσομοίωσης. Γεγονός που είναι θετικό αφού δεν πρόλαβε να βοηθήσει ο πράκτορας 3 αρκετά τον 2(συνεργάστηκαν στο να έρθει να επιβεβαιώσει την περιοχή). Ωστόσο δεν θέλουμε να μην επιβραβευτεί καθόλου για την συνεργασία που έδειξε. Άρα οι ενδιάμεσες επιλογές μας ικανοποιούν αλλά θα θέλαμε λίγο αυστηρή παραμετροποίηση την χρονική στιγμή αυτή της περίπτωση της προσομοίωσης.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης

[Κενό]

Ενδεικτικά Διαγράμματα

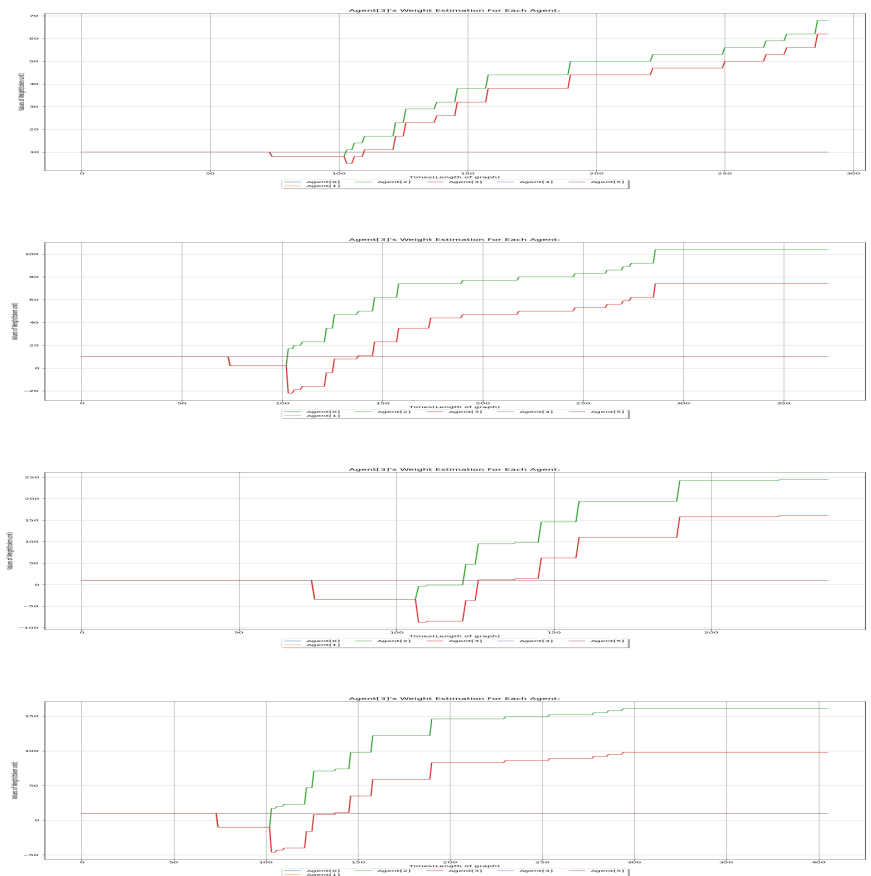


Figure 55: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 3. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 51).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

<p>Προς Παραμετροποίησης: γμα της Εικόνας 55</p>	<p>Στην εικόνα 55 φαίνονται τα διαγράμματα αξιοπιστίας των πρακτόρων από την πλευρά του πράκτορα 3. Παρατηρούμε πως όλα τα διαγράμματα εκτός της πρώτης υποεικόνας έχουν αποδεκτή λογική ανάπτυξης αφού ο πράκτορας 3 τιμωρείται με την λανθασμένη ανίχνευση ΥΥ και με λίγες επαληθεύσεις νέων περιοχών με ΥΥ ξανα αποκτά την τιμή αρχικοποίησης του. Η πρώτη υποεικόνα θεωρείται μη αποδεκτή διότι η προσπάθεια του πράκτορα 3 να επανορθώσει ήταν μικρή και απέδωσε, αφού μόνο με την συνεργασία για μετακίνηση από κοινού ξεπέρασε την τιμή αρχικοποίησης του(δηλαδή τελείωσε η περίοδος αποδοκιμασίας του τόσο σύντομα και εύκολα).</p>
<p>Τρόπος Παραμετροποίησης: Αναλύοντας το Παράδειγμα της Εικόνας 56</p>	<div data-bbox="260 405 458 533"> <p>Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης</p> <p>[Κενό]</p> </div> <div data-bbox="882 405 1163 439"> <p>Ενδεικτικά Διαγράμματα</p> </div> <div data-bbox="600 577 1473 1451"> </div> <div data-bbox="507 1496 1567 1570"> <p>Figure 56: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 4. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 51).</p> </div>
	<div data-bbox="735 1653 1046 1686"> <p>Σχολιασμός Διαγραμμάτων</p> </div> <div data-bbox="245 1711 1508 1785"> <p>Τέλος, στην εικόνα 56 φαίνονται τα διαγράμματα αξιοπιστίας των πρακτόρων από την πλευρά του πράκτορα 4. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως εκτός από την πρώτη υποεικόνα, όλες οι υπόλοιπες φαίνονται ικανοποιητικές.</p> </div>

Η πρώτη υποεικόνα δεν είναι αποδεκτή, αφού ο πράκτορας 4 που ήρθε για να λύσει την ασυμφωνεία, αποκτά τιμή αξιοπιστίας μεγαλύτερη από την τιμή του πράκτορα που είχε δίκιο στην ασυμφωνεία, καθώς και ο πράκτορας 5 που δεν έκανε τίποτα(απλά δεν ζήτησε βοήθεια από τον 4) αποκτά μεγαλύτερη τιμή αξιοπιστίας από τον 2, που βρήκε την περιοχή με ΥΥ και ήταν και σωστός στο ζήτημα ασυμφωνίας. Επίσης επιθυμούμε σχετικά μικρή διαφορά τιμής μεταξύ του πράκτορα 2 και 4(με μεγαλύτερη τιμή αύξησης να αποκτά ο 2 που βρήκε τα ΥΥ και ήταν και σωστός στην ασυμφωνεία), οπότε το πιο ικανοποιητικό διάγραμμα είναι αυτό της δεύτερης υποεικόνας.

Περαιτέρω Υλικό
Κατανόησης
[Κενό]

Ενδεικτικά Διαγράμματα

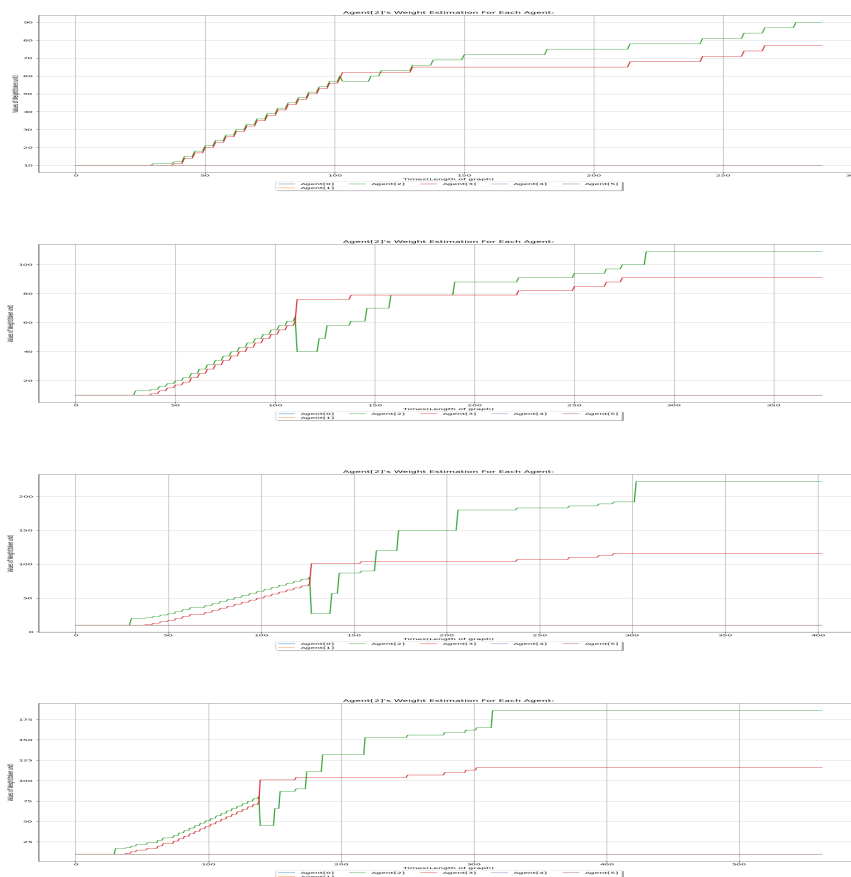


Figure 57: Διαγράμματα απονομής αξιοπιστίας πρακτόρων από τον πράκτορα 2. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 52).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Για την περίπτωση 52 της προσομοίωσης μπορούμε να παρατηρήσουμε τα ίδια που περιγράψαμε για την περίπτωση 51. Ωστόσο για τα διαγράμματα της εκτίμησης αξιοπιστίας του πράκτορα 2 για όλους τους πράκτορες έχουμε

να σχολιάσουμε πως εκτός της πρώτης υποεικόνας σε όλες τις άλλες παραμετροποιήσεις συμβαίνει ικανοποιητική μείωση τιμής αξιοπιστίας για τον πράκτορα που έκανε λάθος ανίχνευση χαρακτηριστικών ΥΥ (πράκτορας 2) και ύστερα λόγω της μεγάλης συμβολής του πράκτορα 2 στο συνολικό έργο φτάνει στην τιμή που είχε πριν την αποδοκιμασία.

Η. Παραμετροποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας. Οι παράμετροι με τους οποίους ρυθμίζουμε την επιρροή των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

```

VALUABLE_BATTERY = [[1, 10, 20], [1, 10, 20], [1, 10, 20], [1, 10, 20], [1, 10, 20], [1, 10, 20]] # Early, Standard, Late Period for each agent & utility

# Calibration Weights.
CALIBRATION_NUMBER_OF_OBJECTS = 1 # utility
CALIBRATION_AGENT_WEIGHTS = 1 # rewardCal
CALIBRATION_ALGO = 1 # rewardCal
UTILITY_CALIBRATION = 1 # utility
CALIBRATION_ALGO_ON_UTILITY = 1 # utility
CALIBRATION_AGENT_WEIGHTS_ON_UTILITY = 1 # utility
DEPOSIT_DISTANCE_CALIBRATION = 1 # utility
CO_AGENT_DISTANCE_CALIBRATION = 1 # utility

```

Figure 58: Παράμετροι επιρροής της συνάρτησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προ-σομοίωσης.

Σκοπός της πειραματικής διαδικασίας. Η πειραματική διαδικασία στο σημείο αυτό έχει ως εξής, έχουμε περιπτώσεις προσομοίωσης που κάθε μια δείχνει την επιρροή κάποιον συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας. Με αυτό τον τρόπο παρατηρούμε πόσο σημαντικοί είναι ο συντελεστής αυτοί, πόσο επιρροή έχουν συγκριτικά με την επιρροή των υπόλοιπων συντελεστών καθώς και τι τιμή κρίνουμε πως θα έπρεπε να λαμβάνουν στην περίπτωση της προσομοίωσης. Με αυτό τον τρόπο καθορίζουμε πιθανές τιμές για τις παραμέτρους αυτές.

Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας. Αρχικά εκτελούμε την περίπτωση 53 της προσομοίωσης. Αυτή η περίπτωση κρίνεται κατάλληλη για να παρακολουθήσουμε την επιρροή των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας αφού περιγράφουν την πλοήγηση του πράκτορα 4 και την εύρεση πολλών περιοχών με ΥΥ, οι οποίες απέχουν διάφορες αποστάσεις από το πλοίο. Επίσης ο χρόνος ανίχνευσης εκτείνεται αρκετά ώστε να παρατηρήσουμε αλλαγές στην σημασία του ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων.

Ύστερα από πολλούς πειραματισμούς καταλήξαμε σε μια παραμετροποίηση που θεωρούμε θα φέρει σε ισορροπία την επιρροή των συντελεστών της εξίσωσης και θα δίνεται σε κάθε μια η κατάλληλη σημασία ανάλογα με το γεγονός που συμβαίνει στην προσομοίωση.

Πίνακας για την παραμετροποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας.

Παραμετροποίησης: χμτροποίησης	Παραμετροποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας.	
	Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης	Ενδεικτικά Διαγράμματα



Τρόπος Παραμετροποίησης:
Αξιολόγηση της συνάρτησης χρησιμότητας χωρίς παραμετροποίηση.

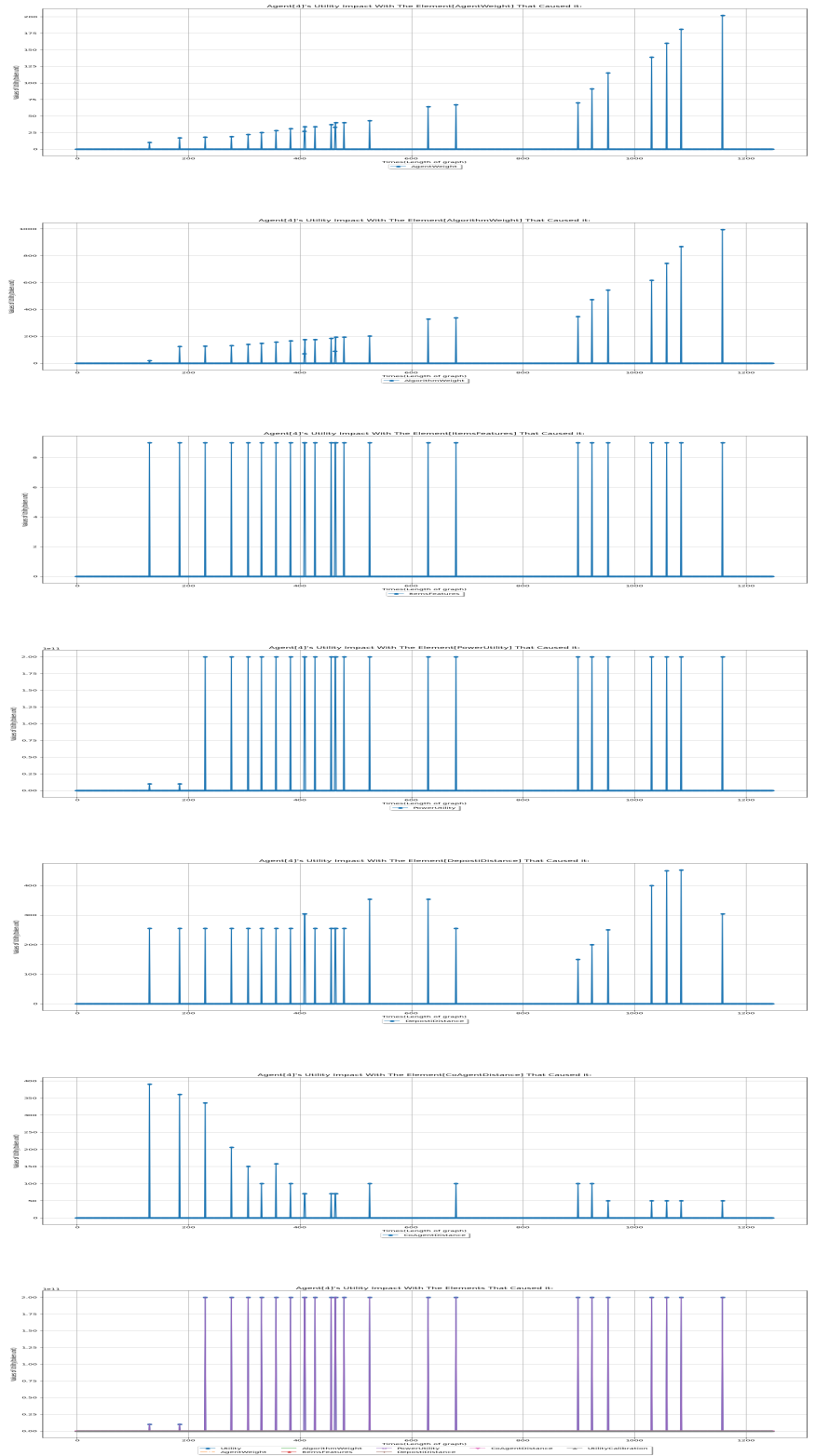
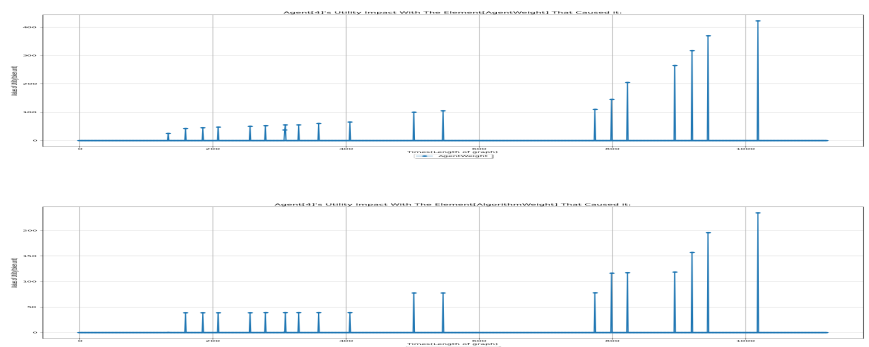


Figure 59: Διαγράμματα παρουσίασης των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας, χωρίς παραμετροποίηση. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 53).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Στην εικόνα 59 παρατηρούμε επτά υποεικόνες(και γενικότερα αυτή η δομή θα συνεχιστεί και σε πολλές από τις παρακάτω εικόνες). Η πρώτη υποεικόνα αναπαριστά στην επιρροή του συντελεστή αξιοπιστίας πρακτόρων στην συνάρτηση χρησιμότητας. Παρατηρούμε πως κλιμακωτά αποκτά μεγαλύτερες τιμές που φτάνουν μέχρι και την τιμή 200. Στην συγκεκριμένη περίπτωση προσομοίωσης ο πράκτορας 4 εντοπίζει πολλά ΥΥ για να φτάσει την τιμή 200, οπότε θα χρειαστεί μια αύξηση τιμής για να έχει επιρροή και με την εύρεση λιγότερων περιοχών. Στην παραμετροποίηση που θα δείξουμε ο παράγοντας κλιμάκωσης του συντελεστή αυτού ορίστηκε στην τιμή 2.5. Στην δεύτερη υποεικόνα φαίνεται το διάγραμμα επιρροής του συντελεστή αξιοπιστίας των αλγορίθμων ανίχνευσης. Οι τιμές που παίρνει αυτή η γραφική ακόμη και από τις πρώτες ανιχνεύσεις ΥΥ κοντεύουν να ξεπεράσουν την τιμή που αποκτά ο συντελεστής αξιοπιστίας πρακτόρων ύστερα από την εύρεση σχεδόν όλων των ΥΥ. Επομένως, θα χρειαστεί να μειωθεί η επιρροή αυτού του συντελεστή και μάλιστα πολλαπλασιάζοντας τις τιμές του με την παράμετρο που έχει οριστεί στην τιμή 0.015. Στην τρίτη υποεικόνα παρατηρούμε το διάγραμμα επιρροής του συντελεστή ενεργειακού αποθέματος. Αν κοιτάξουμε τις μονάδες στον οριζόντιο άξονα θα δούμε πως όλες οι τιμές της γραφικής είναι με κλιμάκωση στην δύναμη του 11. Επομένως, σίγουρα θα χρειαστεί αποκλιμάκωση των τιμών που παίρνει αυτό ο συντελεστής και μάλιστα με την παράμετρο που έχει οριστεί στις τιμές $0.00000001, 3 * 0.00000001, 5 * 0.00000001$. Έχουμε τρεις διαφορετικές τιμές αποκλιμάκωσης επειδή αναφέρονται κάθε μία στην περίοδο προσομοίωσης. Στην συνέχεια στην πέμπτη υποεικόνα παρατηρούμε το διάγραμμα επιρροής του συντελεστή της απόστασης του πράκτορα 4 από το πλοίο. Όπως παρατηρούμε οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ τους σε λογικά πλαίσια(χωρίς μεγάλες διαφορές τιμών μεταξύ τους) και οι τιμές που έχουν είναι κοντά στο 300, που την θεωρούμε ιδανική τιμή. Στη έκτη υποεικόνα παρατηρούμε την επιρροή του συντελεστή απόστασης του πράκτορα 4 από τον 5 και παρατηρούμε κάποιες διακυμάνσεις τιμών στην αρχή. Κάτι που δεν χρειάζεται να μας απασχολεί αφού στην συνέχεια οι δύο πράκτορες θα μετακινούνται μαζί. Τέλος στην έβδομη υποεικόνα παρατηρούμε το άθροισμα των συντελεστών καθώς και τους ίδιους τους συντελεστές αυτούς. Εκ πρώτης όψεως φαίνεται πως πετυχαίνει χωρίς παραμετροποίηση το σύστημα μας μια ισορροπία. Κάτι που δεν συμβαίνει, διότι όλοι οι παράμετροι βρίσκονται σε διαφορετική κλίμακα τιμών, που δεν φαίνεται λόγω της επιρροής του συντελεστή ενεργειακού αποθέματος, που πρέπει να μειωθεί όπως και να έχει γιατί το σύστημα μας θα είναι αδύνατο στο να εντοπίσει τις καλύτερες περιοχές με βάση τα χαρακτηριστικά των ΥΥ παρά μόνο θα εντοπίζει άξιες τις περιοχές που έχουν καταφέρει να του κρατήσουν υψηλά ποσοστά ενεργειακού αποθέματος.

[Κενό]



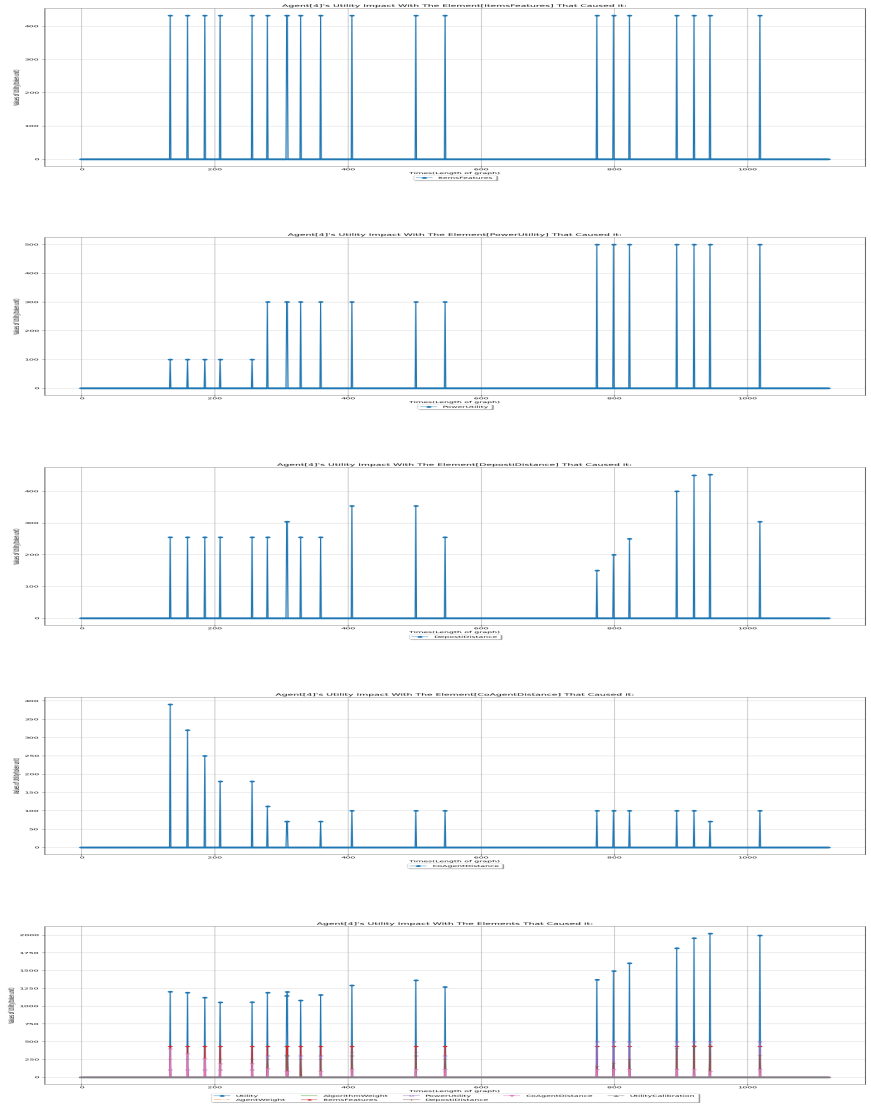
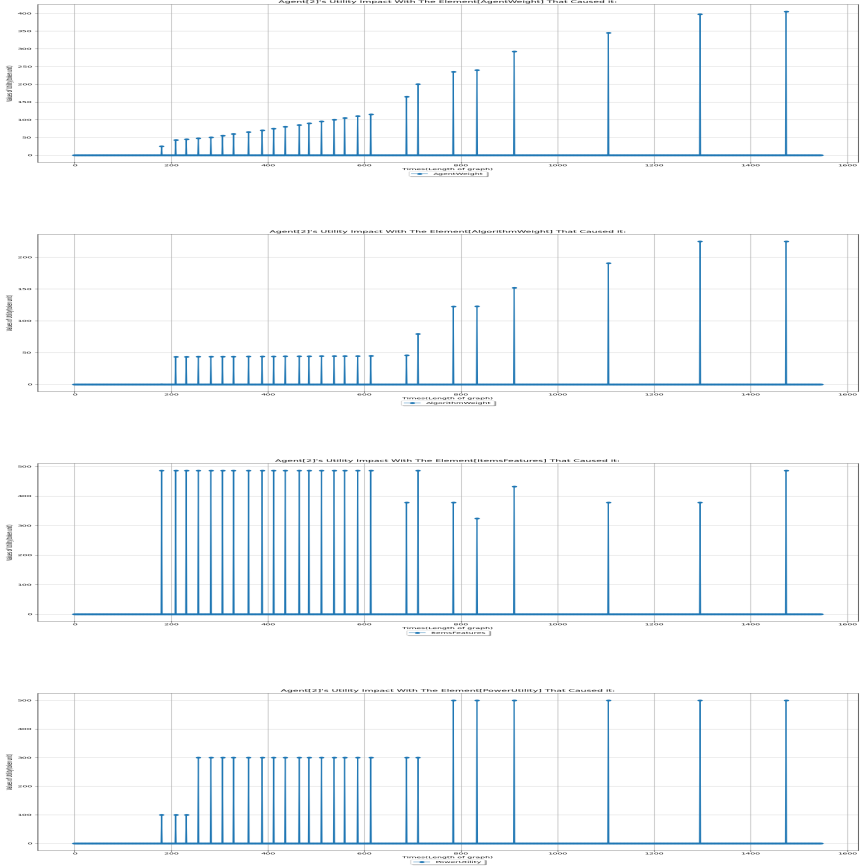


Figure 60: Διαγράμματα παρουσίασης των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας, με παραμετροποίηση. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 53).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Στην συνέχεια θα ασχοληθούμε με την παραμετροποίηση που υποβλήθηκε το σύστημα μας. Αρχικά στην εικόνα 60 παρατηρούμε πάλι τις επτά εικόνες που αναλύσαμε στην προηγούμενη παράγραφο με την διαφορά πως τώρα έχουν ληφθεί οι τιμές των παραμέτρων που σχολιάσαμε. Αυτό που παρατηρούμε ακόμη και από την αρχή είναι πως όλα τα διαγράμματα κυμαίνονται σε τιμές ίδιας κλίμακας(οριζόντιος άξονας). Για τον συντελεστή αξιοπιστίας πρακτόρων αρχίζει να έχει επιρροή ύστερα από λίγες ανιχνεύσεις διαφορετικών περιοχών(οι διαφορετικές περιοχές φαίνονται λόγω της διαφοράς στον χρόνο εντοπισμού του καθώς και στην διαφορετική τιμή στο διάγραμμα). Για τον συντελεστή αξιοπιστίας αλγορίθμων το ίδιο με τον προηγούμενο συντελεστή και η μεγάλη διαφορά με την περίπτωση της μη παραμετροποίησης είναι οι τιμές που παίρνει. Για τον συντελεστή χαρακτηριστικών ΥΥ έχουν

<p>Τρόπος Παραμετροποίησης: ητας με παραμετροποίηση.</p>	<p>δοθεί γενναιόδωρα γνωρίσματα που δεν συναντώνται εύκολα στην πραγματικότητα(κάτι σαν μια ακραία κατάσταση) και παρόλαυτα παρατηρούμε να λαμβάνουν χαμηλές τιμές σε σχέση με την μη παραμετροποιημένη περίπτωση που είχε ΥΥ με χαρακτηριστικά ασήμαντα. Στην συνέχεια για τον συντελεστή ενεργειακού αποθέματος παρατηρούμε ακριβώς αυτό που επιδιώκαμε. Δηλαδή φαίνονται οι τρεις διαφορετικές κλίμακες τιμών ανάλογα με την περίοδο της προσομοίωσης και οι τιμές που έχουν αυτές οι κλίμακες βρίσκονται σε ισορροπία με τις υπόλοιπες που λαμβάνουν οι άλλοι συντελεστές επιρροής. Στο διάγραμμα με τον συντελεστή απόστασης του πράκτορα 4 από το πλοίο παρατηρούμε πως παρόλο που οι αποστάσεις διαφέρουν κατά πολύ, οι τιμές που λαμβάνει η γραφική αυτή παραμένουν σε μικρό εύρος τιμών και δεν ξεπερνούν την τιμή 400(εκτός των πολύ μακριά περιοχών, που συναντώνται ελάχιστες φορές). Γενικότερα παρατηρείται μια ισορροπία στις τιμές που λαμβάνουν οι συντελεστές και με αυτό τον τρόπο αν κάποια συνθήκη επηρεάσει συντελεστή από την συνάρτηση χρησιμότητας θα οφείλεται σε λογικό αίτιο(έτσι έπρεπε να γίνει) και θα φανεί στο διάγραμμα ξεκάθαρα η επιρροή αυτή. Αυτό μπορούμε να το δούμε και στην τελευταία υποεικόνα που φαίνεται η τιμή της συνάρτησης χρησιμότητας καθώς και οι τιμές των συντελεστών της.</p>
<p>Περαιτέρω Υλικό Κατανόησης</p> <p>[133, 134]</p> <p>Τρόπος Παραμετροποίησης: οικά Παραδείγματα Παραμετροποίησης της Συνάρτησης Χρησιμότητας.</p>	<p>Ενδεικτικά Διαγράμματα</p> 

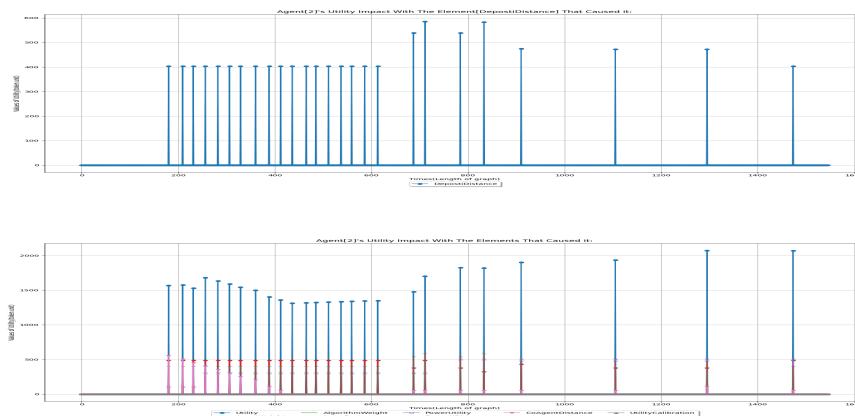


Figure 61: Διαγράμματα παρουσίασης των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας, με παραμετροποίηση. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 55).

Σχολιασμός Διαγραμμάτων

Τέλος στις παρακάτω εικόνες 61, 133, 134 παρατηρούμε κάποια παραδείγματα σε δύσκολες περιπτώσεις προσομοίωσης. Η εικόνες 61, 133 αναφέρονται στο γεγονός να βρει ο πράκτορας 2 κάποια ΥΥ και σε ένα εκ των οποίων να υπάρχει ασυμφωνεία των χαρακτηριστικών τους. Και η εικόνα 134 αναφέρεται στην περίπτωση που ο πράκτορας 4 θα ανιχνεύσει διάφορες περιοχές με ΥΥ τα οποία ποικίλουν τόσο σε πλήθος όσο και σε τιμές πιθανοτήτων. Επομένως, όπως παρατηρούμε θα μας απασχολήσει ο συντελεστής χαρακτηριστικών των ΥΥ. Πράγμα που ισχύει αφού όλες οι τιμές των υπόλοιπων συντελεστών ακολουθούν ίδια λογική με αυτά που αναφέραμε στην εικόνα 60 για τα οφέλη της παραμετροποίησης του συστήματος μας. Ωστόσο θα μπορούσαμε να ρυθμίσουμε καλύτερα ή να απορρίψουμε(διαγράψουμε) την επιρροή του συντελεστή απόστασης συνεργάτη αφού στην ουσία οι δύο πράκτορες δεν θα έχουν διαφορά απόστασης όταν ανιχνεύουν από κοινού(οπότε δεν χρειάζεται στην αρχή που είναι μακριά να έχει τόσο μεγάλη επιρροή στις τιμές χρησιμότητας που έχει με αυτή την παραμετροποίηση). Για τις τιμές/επιρροή του συντελεστή χαρακτηριστικών των ΥΥ παρατηρούμε πως στις περιπτώσεις προσομοίωσης 55,56 είναι ευδιάκριτη η συνεισφορά του γιατί είναι αποδεκτή η προσπάθεια παραμετροποίησης, ενώ στην περίπτωση 57 δεν γίνεται αφού φαίνεται να εκτοξεύεται η τιμή της επιρροής του συντελεστή αυτού και να λαμβάνει τεράστιες τιμές. Αυτό είναι λογικό ωστόσο σε αυτή την περίπτωση γιατί έχει συμπεριλάβει περιοχές με ΥΥ μεγάλης αξίας, κάτι που φαίνεται να το βρίσκει το σύστημα μας(Αυτό γίνεται κατανοητό αν παρατηρήσουμε πως στις περισσότερες τιμές χρησιμότητας λόγου αυτού του συντελεστή οι τιμές κυμαίνονται εκεί που έχουμε συνηθίσει στις προηγούμενες εικόνες και υπάρχουν λίγες μόνο εξαιρέσεις που έχουν λογική σημασία).

8 Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

Κάποιες από τις μελλοντικές επεκτάσεις θα μπορούσαν να ήταν οι παρακάτω.

No.	Επέκταση
1.	Στην βιβλιογραφία συμπεριλαμβάνεται ένα άρθρο με όνομα: "A Study of Image Pre-processing for Faster Object Recognition". ^[37] Σε αυτό το άρθρο περιγράφεται λεπτομερέστατα μια διαδικασία βελτίωσης των αποτελεσμάτων των νευρωνικών σε καταστάσεις προσθήκης έντονου θορύβου στις εικόνες που καταγράφονται από τα Μ.Ε.Ε.Ο. ^{9.1} Οπότε θα μπορούσαμε να την δοκιμάσουμε αυτή την ιδέα και από τα αποτελέσματα να την απορρίψουμε ή να την προσαρμόσουμε στην εργασία μας.
2.	Θα μπορούσαμε να έχουμε δυναμικό περιβάλλον και να προσομοιώνουμε περιβαλλοντικά φαινόμενα. Όπως μια μέρα να έχει αέρα ώστε να προβλέπεται η κίνηση/ροή των Υ.Υ. και οι πράκτορες να ακολουθούν τα Υ.Υ. μόλις τα εντοπίσουν.
3.	Θα μπορούσαμε να έχουμε κάνει ακριβέστερο μοντέλο στην πρόβλεψη των Θ.Κ.Τ. ^{9.1} ωστόσο για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θεωρείται ικανοποιητική προσπάθεια, διότι δεν ήταν ο στόχος της εργασίας αλλά επιπλέον προεκτάσεις που μπορούν να συνεχιστούν αργότερα.
4.	Πρακτικό επίσης κρίνεται να υπάρχει και η δυνατότητα αποστολής μέρος της εικόνας στο πλοίο. Για επιπλέον επανέλεγχο των κρίσιμων περιπτώσεων.
5.	Θα μπορούσε να ελεγχθεί και το σενάριο συνεργασίας εναέριων και θαλάσσιων οχημάτων.
6.	Βελτίωση των αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων και εντοπισμού τοποθεσίας πρακτόρων. Ενδεχομένως να χρειαστεί και άλλους αισθητήρες.

Table 17: Πιθανές Μελλοντικές Επεκτάσεις.

Ως συμπεράσματα θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στα παρακάτω.

Καθώς ολοκληρώνουμε την ανάλυση της εργασίας μας να τονίσουμε κάποια από τα πλεονεκτήματα του έργου μας. Συνοπτικά θα αναφερθούμε στην δυνατότητα καταγραφής εικόνων σε απομακρυσμένες ή απρόσιτες ή δύσκολα προσβάσιμες περιοχές, την ταχύτητα της ανίχνευσης, τον χρόνο εκπλήρωσης της συνολικής διαδικασίας ανίχνευσης, την δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού και συνεργασίας μεταξύ των πρακτόρων, την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με τους άλλους μεθόδους για να προκύψουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα, φιλικό προς το περιβάλλον εκπέμποντας μηδενικούς ρύπους καθώς και συμβάλλουν στον καθαρισμό παραγόντων μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξυπηρετεί προπτυχιακούς σκοπούς έρευνας και δεν αποτελεί από μόνη της ένα ολοκληρωμένο εργαλείο παρακολούθησης και συλλογής αντικειμένων που προκαλούν ρύπανση των υδάτων(ΥΥ). Οι σημαντικότερες ελλείψεις εντοπίζονται στο ότι δεν έχουν οριστεί λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά των καναλιών επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται και οι συνθήκες ορθής λειτουργίας τους. Επίσης, δεν έχει ακολουθηθεί μια πειραματική διαδικασία

που να αξιολογεί εμπεριστατωμένα το πολυπρακτορικό μας σύστημα παρά μόνο έχουν παρουσιάσει και σχολιαστεί οι δυνατότητες του. Παράλληλα πρέπει να ενσωματωθεί ένα πρωτόκολλο συνεργασίας που θα προβλέπει τους κανόνες για να μπορέσουν οι πράκτορες να καταγράφουν την ίδια περιοχή χωρίς να υπάρχει η πιθανότητα σύγκρουσης μεταξύ τους. Επιπρόσθετα θα πρέπει να βελτιωθούν οι αλγόριθμοι ανίχνευσης ΥΥ και αν δεν προκύψει ένας επικρατέστερος αλγόριθμος, τότε να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο πολυπρακτορικού συστήματος με ετερογενείς πράκτορες που θα έχουν τα ίδια ή διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά και να χρησιμοποιούν όλοι ή κάποιοι πράκτορες τους υποψήφιους προς χρήση αλγορίθμους που έχουν προκύψει. Επιπλέον να γίνουν βελτιώσεις και στο τμήμα της διπλωματικής που αναφέρεται στον προσδιορισμό της κατάστασης των πρακτόρων ως προς την θέση τους. Τέλος να επισημάνουμε πως όλες αυτές οι ελλείψεις αποτελούν ευκαιρία μεταγενέστερων μελετών όπου θα μας δοθεί η ευκαιρία να καλύψουμε όλες τις ελλείψεις καθώς και θα προσδιορίσουμε όλες τις παραμέτρους ώστε να προκύψει μια εργασία που δύναται να υλοποιηθεί.

9 Παράρτημα

9.1 Συντομεύσεις

- ΥΥ : Υλικά και Ύλεις, όπως σκουπίδια που μπορούμε να βρούμε σε υδάτινους ορίζοντες ή πετρέλαιο, λάδια από πλοία κ.λ.π.
- Θ.Κ.Τ. : πληροφορίες για την θέση, κατεύθυνση, ταχύτητα των πρακτόρων.
- Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης(M.A.M.): Είναι ένα σύνολο αισθητήρων που στο τελικό τους αποτέλεσμα είναι ικανό να υπολογίσει την ειδική βαρύτητα και την γωνιακή ταχύτητα ενός αντικειμένου που είναι προσκολλημένη. Συνήθως αποτελείται από τους εξής αισθητήρες: Γυροσκόπιο, Επιταχυνσιόμετρα, Μαγνητόμετρα.
- Μ.Ε.Ε.Ο. : μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα

9.2 Υλικό για καλύτερη κατανόηση

Πράκτορας.

Ένας πράκτορας ή καλύτερα ένας ορθολογικός πράκτορας μπορεί να είναι οτιδήποτε λαμβάνει αποφάσεις, όπως ο άνθρωπος. Εκτελεί ενέργειες με τον πιο ορθό τρόπο που μπορεί να βρει, αξιοποιώντας γνώσεις από το παρελθόν και το παρών. Οι πράκτορες δρουν στο περιβάλλον που βρίσκονται και λαμβάνουν ερεθίσματα από εκείνο ανάλογα τους αισθητήρες που διαθέτουν.

Ένας πράκτορας θεωρείται οτιδήποτε που :

- μπορεί να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων
- και να δρά σε αυτό μέσω μηχανισμών που διαθέτει(ενεργοποιητές).

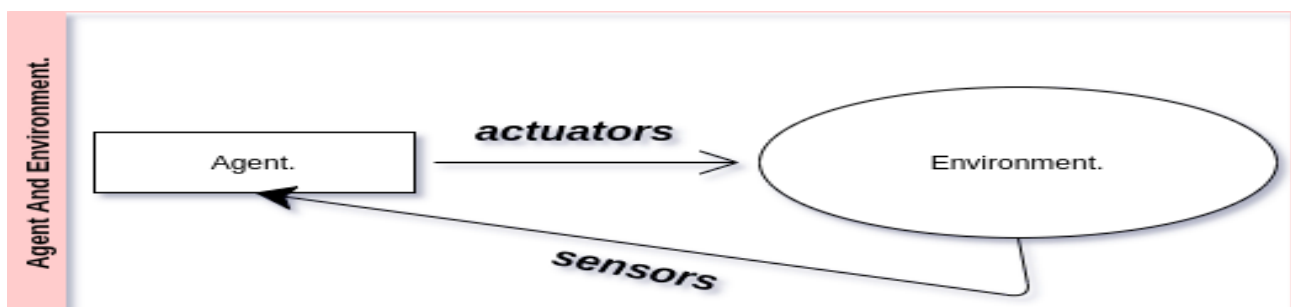


Figure 62: Παράδειγμα από έναν απλό πράκτορα. Προέλευση Εικόνας: Δημιουργήθηκε με το εργαλείο draw.io για τις ανάγκες της πτυχιακής.

Υπάρχουν πολλά είδη πρακτόρων. Παρακάτω παρουσιάζεται η δομή ενός είδους εκ των οποίων που έχει άμεση σχέση με την εργασία μας, αφού οι πράκτορες που αναφέρονται στην εργασία αυτή, ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Η κατηγορία που προαναφέρθηκε φέρει τον χαρακτηρισμό "Πράκτορες Χρησιμότητας". Ονομάζονται έτσι επειδή λαμβάνουν αποφάσεις στηριζόμενοι στην χρησιμότητα που θα έχει ως αντίκτυπο η ενέργεια τους. Και έτσι από μια πλειάδα διαφορετικών πιθανών εναλλακτικών επιλέγουν την πιο "χρήσιμη" με βάση την δικιά τους αντίληψη για την πραγματικότητα και τον δικό τους τρόπο σκέψης. Πολλές φορές παρατηρείται πράκτορες να έχουν διαφορετική νόηση και ως έχουν την ίδια αντίληψη της πραγματικότητας οπότε οδηγούνται σε διαφορετικά αποτελέσματα και ενέργειες.

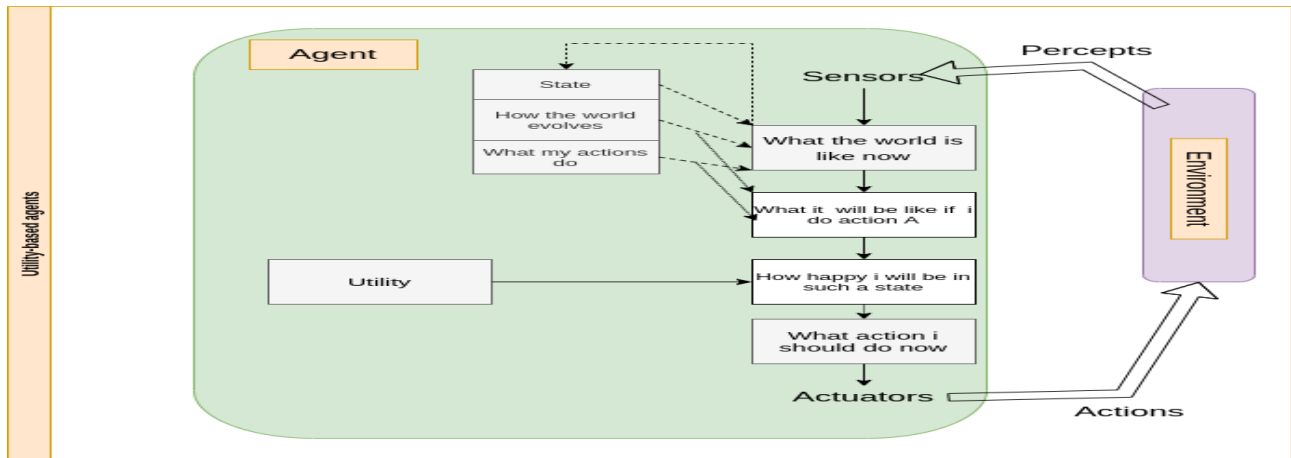


Figure 63: Παράδειγμα λειτουργίας ενός Πράκτορα Χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Δημιουργήθηκε με το εργαλείο draw.io για τις ανάγκες της πτυχιακής.

Σχολιασμού αντικειμένων εντός των εικόνων.

Μια επιπλέον και ίσως η πιο χρονοβόρα διαδικασία που χρειάζεται να επιτευχθεί από τον άνθρωπο για να μπορεί το νευρωνικό να εκπαιδευτεί κατάλληλα στην αναγνώριση αντικειμένων είναι και ο σχολιασμός αντικειμένων εντός των εικόνων. Υπάρχουν διάφορα εργαλεία για τον σχολιασμό, οπότε κρίναμε σκόπιμο την χρήση κάποιων εξ αυτών, παρά την δημιουργία νέων. Στην συγκεκριμένη εργασία κάναμε χρήση του "labelImg",^[27] το οποίο είναι ένα εξαιρετικά απλό αλλά και εύχρηστο εργαλείο για σχολιασμό αντικειμένων εντός των εικόνων.

Στην ουσία ο σχολιασμός(ή επισήμανση δεδομένων), είναι μια μορφή επεξεργασίας εικόνας με σκοπό την εξαγωγή χαρακτηριστικών από τα αντικείμενα ενδιαφέροντος που υπάρχουν μες την εικόνα. Με άλλα λόγια σημειώνουμε με διάφορους τρόπους τα χαρακτηριστικά, όπως σχήμα, των αντικειμένων ενδιαφέροντος σε κάθε εικόνα και για όλα τα αντικείμενα ενδιαφέροντος που υπάρχουν μέσα σε αυτές και με τρόπο που να μην εμπεριέχεται στην επισήμανση άλλο αντικείμενο που δεν μας ενδιαφέρει. Για παράδειγμα, με βάση τα δικό μας σύνολο δεδομένων, σημειώσαμε κάθε Υ.Υ. που υπήρχε στο σύνολο εκπαίδευσης μέσω του εργαλείου labelImg, ώστε να "ξέρουν" τα νευρωνικά τι χαρακτηριστικά να αναζητήσουν ώστε να προσδιορίσουν τα βάρη τους.

Υπάρχουν διάφορα ήδη σχολιασμού, όπως "Bounding boxes", "Polygonal Segmentation", "Semantic Segmentation", "3D cuboids", "Key-Point and Landmark", "Lines and Splines". Που δεν κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω ανάλυση τους, ωστόσο για τις ανάγκες της πτυχιακής, χρησιμοποιήσαμε bounding boxes. Το πλεονέκτημα αυτού του είδους σχολιασμού από τα άλλα είναι η απλότητα του καθώς περιγράφουμε με αυτό τον τρόπο όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την αναγνώριση των αντικειμένων ενδιαφέροντος αλλά και της τοποθεσίας τους μέσα στην

εικόνα, χωρίς να κρατάμε επιπλέον γνώσεις που δεν χρειαζόμαστε όπως για παράδειγμα το σχήμα των Υ.Υ. ή γνωρίσματα του περιβάλλοντος ή εξειδικευμένες λεπτομέρειες σχετικά με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Υ.Υ. ή την κατανομή τους στον χώρο.

Επιπλέον εκτός από τα είδη των σχολιασμών, είναι σκόπιμο να γίνει και αναφορά στην μορφή αποτύπωσης τους. Πιο συγκεκριμένα, κάποιες από τις πιο συνηθισμένες είναι "COCO Format", "Pascal VOC Format", "YOLO Format".

Τέλος για να προκύψουν οι μορφές σχολιασμών που θέλαμε ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία. Αρχικά από το εργαλείο σχολιασμού βγάσαμε τα αποτελέσματα της επισήμανσης των αντικειμένων σε "Pascal VOC" μορφή(γιατί αυτή την δυνατότητα είχε το εργαλείο "labelImg"). Στην συνέχεια χρησιμοποιούμε την ίδια μορφή για την διαδικασία της αύξησης του συνόλου δεδομένων(με κάποιες εξαιρέσεις που το μετατρέπουμε σε "YOLO Format" μορφή) και στην εκπαίδευση των νευρωνικών στον αλγόριθμο "Faster RCNN". Και τελικά το μετασχηματίζαμε σε "YOLO Format" μορφή για να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση των νευρωνικών στον αλγόριθμο "Yolo".

Κατά την καταγραφή εικόνων θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε και τεχνικές αφαίρεσης θορύβου που προτείνονται από OpenCV.

Με την διαδικασία αυτή θεωρήσαμε τον θόρυβο ως ακολουθία παρόμοιας δομής με gaussian. Επομένως, μέση τιμή έχουμε 0. Ένα θορυβώδες εικονοστοιχείο, $p = p_0 + n$ όπου p_0 είναι η πραγματική τιμή του εικονοστοιχείου και n είναι ο θόρυβος σε αυτό το εικονοστοιχείο. Και για να αντιμετωπίσουμε αυτό το φαινόμενο παίρνουμε ένα μεγάλο αριθμό ίδιων εικονοστοιχείων από πολλές εικόνες σε κοντινή χρονική στιγμή και υπολογίζουμε τον μέσο όρο του συγκεκριμένου εικονοστοιχείου. Στην συνέχεια τον αφαιρούμε και το αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι πολύ κοντά στο $p = p_0$.

Τι είναι κουτί ή περιοχή αγκύρωσης ή πλαίσια αγκύρωσης ή στην συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται η έννοια αυτή ως κουτί ή τετράγωνο προσδιορισμού όταν δεν αναφέρεται στο τελικό αποτέλεσμα εξόδου του νευρωνικού.

Όταν χρησιμοποιούμε τα νευρωνικά που αναφέραμε στην πτυχιακή μας, στην πραγματικότητα γίνονται πάρα πολλές προβλέψεις (όταν έχουμε πολλές κατηγορίες αντικειμένων) αλλά εμείς βλέπουμε μόνο αυες που αποφάσισε ότι δείχνουν το αντικείμενο ενδιαφέροντος.

Τα πλαίσια αγκύρωσης("anchor boxes") είναι ένα σύνολο προκαθορισμένων πλαισίων οριοθέτησης συγκεκριμένου ύψους και πλάτους. Αυτά τα πλαίσια συνήθως δημιουργούνται κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης του νευρωνικού από το σύνολο εικόνων που θα του δώσουμε και χρησιμοποιούνται για να ελέξουν αν υπάρχουν αντικείμενα ενδιαφέροντος με βάση την αναλογία των αντικειμένων σε σχέση με την κλίμακα της εικόνας. Το δίκτυο επίσης με διάφορους μετασχηματισμούς όπως την μετατόπιση αυτών των πλαισίων, την διασταύρωση παρόμοιου φόντου την περιστροφή των πλαισίων καθώς και άλλων διαδικασιών προβλέπει τις πιθανότητες να είναι αντικείμενα ενδιαφέροντος και αν ναι ποιας κατηγορίας με την βοήθεια συναρτήσεων όπως IoU που έχουμε αναφέρει και παραπάνω στην πτυχιακή. Με άλλα λόγια μπορούμε να ισχυριστούμε πως τα πλαίσια αγκύρωσης είναι αρχικές αντιληψεις για τα τελικά κουτιά προσδιορισμού αντικειμένων ενδιαφέροντος.

Και για να οπτικοποιήσουμε καλύτερα τα προαναφερθέντα, μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα από πλαίσια αγκύρωσης που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης, γνωρίζοντας ότι θέλουμε να κάνουμε ανίχνευση πλοίου και αεροπλάνου.

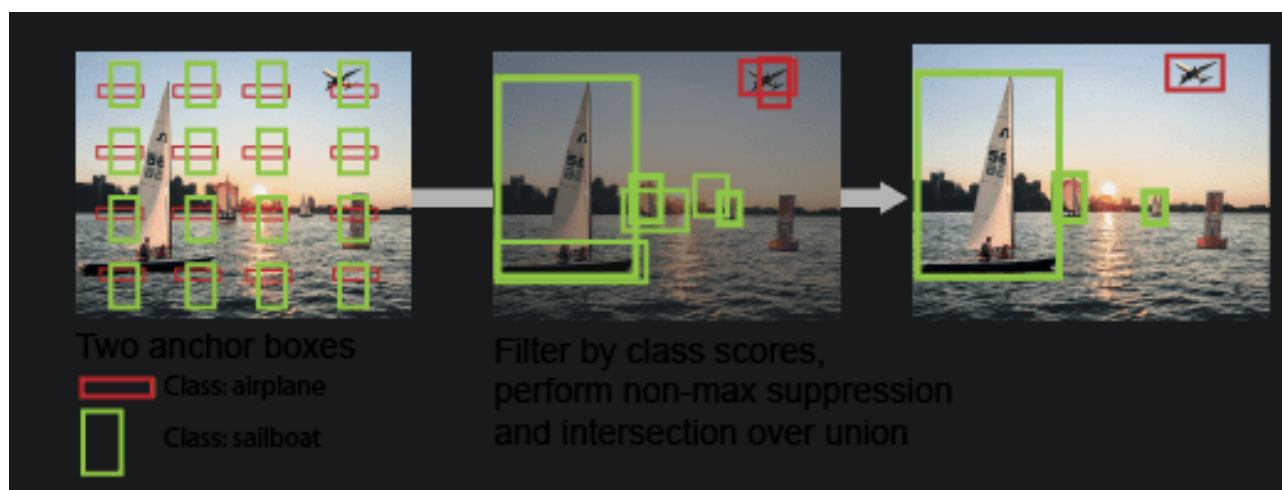


Figure 64: Παράδειγμα από πλαίσια αγκύρωσης που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης Εικόνες: [Mathworks](#).^[41]

Επεξήγηση τεχνικών προσαύξησης συνόλου δεδομένων.^{[47][48]}

Οι τεχνικές που χρησιμοποιήσαμε προήλθαν αυτούσιοι ή υπό την εφαρμογή αλλαγών από την βιβλιοθήκη: “Albumentations”^{[47][48]}.

Τέλος, μια επιπλέον τεχνική που δημιουργήσαμε και αποδείχθηκε εξαιρετικά χρήσιμη ήταν η δημιουργία Υ.Υ. σε περιβάλλον που επιθυμούμε. Με άλλα λόγια, αυτή η τεχνική παίρνει Υ.Υ., τα επεξεργάζεται και τα ενσωματώνει με κατάλληλο τρόπο σε περιοχές φυσικού περιβάλλοντος που θα μπορούσαν να βρεθούν (όπως θάλασσα). Με αυτό τον τρόπο μεγαλώσαμε αρκετά το σύνολο δεδομένων μας και από ότι παρατηρήσαμε ακόμη και με μικρό αρχικό σύνολο και την εφαρμογή αυτής την τεχνική το νευρωνικό έβγαλε εξαιρετικά ποιοτικά αποτελέσματα. Το δοκιμάσαμε συγκριτικά με την μη εφαρμογή της τεχνικής αυτής και τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Ορίζεται ως “Rubbish Generation”.

Σχέση για την εκτίμηση της ενεργειακής και χρηματικής κατανάλωσης των πρακτόρων.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα η ενεργειακή κατανάλωση δίνεται σε μονάδες κιλο-βατώρας από τον τύπο $(Watt/1000) * (s/3600)$ και η χρηματική αξία κατανάλωσης δίνεται σε μονάδες Ευρώ με τον τύπο $0.190Euro/KWh * Energy$, για αυτό και παρουσιάζει ανάλογη σχέση η χρηματική κατανάλωση με την ενεργειακή. Το 0.19 αναφέρεται σε δεδομένα Ελλάδας. Και έχουμε την δυνατότητα να προσομοιώσουμε τις καταναλώσεις αυτές με την χρήση δύο υπολογιστικών συστημάτων. Ένα είναι μια βασική έκδοση για να λειτουργούν ικανοποιητικά οι πράκτορες και η δεύτερη είναι πιο ισχυρό υπολογιστικό σύστημα. Στην παρούσα εργασία εμείς προσομοιώσαμε το σύστημα μας θεωρώντας πως οι πράκτορες έχουν την βασική υπολογιστική έκδοση.

```

Estimate Energy Consumption

Standard PC:
-----
Dual-Core CPU          65
Motherboard, Intel Chipset  20
2 Hard Drives          20
Drive + Burner         20
2 Memory Modules       86
-----
Total Power            137

Upgraded PC:
-----
Overclocked Quad-Core CPU 130
Motherboard, Nvidia Chipset 60
4 Hard Drives             40
Driver + Burner           20
4 Memory Modules          12
-----
Total Power            262

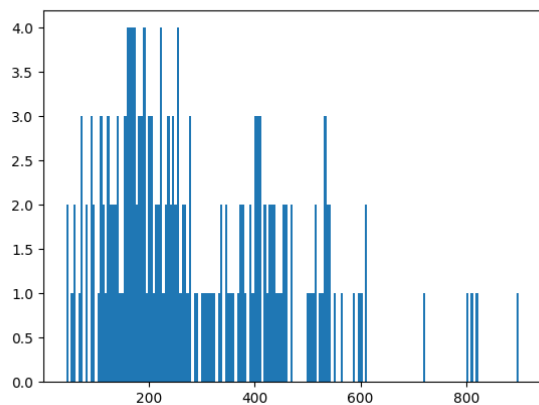
Energy Formula: (Watt / 1000) * (s / 3600) = KWh
Price Formula at Greece: 0.190 Euro/KWh * Energy KWh

def estimate_energyConsumption(execTime, standard_pc_usage_in_watt=137, extreme_pc_usage_in_watt=262,
                               price_per_KWh=0.190):
    try:
        energy_consumed_standard = execTime * standard_pc_usage_in_watt / (1000 * 3600)
        energy_consumed_extreme = execTime * extreme_pc_usage_in_watt / (1000 * 3600)
        return energy_consumed_standard, energy_consumed_extreme, energy_consumed_standard * price_per_KWh, energy_consumed_extreme * price_per_KWh
    except:
        writeError("\nESTIMATE ENERGY CONSUMPTION error")

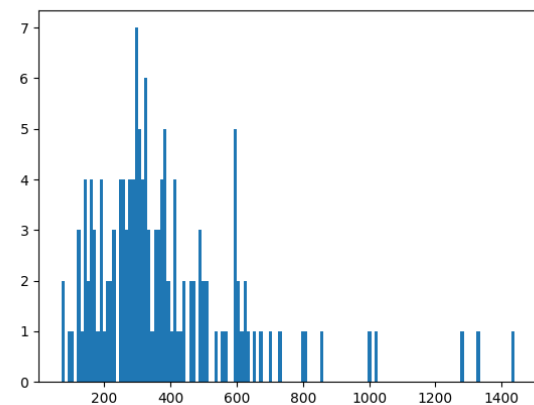
```

Figure 65: Συνάρτηση για την εκτίμηση της ενεργειακής και χρηματικής κατανάλωσης των πρακτόρων. Εικόνας: Από τον κώδικα της εργασίας.

Ιστογράμματα που παρουσιάζουν την ποικιλία του πλάτους και μήκους των εικόνων του συνόλου δεδομένων.



(a) Ιστόγραμμα πλάτους.

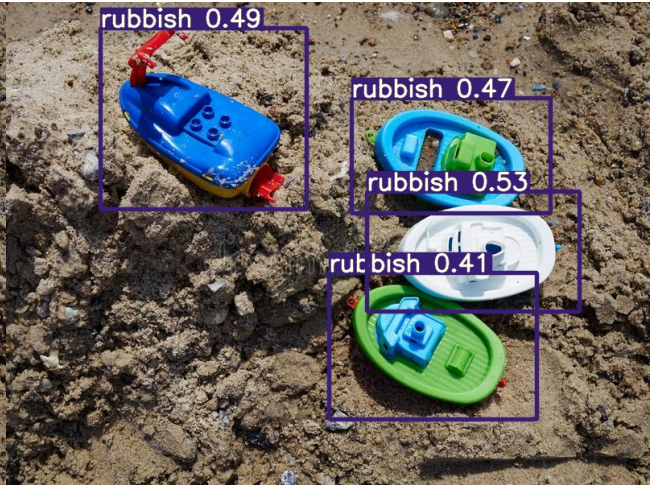


(b) Ιστόγραμμα μήκους.

Παραδείγματα εικόνων που έγιναν ανίχνευση από τον αλγόριθμο Yolo με τα βάρη που φέρουν την κωδική ονομασία 7(τα αναλύσαμε στην ενότητα "Αξιολόγηση των αλγορίθμων ανίχνευσης εικόνας").



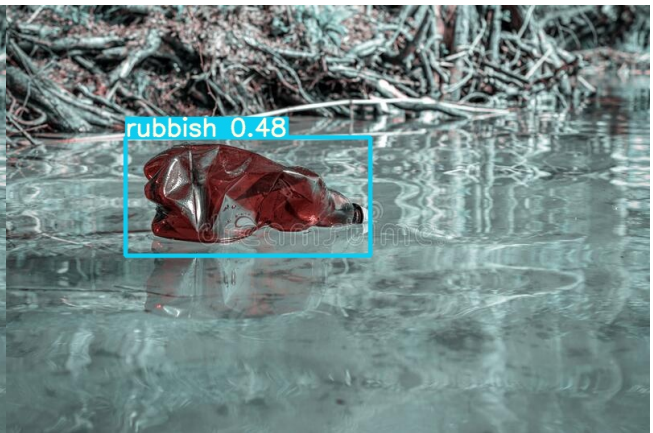
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



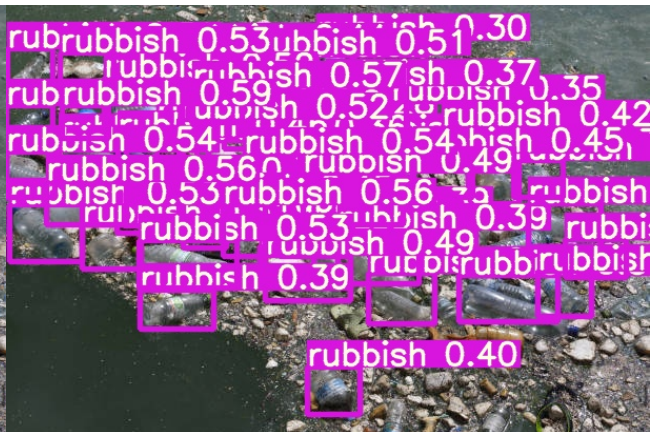
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



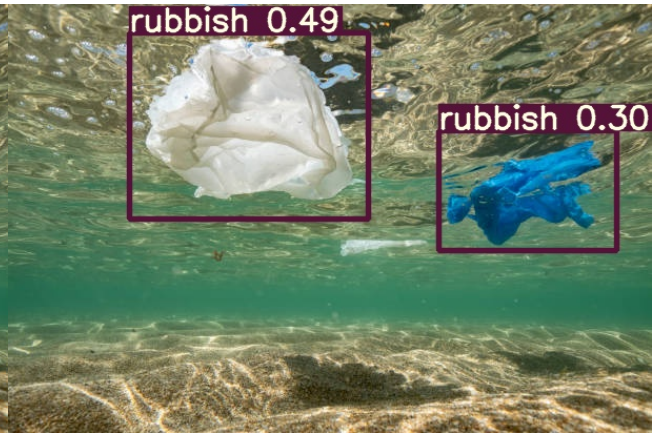
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



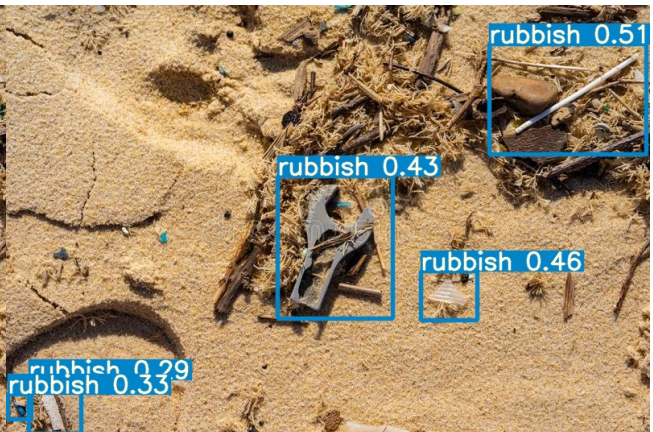
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.

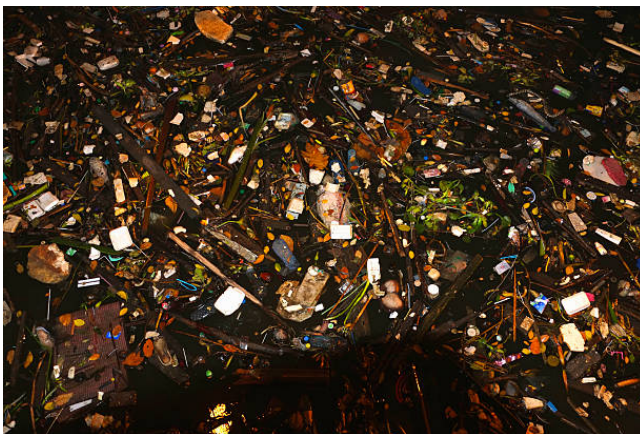
Ακολουθούν παραδείγματα τα οποία έχουν ενδιαφέρον είτε επειδή έγινε πολύ καλή προσπάθεια, είτε επειδή δεν ανιχνεύτηκαν εσφαλμένες αντιστοιχίσεις αντικειμένων ενδιαφέροντος, είτε επειδή έγιναν λάθος στην ανίχνευση αυτών.



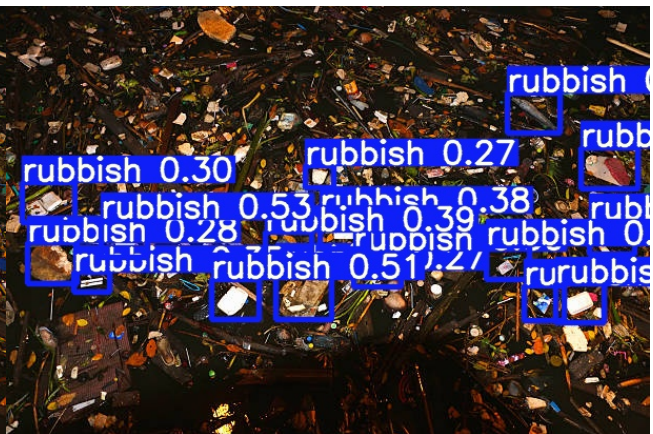
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



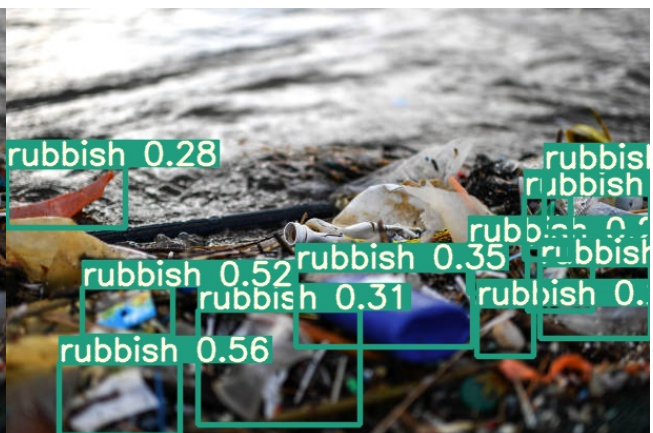
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



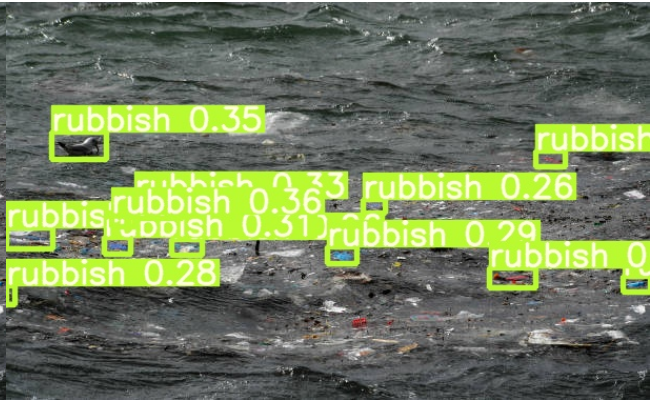
(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.



(a) Αρχική εικόνα.



(b) Αποτέλεσμα αλγορίθμου ανίχνευσης.

Επεξήγηση φαινομένου Doppler.

Το φαινόμενο Doppler συμβαίνει όταν η πηγή που παράγει κύματα κινείται σε σχέση με τον παρατηρητή. Στην περίπτωση την δικιά μας το radar εκπέμπει ακτίνα αντανακλάται πάνω στους πράκτορες και επιστρέφει πίσω στον radar. Όταν παρατηρείται το φαινόμενο αυτό η μετρούμενη συχνότητα του κύματος αυτού έχει μετατοπιστεί ως προς την συχνότητα του. Από την αντίστοιχη που είχε όταν έγινε η εκπομπή του από την πηγή. Και από το αν μειώθηκε η συχνότητα ή αυξήθηκε μπορούμε να καταλάβουμε αν το αντικείμενο που παρακολουθούμε(πράκτορας), έρχεται ή απομακρύνεται από το radar αντίστοιχα.

	Βαθμός Συμβολής Στην Ανίχνευση Εικόνων			
	< 30%	> 30% & < 50%	> 50% & < 80%	> 80%
Ομάδες Δεδομένων Για Εκπαίδευση	AquaTrash-master*			✓
	CDs***	✓		
	Egg Boxes***	✓		
	Food Containers***	✓		
	Hard Plastic Mesh***	✓		
	Marine Pollution**			✓
	Party Cup***		✓	
	Plastic Bag***			✓
	Water Bottle***			✓
	Rubbish and Oil**	✓		
	Rubbish From Drone**			✓
	Sea Rubbish**			✓
	Taco-master*			✓
	Coffee Cup***		✓	
	Water Pollution**			✓
	Hat***	✓		
	Liquid Container***	✓		
	Oil and Petrol Images**	✓		
	Plastic Fork Spoon***	✓		
	Rope***	✓		

Shoes***	✓			
Slippers***	✓			
Trashnet-master*				✓

Table 18: Βαθμός συμβολής των ομάδων δεδομένων στην ανίχνευση αντικειμένων ενδιαφέροντος.

* έτοιμο υποσύνολο δεδομένων: Το λάβαμε έτοιμο από εργασίες που υπήρχαν διαθέσιμες διαδικτυακά(συνήθως σε ημιτελή μορφή οπότε συνεχίσαμε την διαδικασία “σχολιασμού αντικειμένων εντός των εικόνων” 9.2).

** αμιγές Υ.Υ.: Είναι σκουπίδια σε υδάτινο περιβάλλον οπότε χρειάζονται μια απλή επεξεργασία, όπως μεθόδους για να έχουν όλες οι εικόνες τις ίδιες διαστάσεις, μεθόδους για να αφαιρέσουμε τον θόρυβο από τις εικόνες, μεθόδους εφαρμογής ίδιων συνθηκών φωτισμού, μεθόδους για να αφαιρέσουμε χαρακτηριστικά που δεν ανήκουν στην εικόνα.

*** από Pacific Data Hub: Είναι σκουπίδια που δεν βρίσκονται στο περιβάλλον που θέλουμε ούτε στην μορφή που θέλουμε αλλά είναι χρήσιμα γιατί απαντώνται σε υδάτινα πεδία.

Τα δεδομένα του πίνακα 9.2 προήλθαν από πειραματισμούς δίνοντας στο νευρωνικό σαν είσοδο τις παραπάνω ομάδες και παρατηρώντας τα αποτελέσματα ανίχνευσης τους ως προς το σύνολο τελικού ελέγχου, συνθήκη ελέγχου που την θεωρούσαμε βασική και αναγκαία για την αξιοπιστία των ευρημάτων της ανίχνευσης Υ.Υ(φάκελος “TestImages”).

Όπως παρατηρούμε τα αμιγή σύνολα δεδομένων δίνουν εμφανώς ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Επίσης, τα πιο συνήθη αντικείμενα που προκαλούν μόλυνση των υδάτων, παρέχουν και αυτά εξίσου βοηθητικά αποτελέσματα. Και τέλος, όλα τα υπόλοιπα ανάλογα τον βαθμό που απαντώνται στο περιβάλλον, συμβάλλουν κατά ένα ποσοστό.

Καταστολή μη μέγιστων τιμών.



Figure 88: Παράδειγμα εισόδου εικόνας στην διαδικασία καταστολής μη μέγιστων τιμών. Προέλευση Εικόνας:YOLO — You Only Look Once(A State of the Art Algorithm for Real-Time Object Detection System)^[43]

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε την έξοδο του νευρωνικού από το πέρασμα της εικόνας μέσα από το οποίο έχουν σχηματιστεί κάποια πλαίσια προσδιορισμού αντικειμένου τα οποία φέρουν κάποια γνωρίσματα. Επομένως στο σημείο αυτό γίνεται εφαρμογή της διαδικασίας καταστολής μη μέγιστων τιμών προκειμένου να απαλλαγούμε από μέρος αυτών.

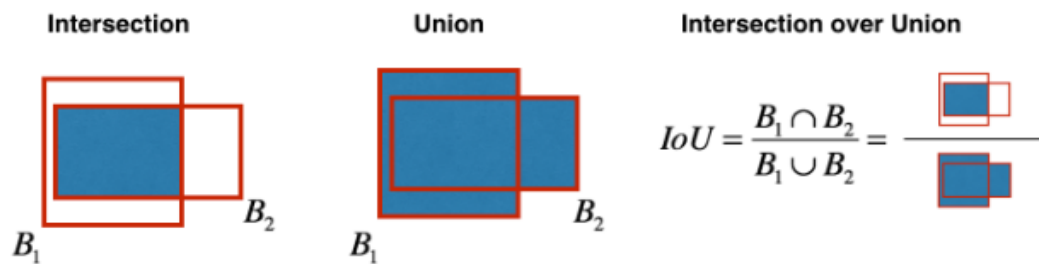


Figure 89: Ορισμός σχέσης IoU. Προέλευση Εικόνας: [YOLO — You Only Look Once \(A State of the Art Algorithm for Real-Time Object Detection System\)](#)^[43]

Νευρωνικά Αλγόριθμοι Yolo.

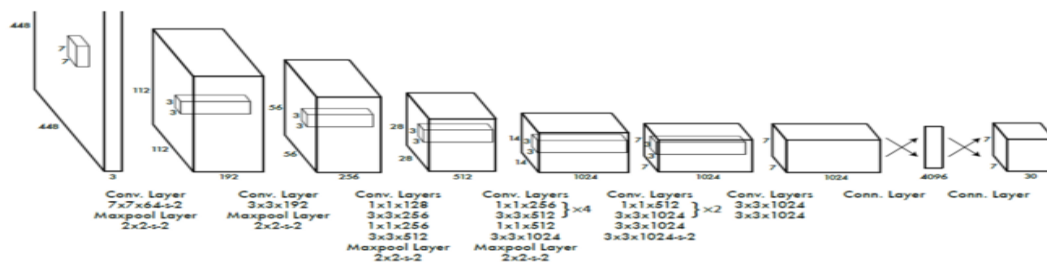


Figure 90: Παράδειγμα δομής νευρωνικού του αλγορίθμου Yolo. Προέλευση Εικόνας: [You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection](#)^[44]. Μια ενδεικτική μορφή νευρωνικού που μπορεί να έχει ο Yolo αλγόριθμος.

Πιο αναλυτικά τα ονόματα και οι διαφορές των τριών αρχιτεκτονικών δικτύων με τις οποίες πειραματιστήκαμε είναι οι παρακάτω:

- yolo3-tiny.cfg χρησιμοποιεί downsampling (stride=2) στα Max-Pooling layers
- yolo3.cfg χρησιμοποιεί downsampling (stride=2) στα Convolutional layers
- yolo3-spp.cfg χρησιμοποιεί downsampling (stride=2) στα Convolutional layers και συνεχίζει παίρνοντας τα καλύτερα χαρακτηριστικά από τα Max-Pooling layers

Διεπαφή-Εργαλείο επιπλέον επεξεργασίας γραφικών προσομοίωσης.



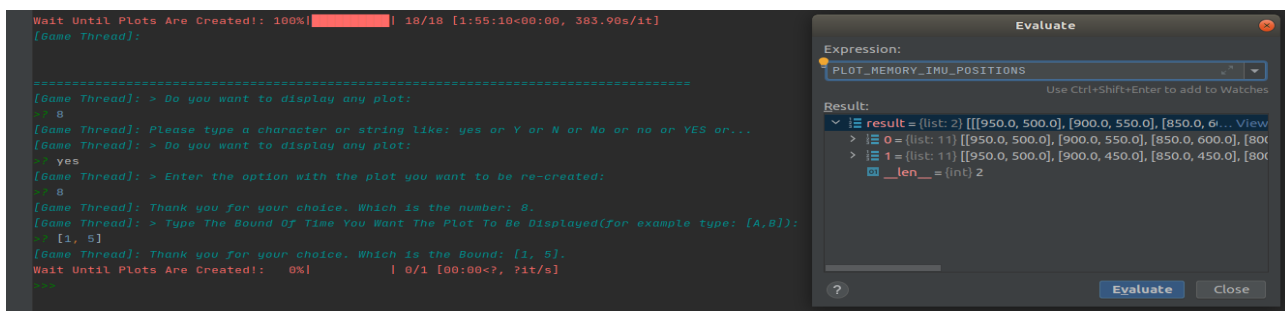


Figure 91: Στιγμιότυπο του εργαλείου επεξεργασίας των γραφικών της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Φαίνεται το τέλος της διαδικασίας δημιουργίας γραφικών και ένα παράδειγμα χρήσης της διεπαφής. Επίσης εμφανίζεται ένα παράθυρο που είναι εκτός της διεπαφής αλλά εξηγεί το διάνυσμα [1, 5] που δώσαμε σαν είσοδο. Αντί για αυτό το διάνυσμα μπορούμε να βάλουμε οποιοδήποτε ανήκει ανάμεσα στο μηδέν και το μήκος της γραφικής που σχεδιάστηκε. Για το μήκος της οποίας μπορούμε να πληροφορηθούμε από το αρχείο "maccos_statisticsInfoLogFile.txt" στο τέλος τους.

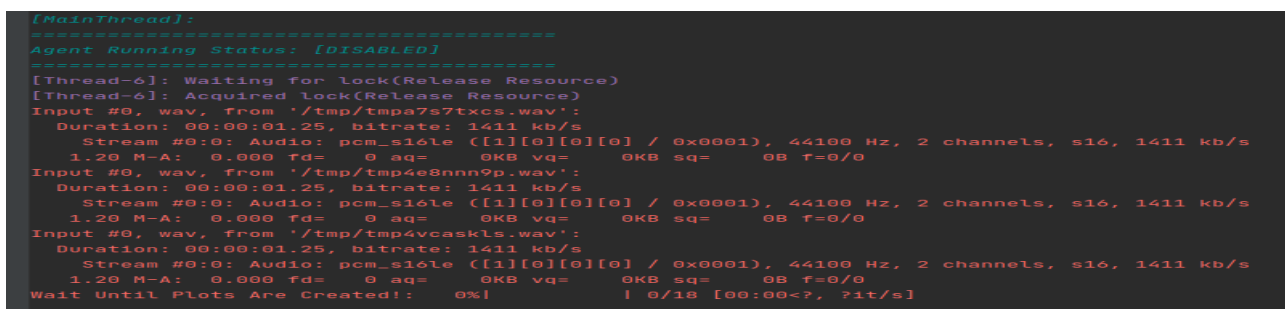


Figure 92: Στιγμιότυπο που σηματοδοτεί το πέρας της προσομοίωσης και την αρχή δημιουργίας γραφικών. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Τα κείμενα με πράσινο και μοβ χρώμα δείχνουν μηνύματα από το περιβάλλον προσομοίωσης, ενώ τα κόκκινα δείχνουν την εκτέλεση ηχητικών εντολών με σκοπό την ειδοποίηση της αρχής δημιουργίας γραφικών και θα ξανά επαναληφθούν όταν τελειώσει η διαδικασία δημιουργίας τους. Επίσης στην τελευταία γραμμή της παραπάνω εικόνας φαίνεται και το μήνυμα "Wait Until Plots Are Created" συνδυασμένο με μια γραφική ποσοστιαία μπάρα που δείχνει την εξέλιξη της δημιουργίας των γραφικών.

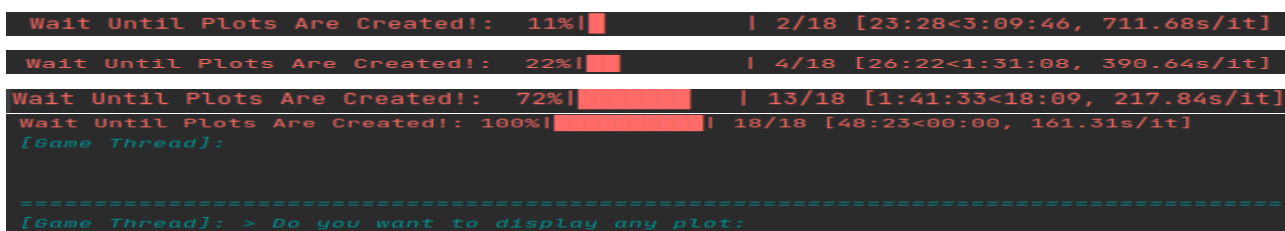


Figure 93: Στιγμιότυπο που αναπαριστά την εξέλιξη δημιουργίας των γραφικών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



```
Agent:0Filename:/home/maccos/simulationUAVs/agent.py and line number:988
=====
-EXECUTE TASK TIME: Time:75 SCAN SUCCESS Agent[0].
-VISION TASK TIME: Time:46 SCAN SUCCESS Agent[0].
-COMMUNICATION TASK TIME: Time:5 SCAN SUCCESS Agent[0].
-SENSOR TASK TIME: Time:47 SCAN SUCCESS Agent[0].
-EXECUTE TASK MEMORY USAGE: Time:37 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT BATTERY: Time:76 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT WEIGHT: Time:37 SCAN SUCCESS Agent[0].
-ALGO WEIGHT: Time:37 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT MEMORY RADAR POSITIONS: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT MEMORY IMU POSITIONS: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT MEMORY IMU VELOCITIES: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT KalmanFilter Locations: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT KalmanFilter Distances: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT KalmanFilter DepositDistance: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT Measurement Locations: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT Measurement DepositDistance: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT VERTICAL LINES FOR UTILITY: Time:77 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT CHANNEL BUFFER: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-AGENT SHIP CHANNEL BUFFER: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[0].
-EXECUTE TASK TIME: Time:76 SCAN SUCCESS Agent[1].
-VISION TASK TIME: Time:47 SCAN SUCCESS Agent[1].
-COMMUNICATION TASK TIME: Time:47 SCAN SUCCESS Agent[1].
-SENSOR TASK TIME: Time:48 SCAN SUCCESS Agent[1].
-EXECUTE TASK MEMORY USAGE: Time:37 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT BATTERY: Time:76 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT WEIGHT: Time:38 SCAN SUCCESS Agent[1].
-ALGO WEIGHT: Time:38 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT MEMORY RADAR POSITIONS: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT MEMORY IMU POSITIONS: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT MEMORY IMU VELOCITIES: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT KalmanFilter Locations: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT KalmanFilter Distances: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT KalmanFilter DepositDistance: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT Measurement Locations: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT Measurement DepositDistance: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT VERTICAL LINES FOR UTILITY: Time:76 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT CHANNEL BUFFER: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
-AGENT SHIP CHANNEL BUFFER: Time:9 SCAN SUCCESS Agent[1].
```

Figure 94: Στιγμιότυπο από τα δεδομένα του αρχείου "PlotStatisticsInfo.txt". Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περισσότερες πληροφορίες για την εξιστόρηση της ιστορίας της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην παρακάτω εικόνα⁹⁵ οι πράκτορες στην αρχή στέλνουν ένα μήνυμα της μορφής "AGENT_DECISION: AGENT:0: GAME TURN:0: AGENT_DECISION :None". Αυτό το μήνυμα ενημερώνει το πλοίο αλλά και τους πράκτορες ότι η διαδικασία συνεχίζει όπως έπρεπε. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το μήνυμα στάλθηκε από τον πράκτορα 0 και ενημερώνει πως η απόφαση που πήρε είναι να συνεχίσει την διαδικασία ανίχνευσης μεταβαίνοντας στον επόμενο κόμβο της διαδρομής που του αναλογεί. Το "GAME TURN" σηματοδοτεί μια ψεύτο-μεταβλητή χρόνου της προσομοίωσης. Μετά από τα μηνύματα με το περιεχόμενο "None" ως πληροφορία απόφασης, ακολουθούν μηνύματα με μορφή πληροφορίας "1:ALL DONE!AGENT[1]COMING TO>0>[1050.0, 450.0]:0". Για αυτά τα μηνύματα έχουμε εξηγήσει τα χαρακτηριστικά της μορφής τους. Σε αυτή την ενότητα θα επικεντρωθούμε στο περιεχόμενο τους. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε ένα μήνυμα που ειδοποιεί πως ο πράκτορας 1 πηγαίνει στον 0 που βρίσκεται στην θέση [1050, 450]. Ο λόγος που αφήνει ο 1 την διαδρομή του και πηγαίνει προς την θέση του 0 είναι επειδή ο 0 βρήκε ΥΥ και ο 1 πηγαίνει για να το επαληθεύσει. Αφού ο 1 μεταβεί στην τοποθεσία που φαίνεται στα μηνύματα παρατηρούμε μια σειρά από μηνύματα άλλη μορφής ως προς την πληροφορία τους. Τα μηνύματα αυτά έχουν μορφή πληροφορίας "0:ALL DONE!SCAN_SCAN_TOGETHER ON AGENTS[0] ROUTE— >CONTINUE_ROUTE—POSITION>[1050.0, 450.0]:1" και ειδοποιούν πως ο πράκτορας 0 στέλνει στον 1 ειδοποίηση να ανιχνεύσουν μαζί τις υπόλοιπες περιοχές που αναλογούν στον 0. Ο πράκτορας 1 απαντάει με περιεχόμενο μηνύματος "None" αν θέλει να επιστρέψει στην πορεία της δικής του διαδρομής, αλλιώς στέλνει μήνυμα παρόμοιας μορφής πληροφορίας με την παραπάνω αλλά αντί για "CONTINUE_ROUTE—POSITION" στέλνει "FOLLOW_FIRST_DETECTOR-POSITION". Και με αυτό το μήνυμα ο 1 εννοεί πως θα ακολουθήσει την πορεία του πράκτορα που βρήκε την περιοχή με τα ΥΥ που πήγε να βοηθήσει για επανέλεγχο. Τέλος μόλις ο πράκτορας 0 εξετάσει όλη του την διαδρομή, μεταβαίνει στην διαδρομή του 1 για επανέλεγχο. Και έτσι επαληθεύεται ένα από τα καθολικά πρωτόκολλα περί επικαλύψεως περιονής του πιο κοντινού τους πράκτορα.

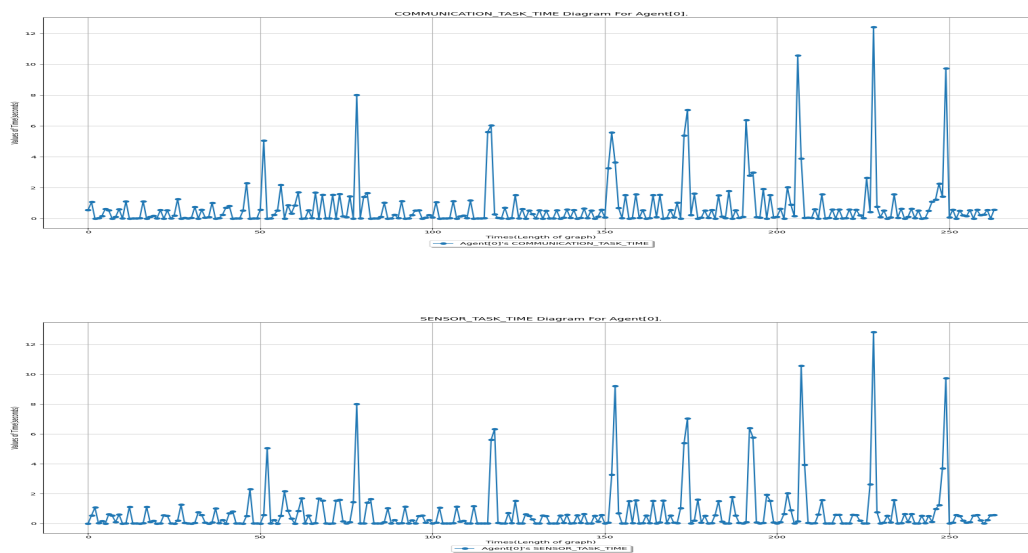
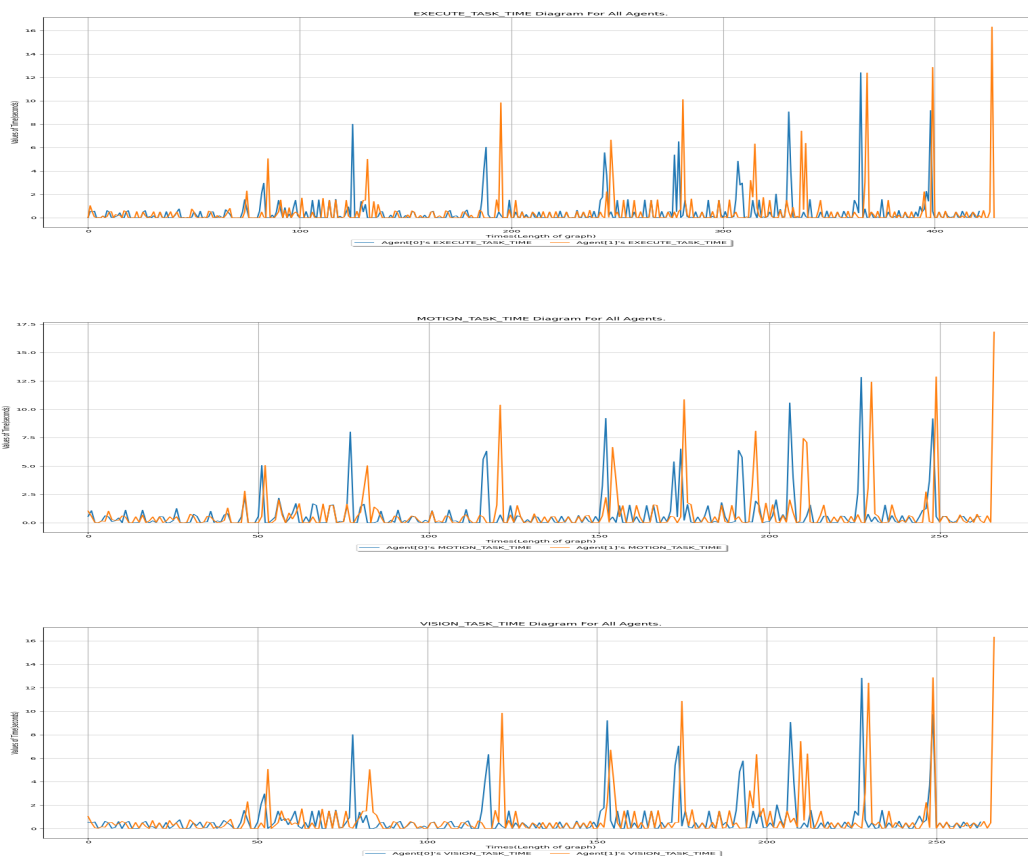


Figure 97: Χρονικές ακολουθίες πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



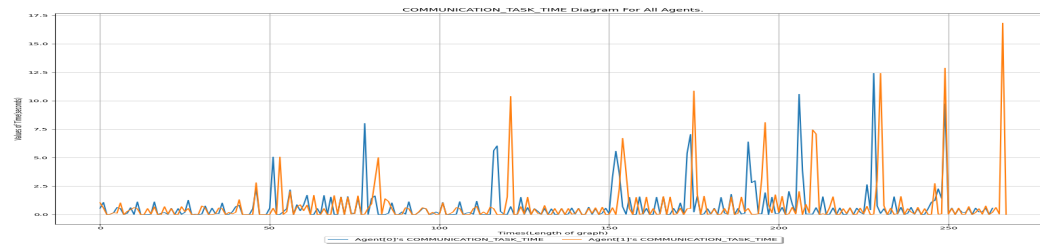


Figure 98: Συγκριτικά αποτελέσματα χρονικών ακολουθιών των πρακτόρων της περίπτωσης 9 της προσομοίωσης.
 Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης

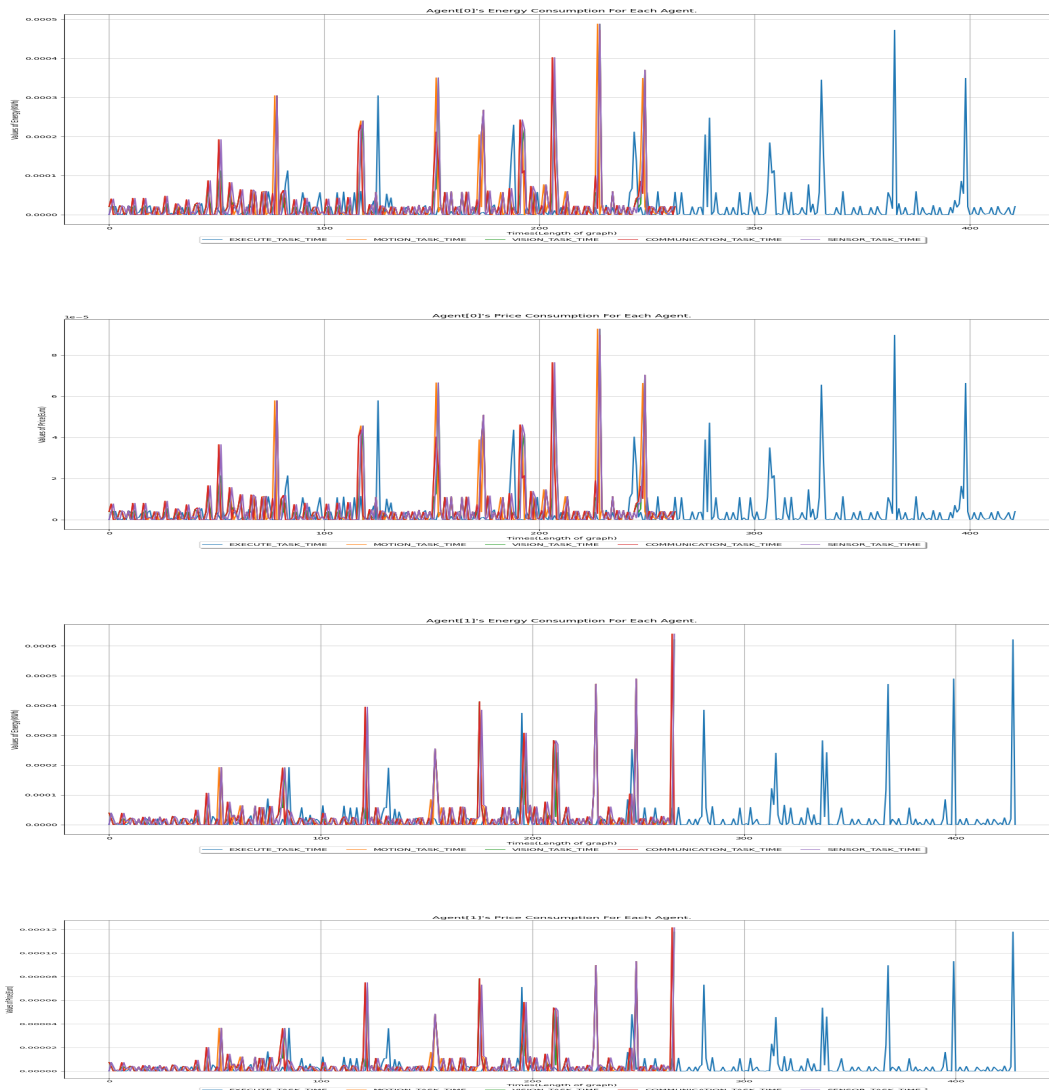
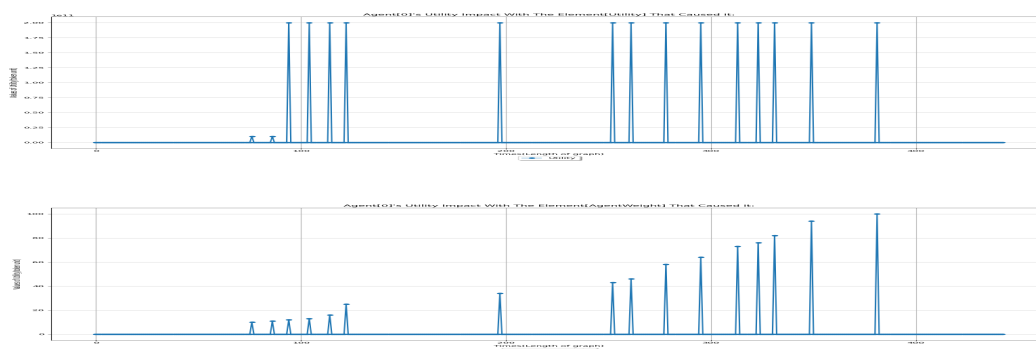


Figure 99: Στιγμιότυπα διαγραμμάτων κατανάλωσης ενέργειας και κόστους για όλες τις διεργασίες του πράκτορα 0. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



Figure 100: Στιγμιότυπα διαγραμμάτων κατανάλωσης ενέργειας και κόστους για κάθε μία ξεχωριστή διεργασία όλων των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



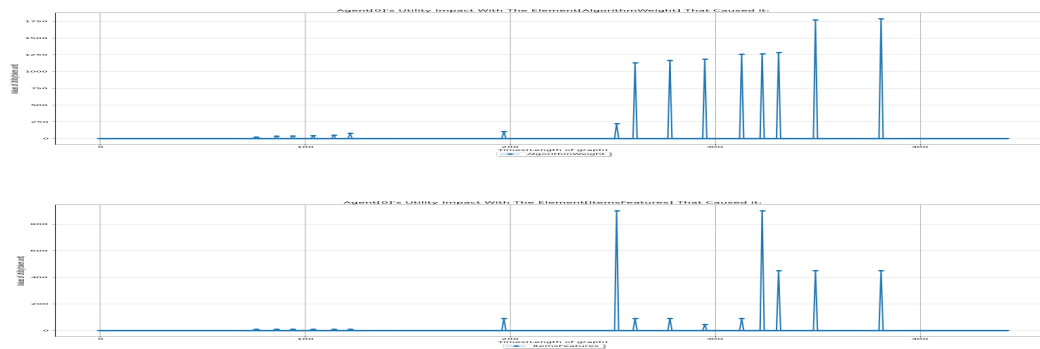


Figure 101: Διαγράμματα αξιολόγησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

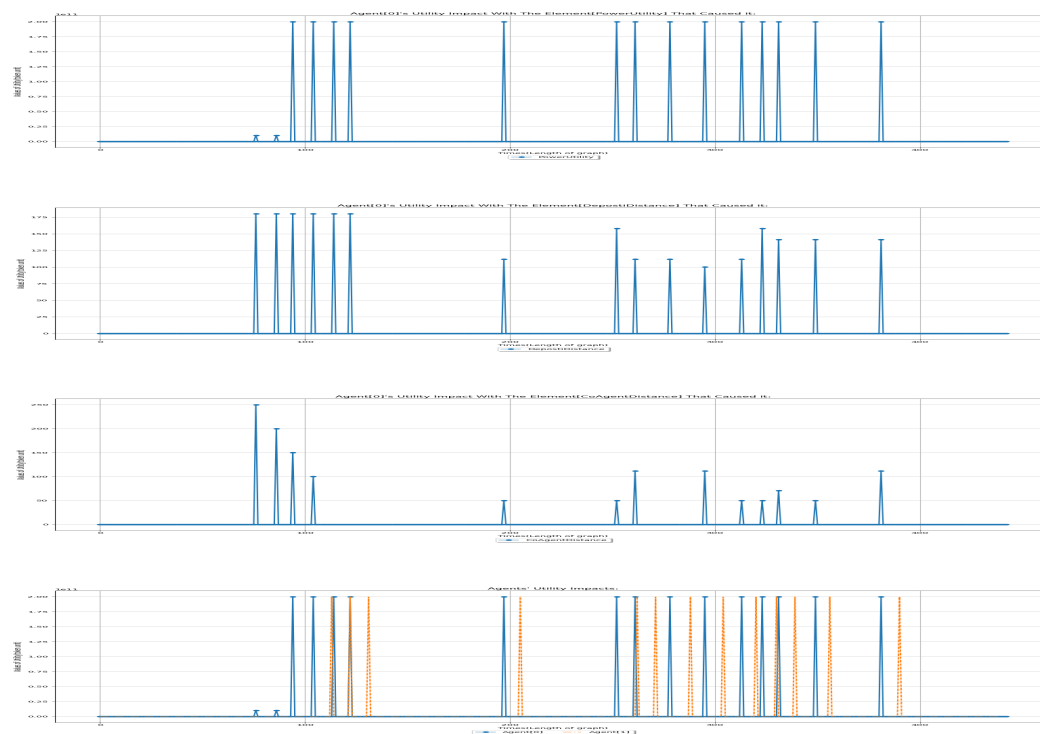


Figure 102: Διαγράμματα αξιολόγησης χρησιμότητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περισσότερες πληροφορίες για την περίπτωση 19 της προσομοίωσης.

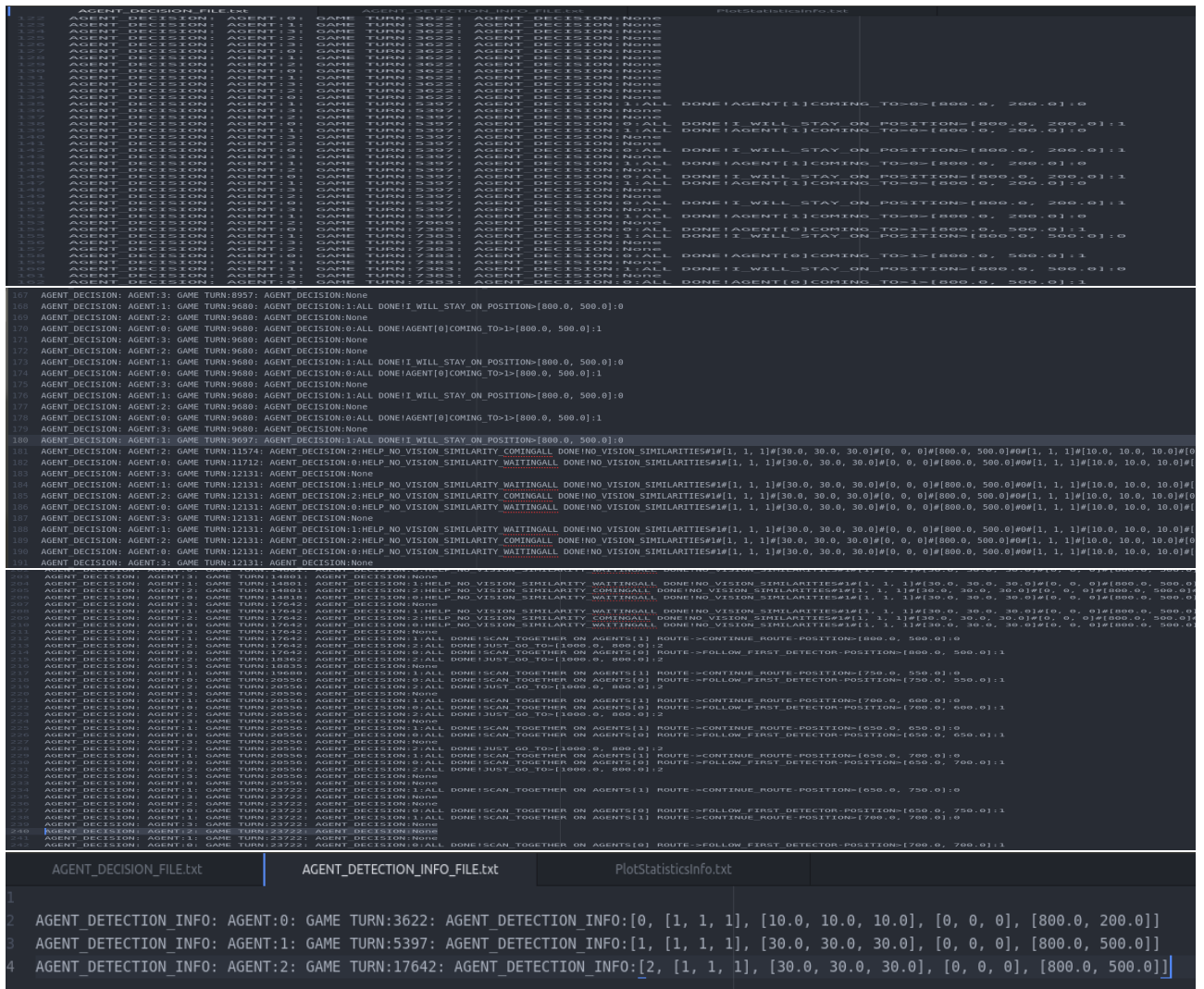


Figure 103: Αναπαράσταση εικόνων περιγραφής της διαδικασίας επίλυσης του προβλήματος της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

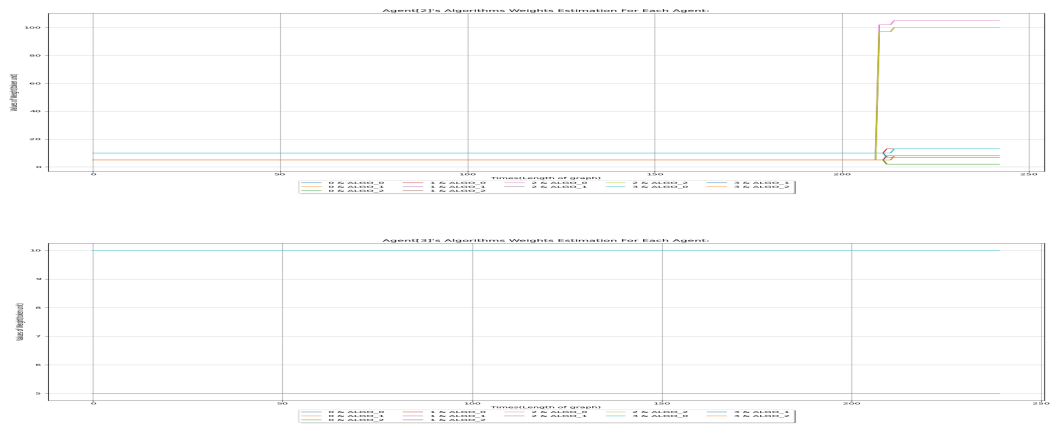


Figure 104: Διαγράμματα αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων της περίπτωσης 19 της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

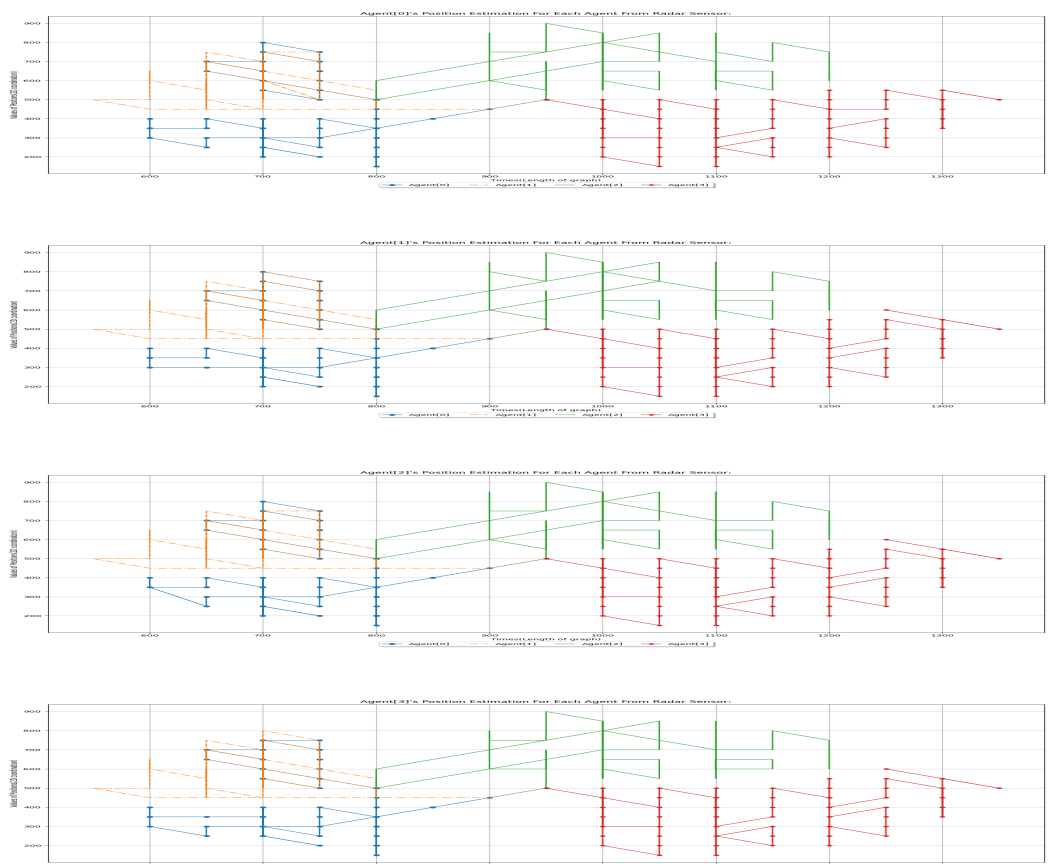


Figure 105: Διαγράμματα αναπαράστασης των εκτιμήσεων θέσης των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



Figure 106: Διαγράμματα εκτίμησης ταχύτητας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περισσότερες πληροφορίες για την περίπτωση 25 της προσομοίωσης.

Επιβεβαίωση της περίπτωσης 25 από το περιβάλλον προσομοίωσης. Την περίπτωση 25 μπορούμε να την επιβεβαιώσουμε μέσω της προσομοίωσης από την 107. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη υποεικόνα της 107 φαίνεται πριν την γραμμή 156 οι πράκτορες να ακολουθούν την διαδρομή τους. Στην συνέχεια μετά την γραμμή 156 μέχρι την 188 ο πράκτορας 0 βρίσκει ΥΥ και καλεί τον 1 να τον βοηθήσει. Αυτός πηγαίνει αλλά καταλήγουν σε ασυμφωνία την χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στην γραμμή 188. Συνεχίζουμε στην δεύτερη υποεικόνα που φαίνεται να συνεργάζονται οι πράκτορες 0,1,2 με σκοπό να λύσουν το πρόβλημα της ασυμφωνίας. Στην γραμμή 195 φαίνεται ο πράκτορας 3 να χρειάζεται τον 2. Ο 2 με την σειρά του τον ειδοποιεί πως έχει πάει να βοηθήσει τους 0,1 και θα έρθει μετά. Ο 3 του απαντάει ότι τον περιμένει. Στην τρίτη υποεικόνα και στην γραμμή 229, ο πράκτορας 2 τελείωσε με την βοήθεια των 0,1 και ειδοποιεί τον 3 ότι έρχεται. Κατά την διάρκεια που συνεργάζονται οι 2,3 παρατηρούμε οι 0,1 να στέλνουν μηνύματα για να μετακινηθούν μαζί. Και στην γραμμή 261, ο πράκτορας 2 έφτασε στην τοποθεσία του 3 και αποφασίζουν να μετακινηθούν και αυτοί μαζί. Τέλος, στην τέταρτη υποεικόνα παρατηρούμε τα ΥΥ που ανιχνεύτηκαν καθώς και τα χαρακτηριστικά τους.

Περιγραφή του διαγράμματος κατανάλωσης μνήμης από τους πράκτορες.



Αρχίζουμε με την εικόνα 108. Μέχρι την στιγμή 123 όλοι οι πράκτορες κάνουν ίδια χρήση μνήμης. Την στιγμή όμως αυτή, που ζητάνε οι πράκτορες 0,1 βοήθεια για ασυμφωνία ΥΥ, παρατηρούμε τον πράκτορα 1 να κάνει μεγαλύτερη χρήση μνήμης από ότι οι υπόλοιποι. Και την στιγμή 125 που δέχεται ο πράκτορας 2 να βοηθήσει παρατηρούμε πως χρησιμοποιεί και αυτός παραπάνω μνήμη.

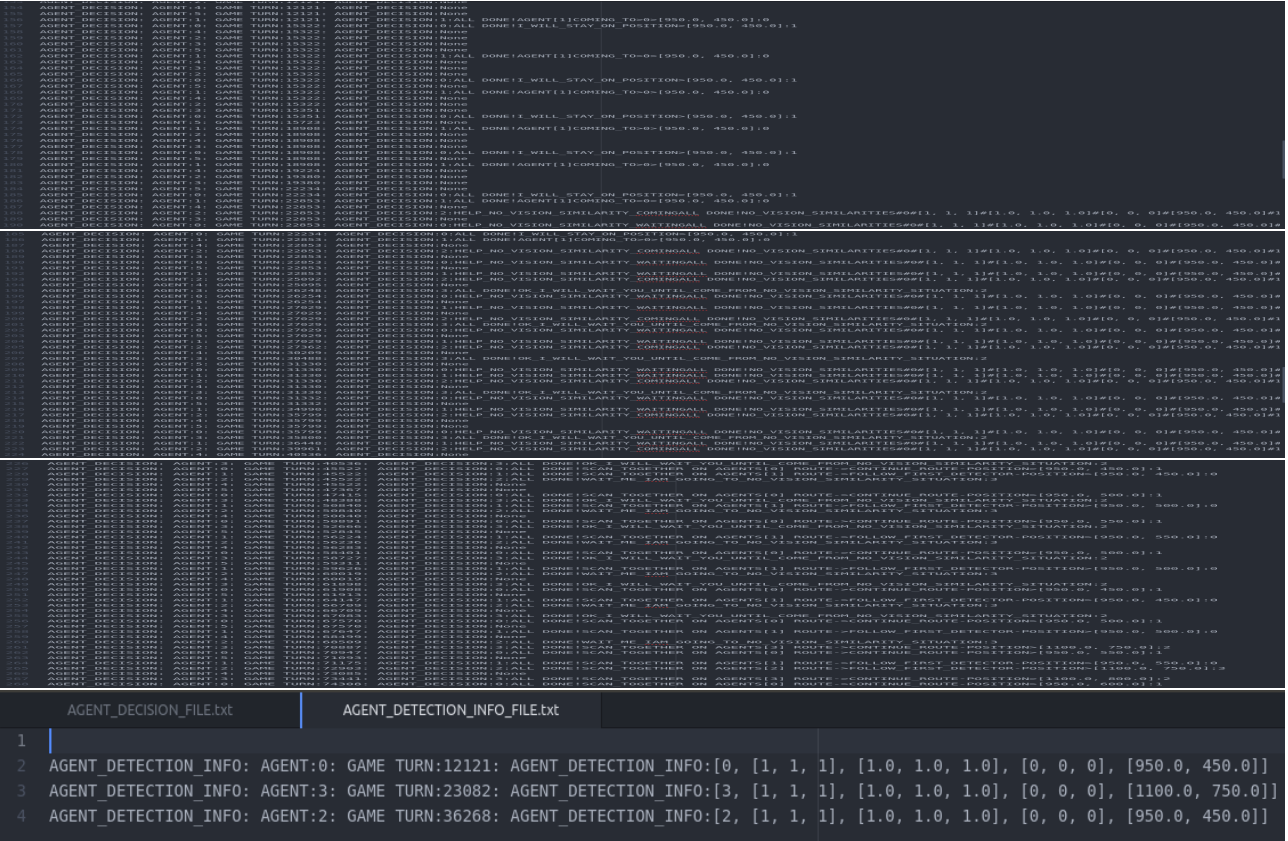


Figure 107: Εικόνες περιγραφής της επίλυσης του προβλήματος της περίπτωσης 25 από το πολυπράκτορικό σύστημα. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

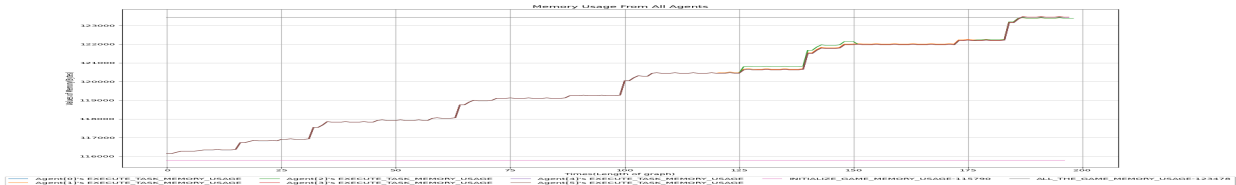


Figure 108: Διάγραμμα κατανάλωσης μνήμης από τους πράκτορες. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



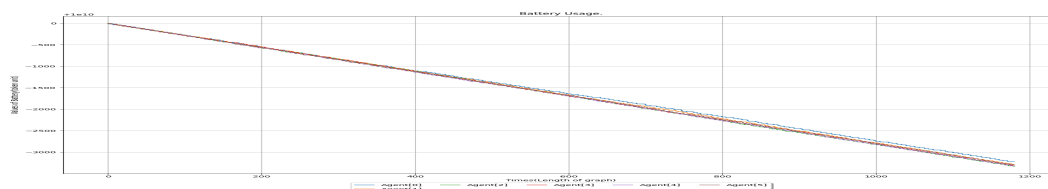


Figure 109: Διάγραμμα καταναλώσεων ενεργειακού αποθέματος. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περιγραφή του διαγράμματος κατανάλωσης ενεργειακού αποθέματος. Στην εικόνα 109 παρατηρούμε πως μέχρι την στιγμή 614 δεν συμβαίνει κάποιο ιδιαίτερο γεγονός(οι πρακτορες ακολουθούν την διαδρομή τους). Επομένως, λογικό είναι μέχρι εκείνη την στιγμή να μην υπάρχουν μεγάλες διαφορές χρήσης του ενεργειακού αποθέματος μεταξύ των πρακτόρων. Την στιγμή 614 και μετά ωστόσο παρατηρούμε αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης του ενεργειακού αποθέματος από όλους τους πράκτορες εκτός του 0. Επίσης ο πράκτορας 2 παρουσιάζει μεγαλύτερη κατανάλωση. Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξάγουμε είναι πως ο πράκτορας 0 που αναλαμβάνει έναν πιο οργανωτικό ρόλο στην συνεργασία, δεν κάνει περιττές κινήσεις άρα λιγότερες καταναλώσεις και ο πράκτορας 2 που χρειάζεται να βοηθήσει τους 0,1 κάνει μεγαλύτερες δαπάνες. Επίσης και ο πράκτορας 1 φαίνεται να μειώνεται πιο αργά από τους υπόλοιπους σε αρκετές στιγμές και οφείλεται στην λειτουργία του σε αυτή την περίπτωση της προσομοίωσης. Όπως για παράδειγμα, πολλές φορές αποφασίζει να μην μετακινηθεί και να μείνει ακίνητος περιμένοντας κάποιον πράκτορα.

Περιγραφή των διαγραμμάτων αξιολόγησης πρακτόρων. Όπως έχουμε ξανά αναφέρει, στις παρακάτω γραφικές αξίζει να παρατηρήσουμε τον τρόπο απονομής της εκτίμησης των πρακτόρων σχετικά με τους υπόλοιπους και να μην σταθούμε στα ποσοστά κλιμάκωσης και αποκλιμάκωσης αφού ανάλογα τις παραμέτρους που χρησιμοποιούμε στην εξίσωση αξιολόγησης θα προκύψουν οι ανάλογες αλλαγές. Στην παρακάτω εικόνα 110 παρατηρούμε στο πρώτο διάγραμμα, που είναι η αξιολόγηση των πρακτόρων από τον 0, πως μέχρι την στιγμή 99 όλοι οι πράκτορες έχουν τιμή ίδια με την αρχικοποίησή τους. Την στιγμή εκείνη, που συμβαίνει η ανίχνευση ΥΥ, παρατηρείται αύξηση της εκτίμησης του πράκτορα 0. Στην συνέχεια την στιγμή 101 πραγματοποιείται συνεργασία των 0,1 οπότε έχουμε κλιμακώσεις των τιμών αξιολόγησης για αυτούς τους πράκτορες. Αυτό συμβαίνει μέχρι την στιγμή 143, που ο πράκτορας 2 βγάζει αποτελέσματα για την επίλυση του ζητήματος ασυμφωνίας ανίχνευσης ΥΥ. Την στιγμή αυτή παρατηρείται αύξηση της αξιοπιστίας του πράκτορα 0 και μείωση του 1. Ωστόσο όπως μπορούμε να δούμε οι παράμετροι που χρησιμοποιούμε για την απονομή αξιοπιστίας είναι πολύ ευνοϊκοί στην ασυμφωνία ΥΥ κάτι που το αλλάξαμε. Και τέλος την στιγμή 160 παρατηρούμε ξανά αύξηση της αξιοπιστίας των 0,1 επειδή αποφασίζουν να μετακινούνται μαζί.

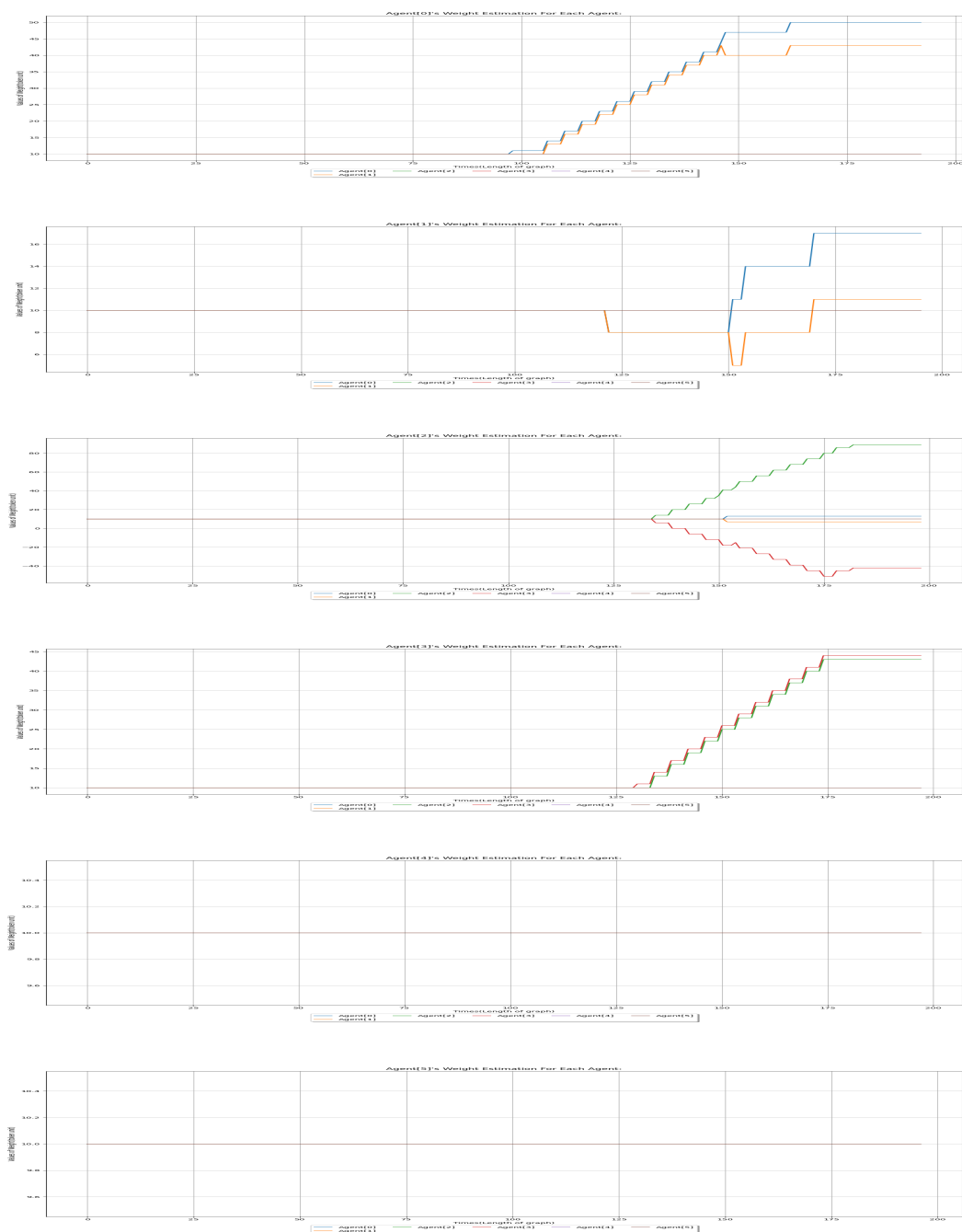


Figure 110: Διαγράμματα αξιολόγησης πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Στο σημείο αυτό θα αναλύσουμε το δεύτερο διάγραμμα της παραπάνω εικόνας ¹¹⁰. Παρατηρούμε πως μέχρι την χρονική στιγμή 123 όλοι οι πράκτορες έχουν τιμή ίση με την αρχικοποίηση τους. Εκείνη την στιγμή καλούν τον πράκτορα 2 να έρθει για βοήθεια. Αυτό έχει ως συνέπεια να μειωθεί η τιμή αξιοπιστίας των πρακτόρων 0,1, διότι θεωρείται πως δυσχεραίνουν το έργο του πράκτορα 2. Την επόμενη στιγμή η τιμή μένει σταθερή μέχρι την χρονική στιγμή 150 που ο πράκτορας 2 εξάγει τα αποτελέσματα για την δική του ανίχνευση της περιοχής που έγινε ασυμφωνία των χαρακτηριστικών των ΥΥ. Αυτό που παρατηρούμε εκείνη την στιγμή είναι ο πράκτορας 0 να ανταμοιβείται ενώ ο 1 να τιμωρείται. Και στην συνέχεια υπάρχει συνεργασία αυτών των πρακτόρων οπότε φαίνεται

κλιμάκωση των τιμών εκτίμησης.

Στο τρίτο διάγραμμα της εικόνας 110, φαίνεται η αξιολόγηση του πράκτορα 2 για όλους τους πράκτορες του συστήματος. Μέχρι την στιγμή 130 όλοι οι πράκτορες έχουν την τιμή αρχικοποίησης τους. Την στιγμή αυτή ο πράκτορας 3 ανιχνεύει περιοχή με ΥΥ. Καλεί τον πράκτορα 2 να επιβεβαιώσει την περιοχή. Αυτό για τον πράκτορα 2 σημαίνει πως μετά την βοήθεια των 0,1 θα πρέπει να μεταβεί στην τοποθεσία του 3 και μετά να συνεχίσει το έργο του. Επίσης ο πράκτορας 3 αντί να συνεχίσει να ανιχνεύει περιοχές τώρα θα κάτσει να περιμένει τον πράκτορα 2. Επομένως, ο πράκτορας 2 τιμωρεί σε εκείνο το σημείο τον 3 (ποσοτική αξιολόγηση διαγράμματος, το ποσοστό αξιολόγησης που φαίνεται δεν είναι αντιπροσωπευτικό) και δίνει μείωση στην τιμή εκτίμησης του. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι την χρονική στιγμή 176 που επιβεβαιώνεται η περιοχή ύπαρξης ΥΥ που είχε βρεί ο πράκτορας 3 και συμφωνούν για μετακίνηση από κοινού. Αυτό φέρει αύξηση της εκτίμησης των 2,3. Τέλος την στιγμή 151 αποφασίζουν οι πράκτορες 0,1 να μετακινηθούν μαζί και αυξάνεται η αξιολόγηση τους για μια χρονική στιγμή (μετά μένει σταθερή). Στην συνέχεια στο τέταρτο διάγραμμα της παραπάνω εικόνας ¹¹⁰, παρατηρούμε όλους τους πράκτορες να έχουν την αρχικοποιημένη τους τιμή και την χρονική στιγμή 127, ο πράκτορας 3 ανιχνεύει περιοχή με ΥΥ. Την επόμενη χρονική στιγμή ενημερώνει τον πράκτορα 2. Ο πράκτορας 2 παρόλο που είδαμε στο προηγούμενο διάγραμμα πως τον δυσαρεστεί το γεγονός να βοηθήσει τον 3 μετά από την εξυπηρέτηση των 0,1, συναινεί και ενημερώνει τον πράκτορα 3 πως θα έρθει μετά την εξυπηρέτηση των 0,1. Επομένως, όπως μπορούμε να περιμένουμε αλλά και φαίνεται ο 3 το αξιολογεί θετικά και ανεβάζει την τιμή εκτίμησης του πράκτορα 2. Έτσι έχουμε μιας μορφής κλιμάκωσης που συναντάμε ανάλογη στην συνεργασία πρακτόρων (Υπενθύμιση: Τα ποσοστά κλιμάκωσης θα αλλάξουν. Στο σημείο αυτό της πτυχιακής παρατηρούμε την συμπεριφορά των γραφικών και όχι ποιοτική ανάλυση τους).

Τέλος, όπως είναι αναμενόμενο, οι πράκτορες 4,5 δεν συνέβαλλαν πουθενά στην περίπτωση αυτή της προσομοίωσης οπότε έχουν την ίδια αρχικοποιημένη τιμή αξιολόγησης για όλους τους πράκτορες. Τα διαγράμματα τους φαίνονται στην εικόνα ¹¹⁰.

Περιγραφή των διαγραμμάτων αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων. Οι λόγοι κλιμάκωσης και αποκλιμάκωσης των διαγραμμάτων της εικόνας ¹¹¹ συμβαίνουν για τους ίδιους λόγους που συνέβησαν στα διαγράμματα με την αξιολόγηση πρακτόρων ¹¹⁰. Όπως παρατηρούμε στο πρώτο διάγραμμα της εικόνας ¹¹¹, ο πράκτορας 0 ανιχνεύει περιοχή με ΥΥ την χρονική στιγμή 99. Επομένως, αυτό αντιστοιχεί σε μια κλιμάκωση της αξιοπιστίας των αλγορίθμων που συνέβαλλαν στην ανίχνευση. Με άλλα λόγια φαίνεται αύξηση των τιμών αξιολόγησης των αλγορίθμων 0,1,2 του πράκτορα 0. Την στιγμή 102 και ύστερα παρατηρείται μια σταθερή κλιμάκωση τιμών των αλγορίθμων ανίχνευσης που χρησιμοποιούν οι 0,1 πράκτορες, κατά τακτά χρονικά διαστήματα με ίδιο ρυθμό που οφείλεται στην συνεργασία των 0,1. Πιο συγκεκριμένα ο πράκτορας 0 παραμένει στην περιοχή με τα ΥΥ και ο πράκτορας 1 έρχεται για να ελέγξει. Η χρονική στιγμή 144 έρχεται να αλλάξει αυτή την κλιμάκωση με σταθερό ρυθμό αφού εκείνη την στιγμή παρατηρείται μια κορυφή και ύστερα μια περίοδος σταθερότητας τιμών. Αυτό συμβαίνει επειδή την στιγμή 144, οι πράκτορες 0,1 καταλήγουν σε ασυμφωνία ΥΥ. Τέλος την στιγμή 164 λύνεται το ζήτημα με την ασυμφωνία και αποφασίζουν οι πράκτορες 0,1 να μετακινούνται μαζί, για αυτό παρατηρείται και μια επιπλέον κλιμάκωση διάρκειας μιας χρονικής στιγμής.

Στο δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 111 φαίνεται να έχουν όλοι οι αλγόριθμοι ανίχνευσης των πρακτόρων την αρχικοποιημένη τους τιμή μέχρι την χρονική στιγμή 123. Την χρονική στιγμή αυτή οι πράκτορες 0,1 καταλήγουν σε ασυμφωνία για τα χαρακτηριστικά των ΥΥ που ανίχνευαν στην ίδια περιοχή. Όπως παρατηρούμε ο πράκτορας 1 θεωρεί αρνητικό το γεγονός αυτό και για



τον ίδιο αλλά και για τον πράκτορα 0, οπότε μειώνει τις τιμές των αλγορίθμων τους. Στην συνέχεια υπάρχει σταθερότητα σε όλες τις τιμές των αλγορίθμων μέχρι την στιγμή 150 που ο πράκτορας 2 έβγαλε πόρισμα περί των χαρακτηριστικών των ΥΥ που υπήρχε η ασυμφωνία και εκείνη την στιγμή φαίνεται οι τιμές των αλγορίθμων ανίχνευσης του πράκτορα 1 να μειώνονται ενώ του πράκτορα 0 να αυξάνονται. Και αυτό συμβαίνει επειδή είχε δίκιο ο πράκτορας 0. Στην συνέχεια αποφασίζουν να μετακινηθούν μαζί και αυτό μεταφράζεται ως μια κλιμάκωση διάρκειας μιας χρονικής στιγμής για τους αλγορίθμους των πρακτόρων 0,1.

Στο τρίτο διάγραμμα ¹¹¹, παρατηρούμε την χρονική στιγμή 128 να ανιχνεύει ο πράκτορας 3 περιοχή με ΥΥ. Καλεί οπότε τον πράκτορα 2 να έρθει για βοήθεια επαλήθευσης. Αυτός κατευθύνεται στην περιοχή που βρίσκονται οι πράκτορες 0,1 για την βοήθεια στο ζήτημα ασυμφωνίας χαρακτηριστικών ΥΥ. Επομένως, ο πράκτορας 2 βαθμολογεί αρνητικά τους αλγορίθμους του πράκτορα 3. Την χρονική στιγμή 149 επιλύει το ζήτημα της ασυμφωνίας, οπότε βαθμολογείται θετικά και την χρονική στιγμή 151 συνάπτει συμφωνία με τον πράκτορα 3 για να τον περιμένει, ώστε να τον βοηθήσει στον επανέλεγχο ΥΥ. Αυτή την στιγμή παρατηρούμε αύξηση στους αλγορίθμους του πράκτορα 2 καθώς και του 3 που είχε μια καθοδική πορεία μέχρι εκείνο το σημείο. Στον πράκτορα 2 οι τιμές αξιολόγησης παραμένουν σταθερές στους επόμενους χρόνους ενώ για τον 3 ξανα συνεχίζεται η καθοδική πορεία. Αυτή η συμπεριφορά των γραφικών μέχρι την στιγμή 176 που πήγε ο πράκτορας 2 στην τοποθεσία του 3, έγινε επανέλεγχος, υπήρχε συμφωνία περί χαρακτηριστικών των ΥΥ που βρέθηκαν και στον επόμενο χρόνο συμφώνησαν για μετακίνηση από κοινού. Τέλος την στιγμή 151 παρατηρούμε την αξιολόγηση των αλγορίθμων των πρακτόρων 0,1 με βάση το ποιος είχε δίκιο και ποιος άδικο στην ασυμφωνία.

Στο τέταρτο διάγραμμα έχουμε τον πράκτορα 3 να θεωρεί θετικό την προσπάθεια του πράκτορα 2 να τον βοηθήσει στον επανέλεγχο περιοχής, οπότε τον ανταμοίβει. Και επειδή θεωρεί πως βρίσκονται σε συνεργασία μέχρι να έρθει, συνεχίζει να τον ανταμείβει και μέχρι την χρονική στιγμή 176. Επίσης καθόλη αυτή την διάρκεια αξιολογεί θετικά και τους αλγορίθμους του ίδιου αφού θεωρεί πως κάνει κάτι ουσιαστικό στο να εντοπιστούν περισσότερα ΥΥ και δεν θεωρεί ότι παρακωλύει το έργο του πράκτορα 2.

Τέλος τόσο το πέμπτο διάγραμμα όσο και έκτο της εικόνας ¹¹¹, παραμένουν όλες οι τιμές των αλγορίθμων ανίχνευσης στην αρχικοποιημένη τιμή τους. Αυτό είναι λογικό αφού δεν συνεργάστηκαν με κανέναν πράκτορα οπότε δεν δικαιούνται να εκφέρουν άποψη για τον έργο τους.

Περιγραφή λοιπών διαγραμμάτων. Στο σημείο αυτό της πτυχιακής θα παρουσιάσουμε κάποιες κατηγορίες διαγραμμάτων στην ίδια εικόνα ¹¹². Ο λόγος που δεν χρειάζεται να περιγράψουμε πολλά διαγράμματα από τις ίδιες κατηγορίες είναι επειδή έχουν αναφερθεί πρωτύτερα, στην πτυχιακή, οι διαφορές τους και παρακάτω θα γίνει λεπτομερέστατη σύγκριση. Το πρώτο διάγραμμα αναφέρεται στις θέσεις των πρακτόρων από την οπτική του πράκτορα 2. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε είναι καλά διασκορπισμένες οι περιοχές που επισκέφτηκαν και φαίνονται και οι περιοχές που έχουν επισκεφτεί λόγο συνεργασίας.

Το δεύτερο διάγραμμα αναπαριστά την προσπάθεια του αλγορίθμου Kalman Filter για τον προσδιορισμό των θέσεων των πρακτόρων σε συνδυασμό με τις μετρήσεις των συντεταγμένων των θέσεων από τον ευριστικό αλγόριθμο τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στο πέμπτο διάγραμμα της ίδιας εικόνας ¹¹². Αυτό που παρατηρούμε είναι πως δεν διαφέρουν αισθητά οι δύο αλγόριθμοι. Ωστόσο για να το επαληθεύσουμε καλύτερα θα κοιτάξουμε τα διαγράμματα τρία και τέσσερα της εικόνας αυτής ¹¹². Τα διαγράμματα αυτά περιγράφουν τις αποστάσεις των θέσεων που προέκυψαν από τους αλγορίθμους μας συγκριτικά με τις πραγματικές θέσεις των πρακτόρων.

Αρχικά στο τρίτο διάγραμμα φαίνεται το λάθος στους προσδιορισμούς που έδωσε ο αλγόριθμος





TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE

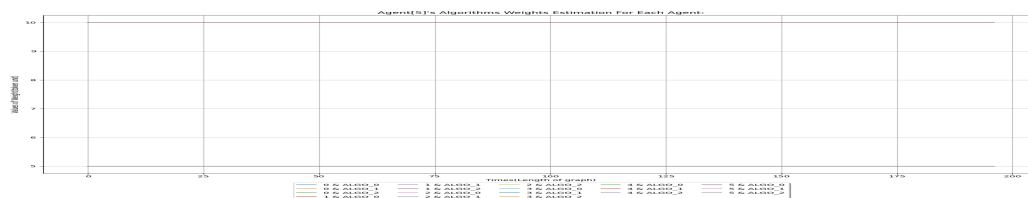


Figure 111: Διαγράμματα αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

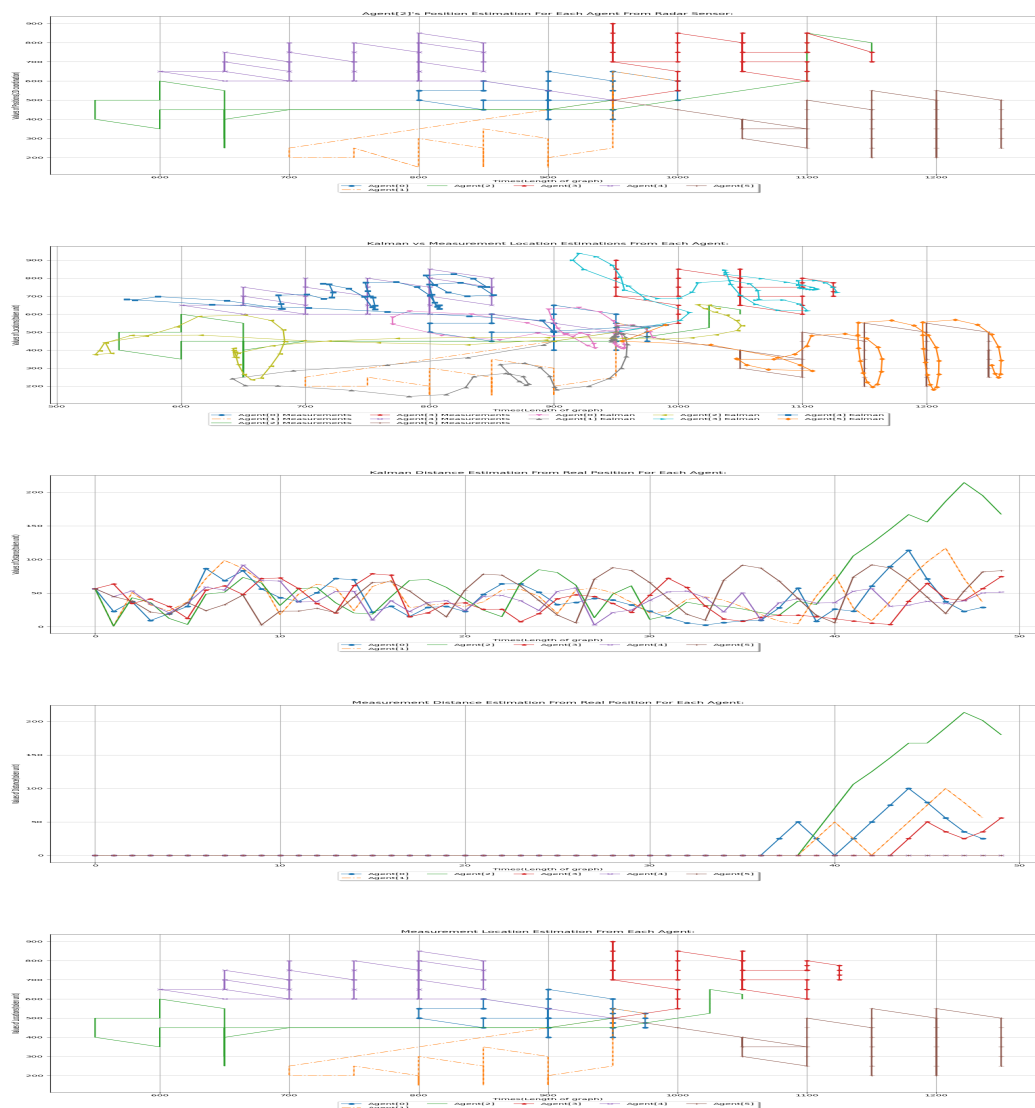


Figure 112: Λοιπές κατηγορίες διαγραμμάτων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

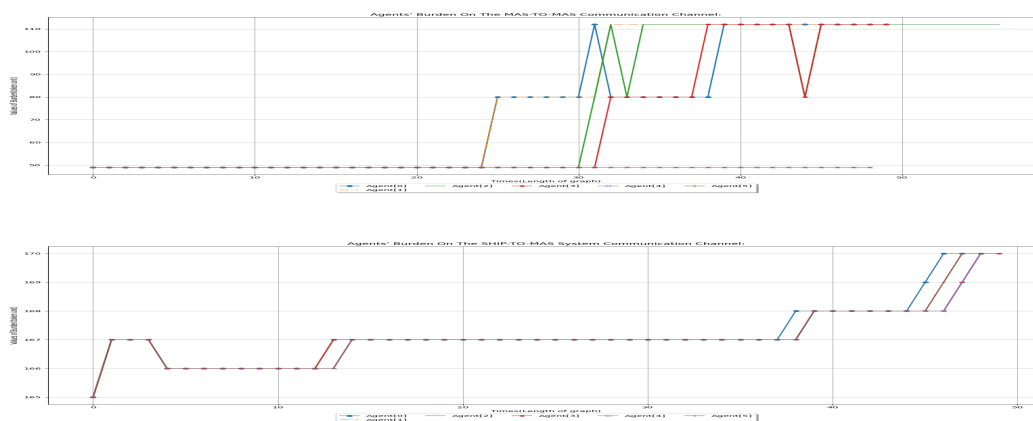


Figure 113: Διαγράμματα αξιολόγησης καναλιών επικοινωνίας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Τέλος στην παραπάνω εικόνα φαίνονται τα διαγράμματα της επιβάρυνσης καναλιών μεταξύ των πρακτόρων και των πρακτόρων με το πλοίο αντίστοιχα. Όπως έχουμε ξανα αναφέρει οι πράκτορες επικοινωνούν μεταξύ τους και χωρίς να συνεργάζονται. Στο πρώτο διάγραμμα της εικόνας ¹¹³ φαίνεται μια σταθερή επιβάρυνση(λόγο επικοινωνίας χωρίς συνεργασία) μέχρι την χρονική στιγμή 24. Εκείνη την στιγμή ο πράκτορας 0 εντοπίζει περιοχή με ΥΥ. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα με την αύξηση της επιβάρυνσης για τον πράκτορα 0,1 αφού άρχισε μια περίοδος συνεργασίας για επανέλεγχο των ΥΥ. Έστερα μέχρι την χρονική στιγμή 30, που συμβαίνει ασυμφωνεία χαρακτηριστικών ΥΥ και καλείται ο πράκτορας 2 να βοηθήσει, παραμένει στην τιμή που έλαβε την στιγμή 24. Την στιγμή 30 υπάρχει κλιμάκωση της τιμής επιβάρυνσης του πράκτορα 2. Έστερα στην επόμενη στιγμή το σκέφτεται και την παρεπόμενη απαντάει πως θα έρθει οπότε ξανα αυξάνεται η τιμή. Επίσης την στιγμή 31 ο πράκτορας 3 βρίσκει και αυτός περιοχή με ΥΥ, επικοινωνεί με τον πράκτορα 2 και συνεργάζονται με σκοπό να έρθει ο πράκτορας 2 στην τοποθεσία του 3 μόλις βοηθήσει τους 0,1. Τέλος την στιγμή 37 ο πράκτορας 2 ειδοποιεί τον 3 πως έρχεται(οπότε συμβαίνει αύξηση επιβάρυνσης) και την στιγμή 38 αυξάνεται η επιβάρυνση των 0,1 αφού επικοινωνούν συχνά ώστε να μεταβαίνουν στις ίδιες περιοχές(κοινή πορεία).

Στο δεύτερο διάγραμμα παρατηρούμε παρατηρούμε πως και στην αρχή υπάρχει μια επιβάρυνση που δεν μπορούμε ωστόσο να την αντιστοιχίσουμε με κάποιο συμβάν αφού την στιγμή 24 συμβαίνει το πρώτο που είναι η ανίχνευση ΥΥ από τον πράκτορα 0. Όπως φαίνεται η στιγμή 24 δεν συμβάλει καθόλου στην επιβάρυνση καναλιού επικοινωνίας πρακτόρων με πλοίου. Αύξηση(αλλαγή) επιβάρυνσης παρατηρείται τις στιγμές 37 και 38 που όπως υποδείξαμε προηγουμένως αναφέρονται στην στιγμή που έρχεται ο πράκτορας 2 στον 3 και την στιγμή κοινής πορείας των πρακτόρων 0,1 αντίστοιχα. Τέλος σταθεροποιούνται ξανά οι τιμές επιβάρυνσης στις νέες δοθέντες των προηγούμενων στιγμών μέχρι την στιγμή 44 που υπάρχει κλιμάκωση λόγω απόφασης κοινής κατεύθυνσης και των πρακτόρων 2,3.

Περισσότερες πληροφορίες για την περίπτωση 26 της προσομοίωσης.

Περιγραφή της πλοκής της περίπτωσης αυτής μέσω υλικού από το περιβάλλον προσομοίωσης. Η παρακάτω εικόνα ¹¹⁴ αποτελείται από τέσσερις μικρότερες εικόνες που

δείχνουν πως εξελίχθηκε η περίπτωση αυτή της προσομοίωσης. Αρχικά στην πρώτη εικόνα, φαίνεται πως μέχρι την γραμμή 240 οι πράκτορες συνεχίζουν την διαδρομή τους χωρίς να συνεργάζονται. Ύστερα από εκείνη την γραμμή φαίνεται πως ο πράκτορας 0 βρήκε περιοχή με ΥΥ και ο 1 έρχεται να επιβεβαιώσει τα χαρακτηριστικά των ΥΥ. Στην γραμμή 278 φαίνεται πως καταλήγουν σε ασυμφωνεία και ζητάνε βοήθεια από τον πράκτορα 2. Συνεργάζονται με την πολιτική που έχουμε προαναφέρει μέχρι την στιγμή 320 που ο 2 έχει μεταβεί στην τοποθεσία των 0,1, έχει δώσει λύση στο ζήτημα τους και φεύγει από την περιοχή αυτή για να συνεχίσει την διαδρομή του. Τέλος από την γραμμή 318 και ύστερα παρατηρούμε την συνεργασία των πρακτόρων 0,1 αφού επικοινωνούν συχνά με σκοπό την από κοινού μετακίνηση τους. Στην τέταρτη εικόνα παρατηρούμε πως ο πράκτορας 0 πρώτα βρήκε περιοχή με ΥΥ. Μετά ο 2 βρήκε περιοχή με ΥΥ όπως πήγαινε στους 0,1 πράκτορες. Στην συνέχεια ανιχνεύει την περιοχή των 0,1 και τέλος οι πράκτορες 0,1 από κοινού εντοπίζουν την περιοχή που βρήκε ο 2 πριν έρθει για βοήθεια.

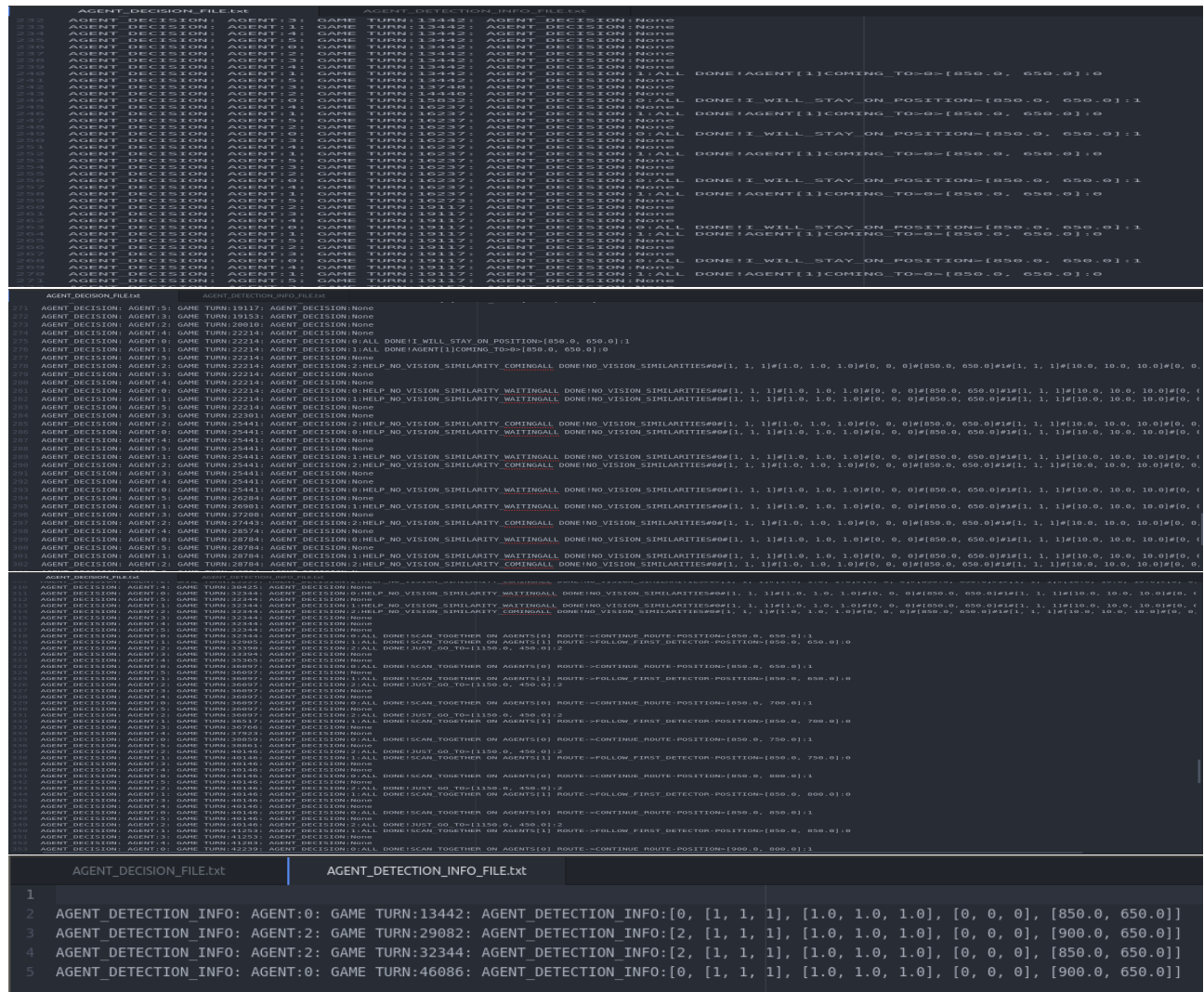


Figure 114: Εικόνες περιγραφής επίλυσης της περίπτωσης 26 από το πολυπρακτορικό μας σύστημα, Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

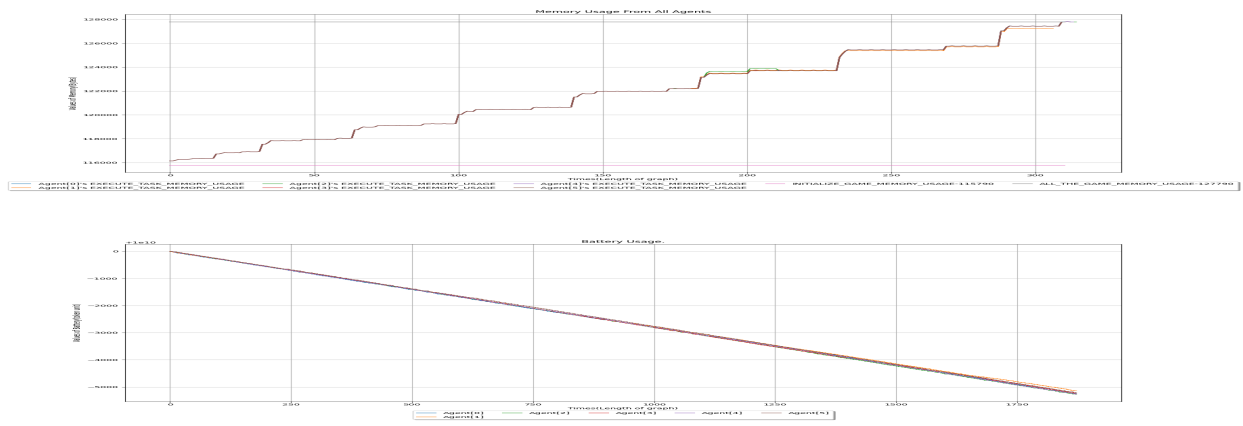
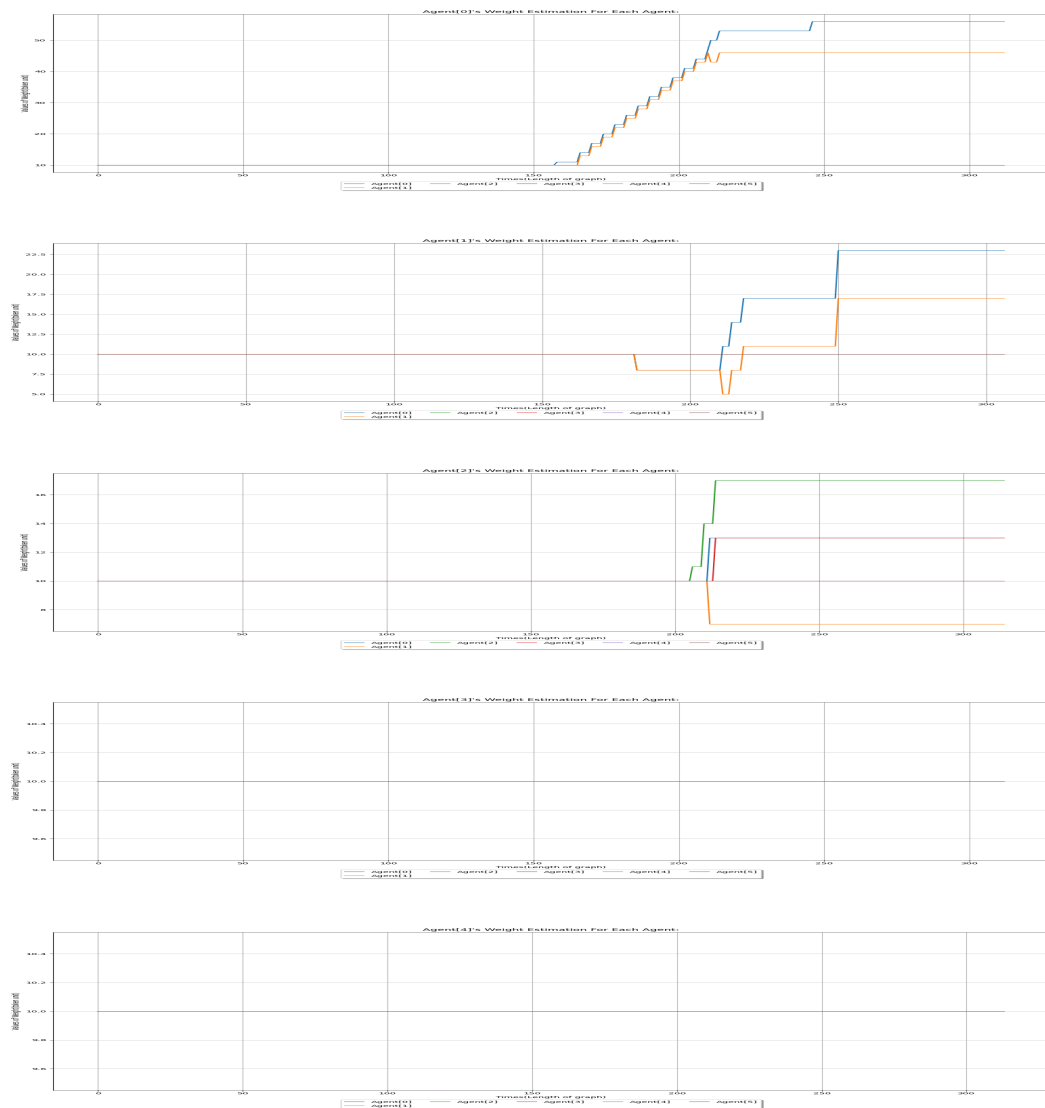


Figure 115: Κατανάλωση μνήμης και ενεργειακού αποθέματος από τους πράκτορες. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



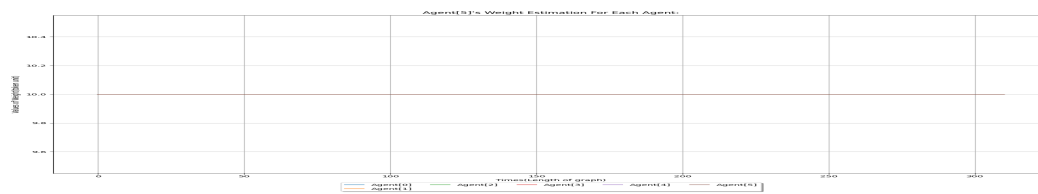
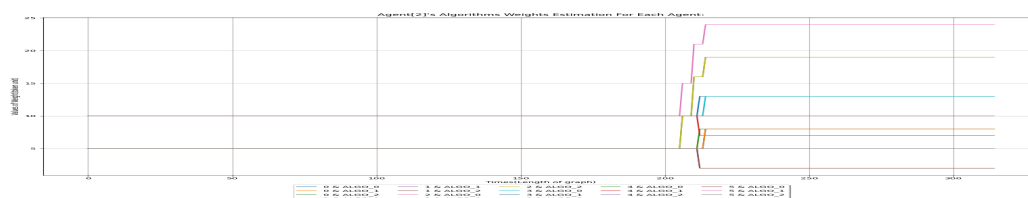
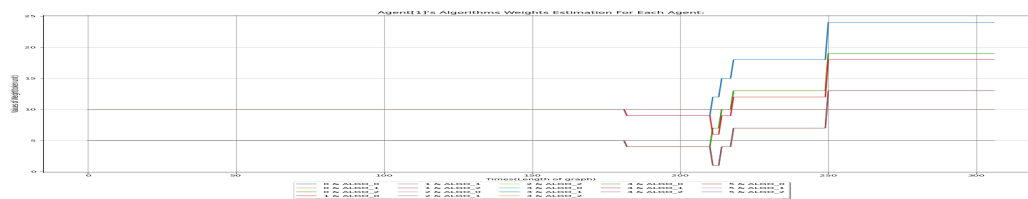
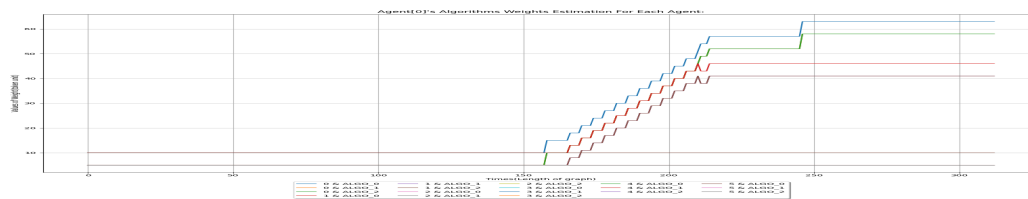


Figure 116: Διαγράμματα αξιολόγησης πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



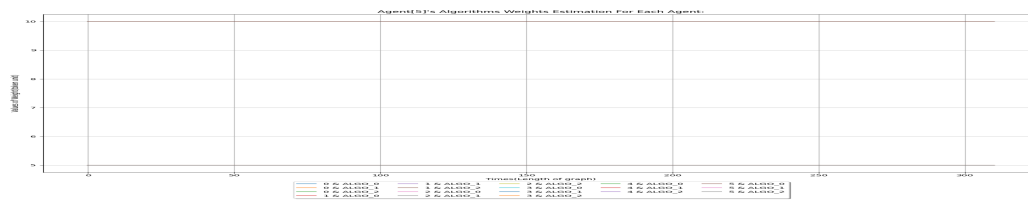


Figure 117: Διαγράμματα αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



Figure 118: Λοιπά διαγράμματα Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Τα διαγράμματα της παραπάνω εικόνας ¹¹⁶ είναι παρόμοια(αλλαγές παρατηρούνται στις χρονικές στιγμές και περαιτέρω ή με άλλη σειρά κλιμακώσεις) για όλους τους πράκτορες εκτός του 2,3. Το τοίτο διάγραμμα αναφέρεται στην αξιολόγηση του πράκτορα 2 για τους πράκτορες. Παρατηρούμε

πως χρονική στιγμή 202 βρίσκει ο πράκτορας 2 την περιοχή με τα ΥΥ πριν πάει στην περιοχή των 0,1. Δεν ζητάει βοήθεια για επανέλεγχο, ωστόσο ανταμοίβεται. Στην συνέχεια την στιγμή 204 έχει επισκεφτεί τους 0,1 και έχει βγάλει αποτέλεσμα για την ασυμφωνία τους. Ο πράκτορας 0 ανταμοίβεται για την σωστή του αναγνώριση και ο πράκτορας 1 χάνει τιμές αξιολόγησης. Τέλος επειδή η περίπτωση ήταν περίπλοκη και η συνεργασία των 2,3 ήταν άψογη προστίθεται και ένα ποσοστό όπως κατευθύνεται ο 2 στην διαδρομή του(αυτό γιατί μπορούσε να καθυστερήσει πολύ ο 2 με την βοήθεια των 0,1 οπότε χάρηκε ο πράκτορας 2 που δεν χρειάστηκε βοήθεια ο 3). Από την πλευρά όμως του 3 που δεν έκανε τέτοιε σχέψεις αφού δεν συνεργάστηκε με κανέναν έχει βάλει σε όλους τους πράκτορες τιμή αξιολόγησης ίση με την αρχικοποίηση τους.



Figure 119: Διαγράμματα αξιολόγησης καναλιών επικοινωνίας. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Όπως ήταν αναμενόμενο οι γραφικές των πρακτόρων 2,3 άλλαξαν και στην εικόνα που περιγράφει τις αξιολογήσεις αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων¹¹⁷. Οι λόγοι που διαφοροποιήθηκαν καθώς και με ποιους τρόπους είναι οι ίδιοι που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

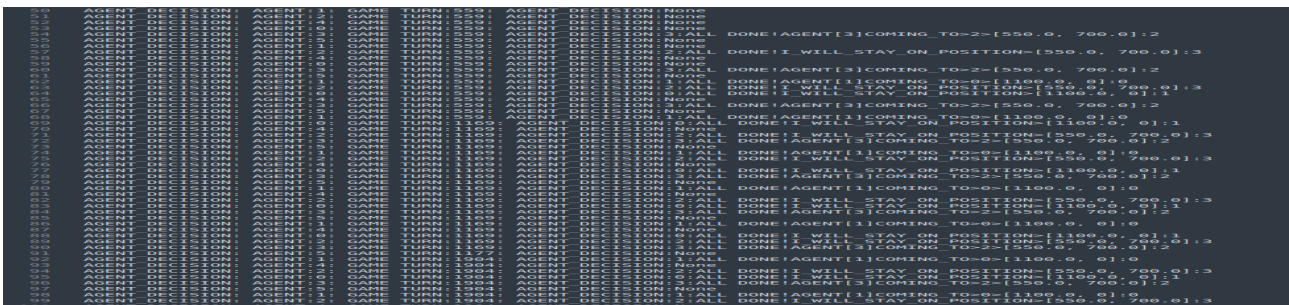
Επιπλέον στην εικόνα 118, στο πρώτο διάγραμμα φαίνονται οι εκτιμήσεις του ευριστικού μας αλγορίθμου. Στο τέταρτο οι αντίστοιχες εκτιμήσεις από τον Kalman Filter αλγόριθμο και στο δεύτερο διάγραμμα οι σύγκριση των δύο μεταξύ τους. Αυτά που παρατηρούμε από τα διαγράμματα που προαναφέρθηκαν είναι η διάταξη τους στον χώρο, η διαδρομή για να πάνε όσο πιο γρήγορα στα σημεία που τους υποδεικνύει το πρωτόκολλο συνεργασίας τους καθώς και την μικρή διαφορά τους οπτικά αρχικά. Για μεγαλύτερη ανάλυση των διαφορών των εκτιμήσεων από τους δύο αλγόριθμους μπορούμε να απευθυνθούμε σε δύο άλλα διαγράμματα της ίδιας εικόνας που βρίσκονται στην τρίτη και πέμπτη σειρά. Αυτό που συμπεραίνουμε είναι πως μέχρι την στιγμή 52 υπήρχε μικρή απόκλιση/σφάλματα από τις πραγματικές θέσεις. Ωστόσο μετά από εκείνο το σημείο οι αλγόριθμοι μας παρουσιάζουν κοντινά σφάλματα(αρκετά σημαντικά για να στηριχτούμε στους αλγόριθμους). Επίσης πριν την χρονική στιγμή 52 υπάρχει άλλο ένα σημαντικό σφάλμα που φαίνεται ειδικά στο πέμπτο διάγραμμα. Αφορά τον πράκτορα 2 και οφείλεται στην ανίχνευση περιοχής ΥΥ πριν φτάσει στην περιοχή των 0,1.

Τέλος, ως προς τις επικοινωνιακές επιβαρύνσεις θα αναφερθούμε στην εικόνα 119. Αρχικά στην πρώτη εικόνα παρουσιάζεται το διάγραμμα της επιβάρυνσης του καναλιού επικοινωνίας των πρακτόρων. Μέχρι την χρονική στιγμή 39 δεν υπάρχει συνεργασία οπότε η σταθερή επιβάρυνση που έχουμε αναφέρει. Την στιγμή αυτή, ο πράκτορας 0 εντοπίζει περιοχή με ΥΥ, οπότε αυξάνεται η τιμή της επιβάρυνσης του. Την επόμενη στιγμή αρχίζει η συνεργασία των 0,1 οπότε παρατηρείται

αύξηση και στον πράκτορα 1. Την χρονική στιγμή 46 έρχονται σε ασυμφωνία ο πράκτορας 0 με τον 1 για τα χαρακτηριστικά των ΥΥ που ανίχνευσαν. Την χρονική στιγμή 53 προκύπτουν τα αποτελέσματα από τον πράκτορα 2 και την επόμενη στιγμή συνεργασία των 0,1 για κοινή πορεία. και τέλος για το δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 119, παρατηρούμε πως υπάρχει κοινή επιβάρυνση για όλους τους πράκτορες εκτός του 0,2. Και συγκεκριμένα η κοινή επιβάρυνση αλλάζει στα σημεία που καλείται ο πράκτορας 2 για βοήθεια, την στιγμή που βγάζει τα αποτελέσματα της ασυμφωνίας και την στιγμή που συνεργάζεται ο 0,1 για κοινή πορεία.

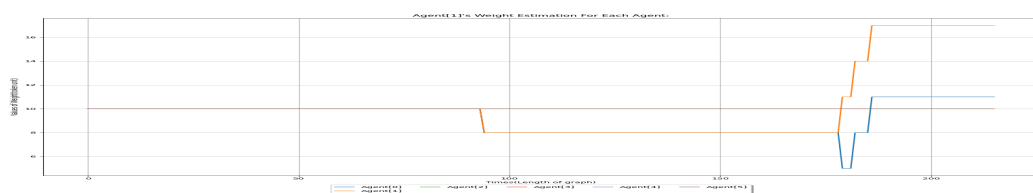
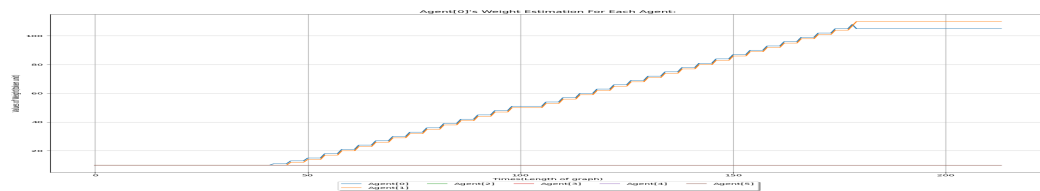
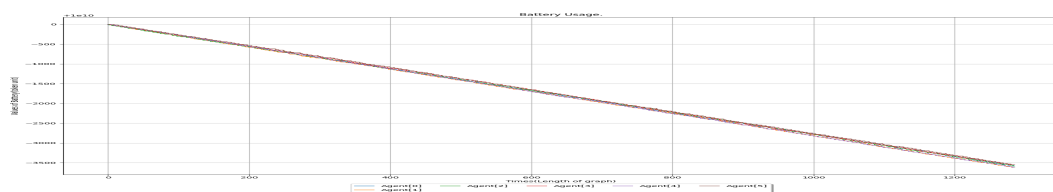
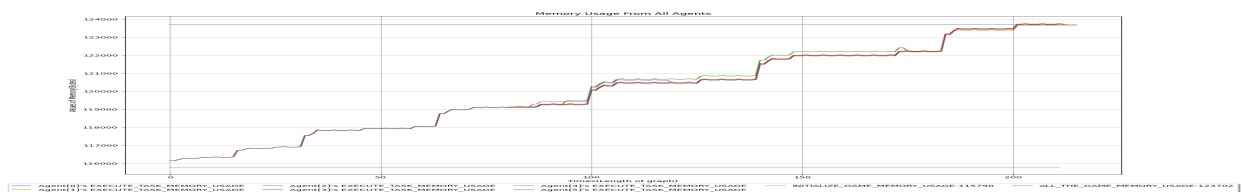
Περισσότερες πληροφορίες για την περίπτωση 28 της προσομοίωσης.

Περιγραφή της πλοκής της περίπτωσης αυτής μέσω υλικού από το περιβάλλον προσομοίωσης. Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες. ¹²⁰ Η εικόνα 120 αποτελείται από τρεις μικρότερες εικόνες. Στην πρώτη εικόνα και στην γραμμή 54 φαίνεται η αρχή επικοινωνίας των πρακτόρων 2,3 για την επιβεβαίωση περιοχής που βρέθηκε από τον πράκτορα 2. Η συνεργασία συνεχίζεται και στην διάρκεια της οποίας, ο πράκτορας 0 ανιχνεύει και αυτός περιοχή με ΥΥ και λόγω αυτού του γεγονότος αρχίζει συνεργασία των πρακτόρων 0,1 όπως φαίνεται από την αρχή της πρώτης εικόνας και της γραμμής 62. Στην δεύτερη εικόνα και στην γραμμή 129 αρχίζει η συνεργασία των πρακτόρων 2,3,4, που αποφασίζουν οι 2,3 να περιμένουν στην περιοχή ασυμφωνίας και ο πράκτορας 4 να κατευθυνθεί προς αυτή. Η συνεργασία των 2,3,4 συνεχίζεται και την στιγμή που περιγράφεται στην υποεικόνα 2 ¹²⁰ και στην γραμμή 143 αρχίζει η συνεργασία των πρακτόρων 0,1. Όπως μπορούμε να δούμε οι πράκτορες 0,1,2,3 περιμένουν στις περιοχές που βρέθηκαν ΥΥ και ο 4 μετακινείται προς την περιοχή των 2,3. Στην τρίτη εικόνα και στην γραμμή 181 φαίνεται πως τελείωσε η συνεργασία των 2,3,4 και αρχίζει η συνεργασία μεταξύ των πρακτόρων 0,1,2. Επομένως, τα μηνύματα που στέλνονται μεταξύ των πρακτόρων είναι ο 3 να συνεχίζει την πορεία του, ο 4 να μεταβαίνει προς την τοποθεσία τους πριν την βοήθεια για να συνεχίσει από εκεί την διαδρομή του και οι 0,1,2 να συνεργάζονται για να ληθεί η ασυμφωνία της περιοχής με τα ΥΥ. Στην συνέχεια στην τέταρτη υποεικόνα 121 φαίνεται η συνέχεια της εικόνας 120, η οποία αποτελείται από δύο μικρότερες εικόνες. Στην πρώτη εκ των οποίων φαίνεται στην γραμμή 266 η ολοκλήρωση της συνεργασίας των πρακτόρων 0,1,2 και η αρχή της συνεργασίας των 0,1 για μετακίνηση από κοινού. Επίσης στην ίδια εικόνα και στην γραμμή 268 φαίνεται πως ο πράκτορας 2 επιθυμεί να κατευθυνθεί προς την τοποθεσία που είχε πριν την μετάβαση του στην περιοχή των 0,1, προκειμένου να συνεχίσει την διαδρομή ανίχνευσης του. Τέλος στην δεύτερη εικόνα της 121, φαίνονται οι περιοχές με τις ανιχνεύσεις αντικειμένων ενδιαφέροντος και όταν υπάρχει δεύτερη ανίχνευση στην ίδια περιοχή καταλαβαίνουμε πως υπάρχει ασυμφωνία και ανάγκη δεύτερης γνώμης από επιπλέον πράκτορα.

A screenshot of a simulation log with multiple columns of text. The text includes agent names (AGENT 0, AGENT 1, AGENT 2, AGENT 3, AGENT 4), their current positions (e.g., [550.0, 700.0]), and their actions (e.g., COMING TO, WILL STAY ON POSITION, DECISION). The log is organized into several vertical columns, with some lines spanning across them.

4. Αυτή η κατάσταση συνεχίζεται μέχρι την στιγμή 120 που ο πράκτορας 4 αποφασίζει για τα χαρακτηριστικά της περιοχής που υπήρχε η ασυμφωνία των 2,3. Και εκείνη την στιγμή ξανά αποκτά τιμές ίδιες με τους πράκτορες που συνεχίζουν την διαδρομή τους και δεν συνεργάζονται. Επίπρόσθετα καθώς γίνονται τα παραπάνω και πιο συγκεκριμένα στην διάρκεια της περιόδου από την χρονική στιγμή 92 μέχρι την 177 ο πράκτορας 2 έχει και αυτός υψηλή τιμή κατανάλωσης μνήμης λόγω της συνεργασίας του με τους πράκτορες 0,1, με σκοπό την μετάβαση στην τοποθεσία τους μετά την βοήθεια από τον 4. Επειδή εκείνη την περίοδο ο 2 συνεργάζεται και με τους 3,4 αλλά και με τους 0,1 παρατηρούμε να έχει μεγαλύτερες τιμές από τον 4.

Η δεύτερη υποεικόνα της 122 αναπαριστά την κατανάλωση ενεργειακού αποθέματος των πρακτόρων. Συνοπτικά παρατηρούμε πως ο πράκτορας 1 και ο 4 έχουν την μεγαλύτερη κατανάλωση, αφού αποκτούν χαμηλότερες τιμές. Έπειτα ακολουθεί μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ο πράκτορας 2 και στην συνέχεια ο 3 με τον 0 να έχουν παρόμοια συμπεριφορά κατανάλωσης. Τέλος, ο πράκτορας με την μικρότερη συνολική κατανάλωση είναι ο 5, κάτι που φαίνεται λογικό αν συλλογιστούμε πως δεν συνεργάστηκε καθόλου και ακολουθούσε την διαδρομή του. Μεγαλύτερη έμφαση στις ιδιότητες αυτού του γραφήματος θα δοθούν παρακάτω στην ίδια ενότητα της πτυχιακής.



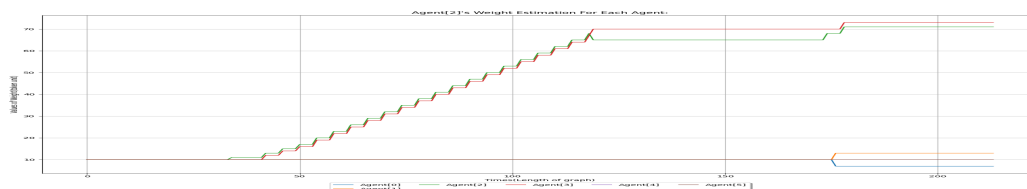


Figure 122: Διαγράμματα αξιοποίησης μνήμης, κατανάλωσης ενέργειας και αξιολόγησης πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



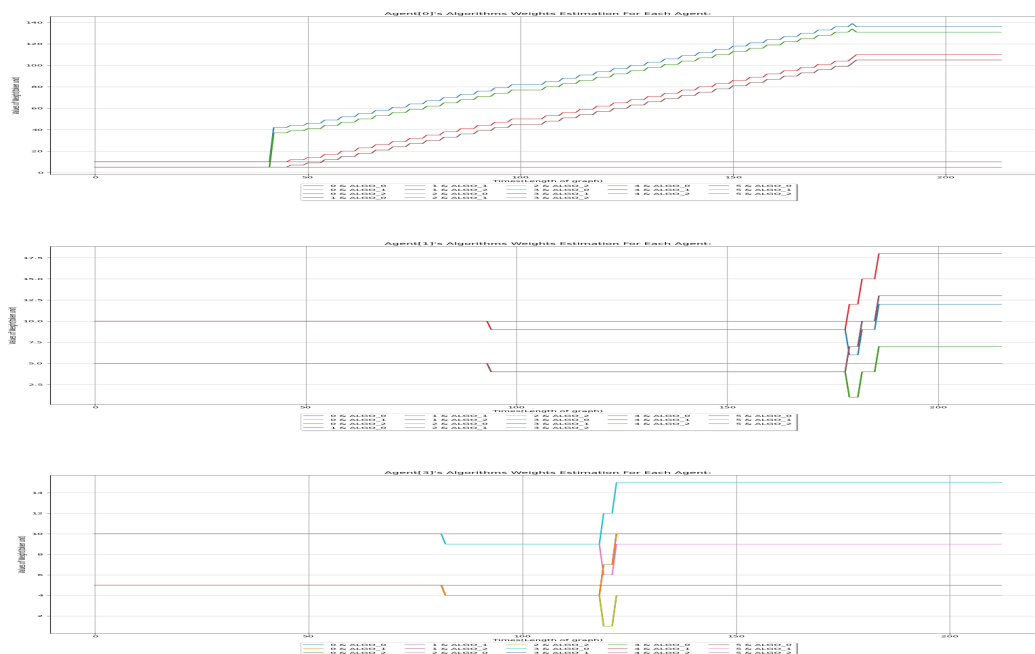
Figure 123: Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Επιπρόσθετα στην εικόνα 122 βλέπουμε ακόμη τρεις εικόνες που αναπαριστούν την αξιολόγηση των πρακτόρων για τους πράκτορες. Πιο συγκεκριμένα στην τρίτη υποεικόνα ¹²² παρατηρούμε πως μετά την χρονική στιγμή 43, ο πράκτορας 0 αναπροσαρμόζει την αξιοπιστία των πρακτόρων 0,1 αυξάνοντας την τιμή τους με τρόπο που συμβαίνει στις περιπτώσεις συνεργασίας. Επιπλέον παρατηρούμε πως ο πράκτορας 0 δεν αναγνωρίζει την βοήθεια κανενός άλλου πράκτορα εκτός του 1. Στην τέταρτα υποεικόνα ¹²² παρατηρούμε ένα άλλο διάγραμμα αξιοπιστίας πρακτόρων. Το διάγραμμα αυτό είναι η αντίληψη αξιοπιστίας του πράκτορα 1. Διαφοροποιείται αρκετά σχετικά με το αντίστοιχο διάγραμμα του πράκτορα 0, αφού ο 1 είναι αυτός που βρίσκει το πρόβλημα της ασυμφωνίας και καλεί τον 2 για βοήθεια την στιγμή 85. Ο πράκτορας 1 θεωρεί ως αρνητικό την ασυμφωνία με τον πράκτορα 0 οπότε βαθμολογεί αρνητικά και τους 2. Στην συνέχεια δεν συμβαίνει κάποια αλλαγή αξιοπιστίας αφού οι 0,1 αναμένουν την συμβολή του 2. Μέχρι την στιγμή 177 που ο πράκτορας 2 πήγε στην τοποθεσία των 0,1 και έβγαλε τα αποτελέσματα για τα χαρακτηριστικά των ΥΥ της περιοχής. Όπως βλέπουμε ο πράκτορας 0 βαθμολογείται αρνητικά και ο 1 θετικά, αφού ο 0 έκανε λάθος στα αποτελέσματα της ανίχνευσης ενώ ο 1 είχε πιο συμβατά αποτελέσματα με του 2. Στην συνέχεια συνεργάζονται οι 0,1 οπότε και οι δύο αυξάνονται σε τιμές αξιοπιστίας. Και σε αυτό το διάγραμμα αναπροσαρμόζονται οι τιμές αξιοπιστίας των 0,1 μόνο. Τέλος στην πέμπτη υποεικόνα ¹²² φαίνεται η εκτίμηση αξιοπιστίας των πρακτόρων από την πλευρά του 2. Οι πράκτορες που βαθμολογούνται είναι οι 0,1,2,3. Οι 0,1 βαθμολογούνται την στιγμή και μετά που βγαίνουν τα αποτελέσματα της ασυμφωνίας της περιοχής που βρίσκονται. Ενώ οι 2,3 πράκτορες θεωρείται πως βρίσκονται σε συνεχή συνεργασία από την χρονική στιγμή 43, που βρίσκει ο 2 περιοχή με ΥΥ. μέχρι 119, που ο πράκτορας 4 βοήθησε τους 2,3 στην ασυμφωνία

τους. Ύστερα ακολουθεί περίοδος που δεν αλλάζει η τιμή αξιοπιστίας μέχρι την στιγμή που βοηθάει τους 0,1 πράκτορες ο 2.

Σε συνέχεια της προηγούμενης παραγράφου, παρατηρούμε άλλες δύο υποεικόνες στην εικόνα 123 που περιγράφουν αξιολόγηση πρακτόρων. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη ¹²³ παρατηρούμε την εκτίμηση αξιολόγησης του πράκτορα 3, και έχει παρόμοια μορφή με του 1, που σχολιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Ενώ η δεύτερη υποεικόνα αναφέρεται στο διάγραμμα αξιολόγησης πρακτόρων από την πλευρά του 4. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως αναπροσαρμόζονται οι αξιολογήσεις των πρακτόρων 2,3,4,5 σε κοντινές στιγμές με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων για την ασυμφωνία των 2,3. Ειδικότερα παρατηρούμε να βαθμολογείται αρνητικά ο 2 αφού έβγαλε λανθασμένα αποτελέσματα ανίχνευσης και θετικά ο 3 που έβγαλε σωστά αποτελέσματα. Επίσης βαθμολογούνται και οι 4,5 ως δείγμα συμβολής στο γενικότερο εγχείρημα αναγνώρισης αντικειμένων και αυτό γιατί ο 4 πήγε να βοηθήσει και ο 5 αν χρειαζόταν βοήθεια δεν θα την είχε, οπότε εκτιμήθηκε.

Άλλες εικόνες που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και θα σχολιαστούν αναλυτικότερα παρακάτω είναι οι αξιολογήσεις των αλγορίθμων ανίχνευσης που χρησιμοποιούν οι πράκτορες και ακολουθούν παρόμοια λογική με αυτή των διαγραμμάτων αξιολόγησης πρακτόρων. ¹²⁴ Επίσης στην ίδια εικόνα παρουσιάζεται και το διάγραμμα της εκτίμησης θέσης του πράκτορα 0 δεδομένου της χρήσης του αισθητήρα radar. Τέλος ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εικόνα 125 στην οποία παρουσιάζονται τα διαγράμματα διαφοράς της εκτίμησης θέσης που δίνουν οι αλγόριθμοι Kalman Filter και ευριστικός. Επιπλέον στην ίδια εικόνα αναπαριστώνται και τα διαγράμματα ποσοστού σφάλματος των παραπάνω αλγορίθμων εκτίμησης θέσης σε σχέση με τις πραγματικές τιμές θέσης των πρακτόρων. Και τέλος στην ίδια εικόνα φαίνονται άλλα δύο διαγράμματα, το ένα εκ των οποίων παρουσιάζει τις επιβαρύνσεις του καναλιού επικοινωνίας πρακτόρων μεταξύ τους ενώ το άλλο τις επιβαρύνσεις του καναλιού επικοινωνίας των πρακτόρων με το πλοίο.



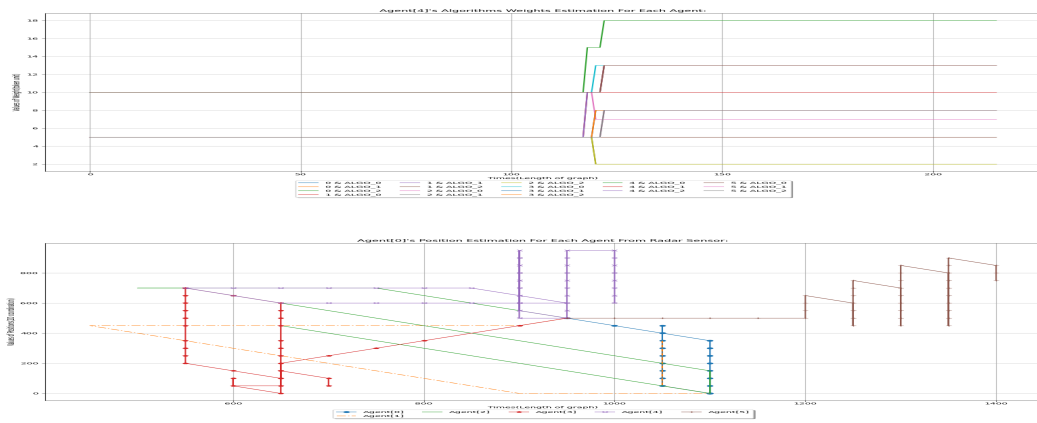
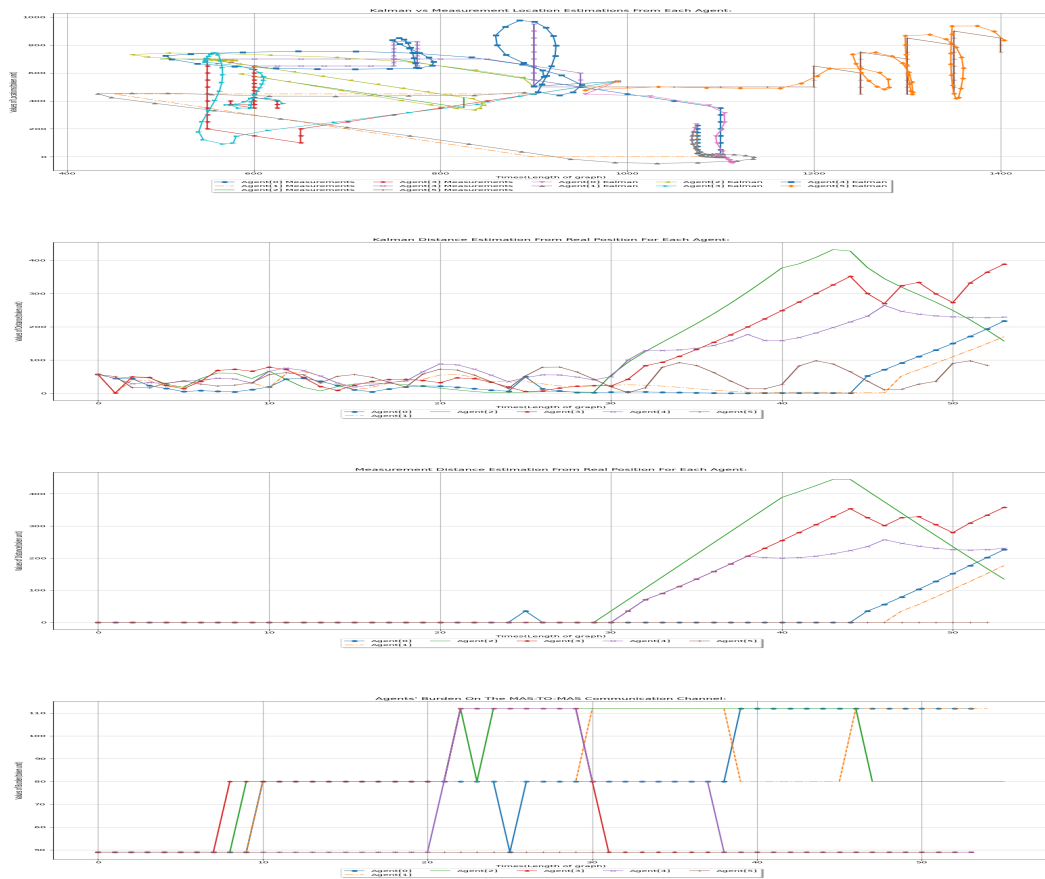


Figure 124: Διαγράμματα αξιολόγησης των αλγορίθμων ανίχνευσης των πρακτόρων. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



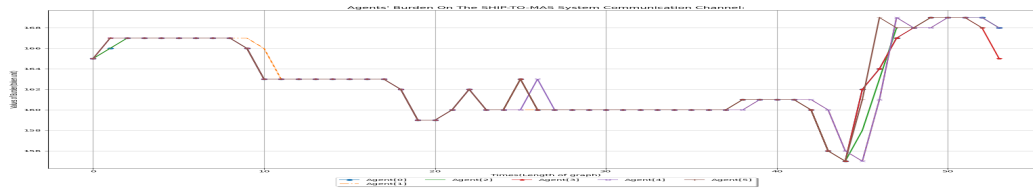


Figure 125: Λοιπά διαγράμματα. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περισσότερες πληροφορίες για τους πειραματισμούς μας πάνω στο σύστημα των καταναλώσεων ενέργειας και μνήμης του πολυπρακτορικού μας συστήματος.

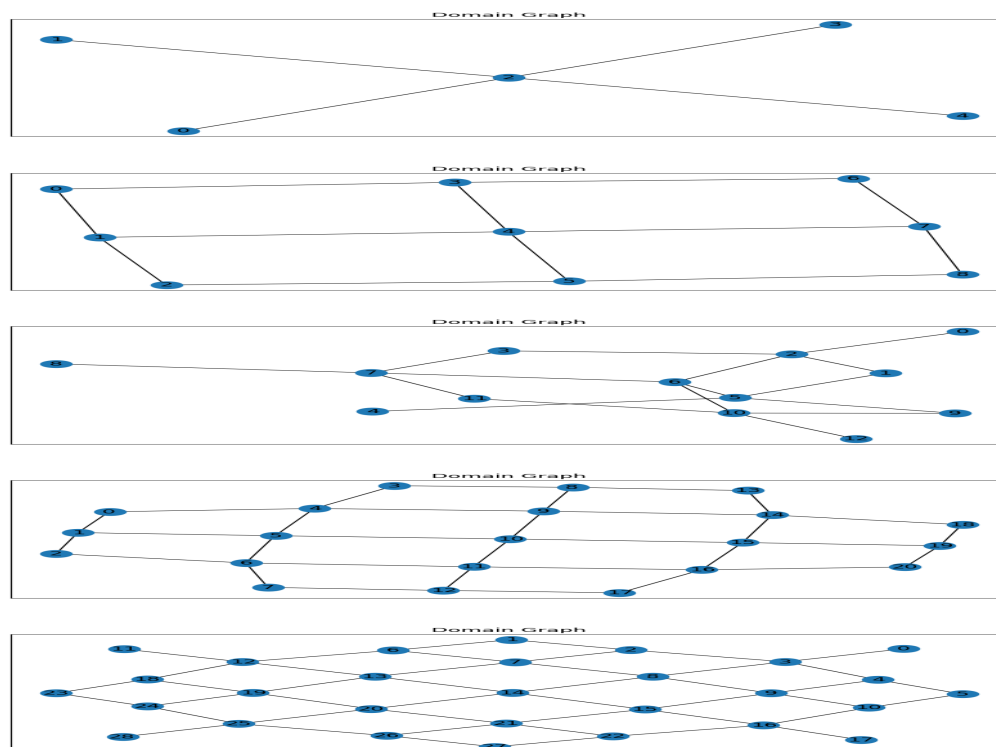


Figure 126: Εικόνες παρουσίασης των γράφων περιγραφής του περιβάλλοντος ανίχνευσης διάφορων περιπτώσεων της προσομοίωσης. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

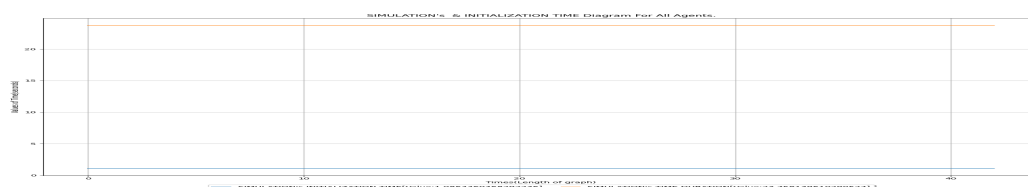
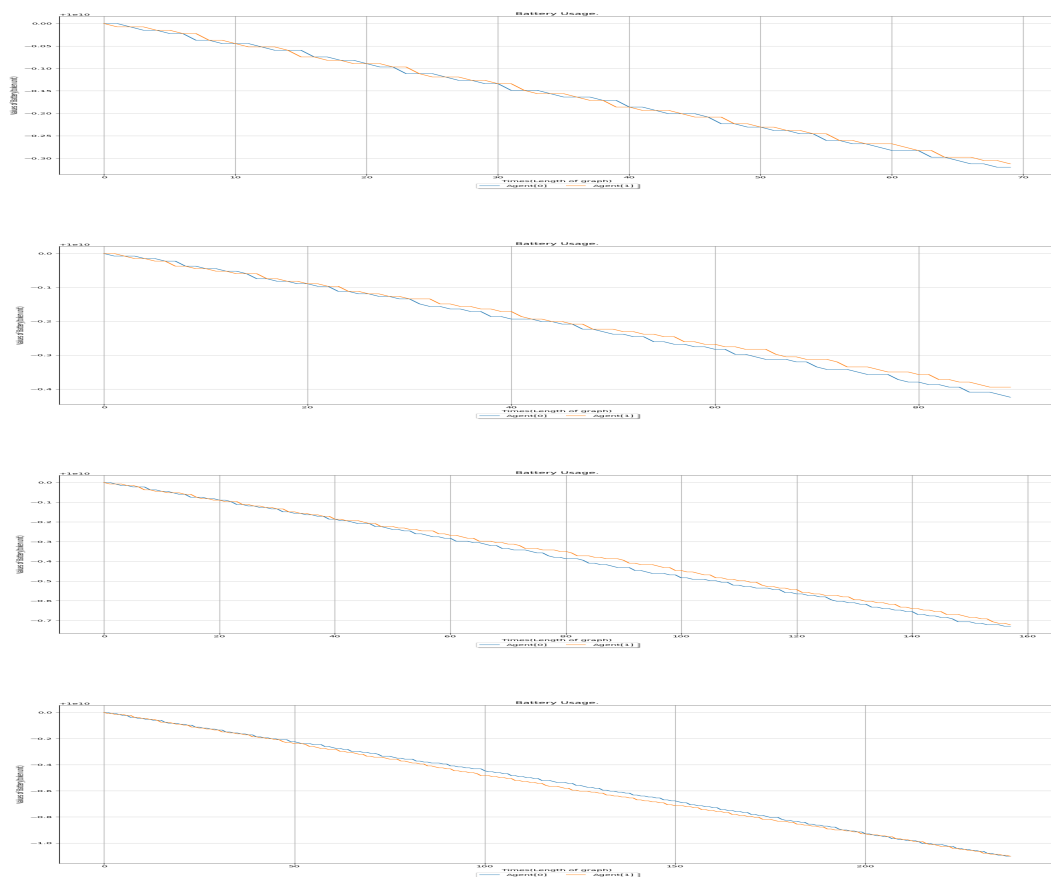




Figure 128: Διαγράμματα αναπαράστασης των καταναλώσεων μνήμης των περιπτώσεων της ενότητας αυτής από τους πράκτορες. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



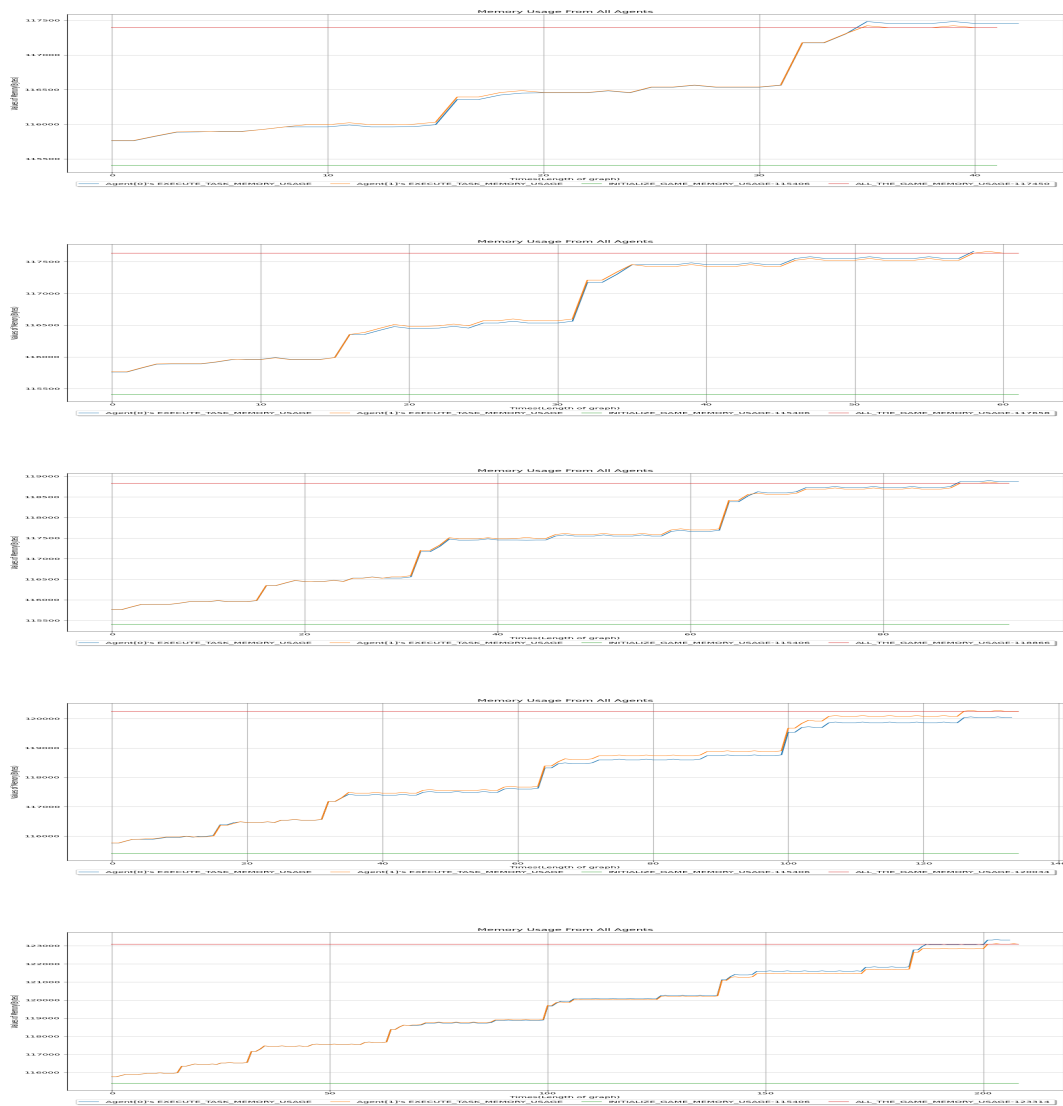
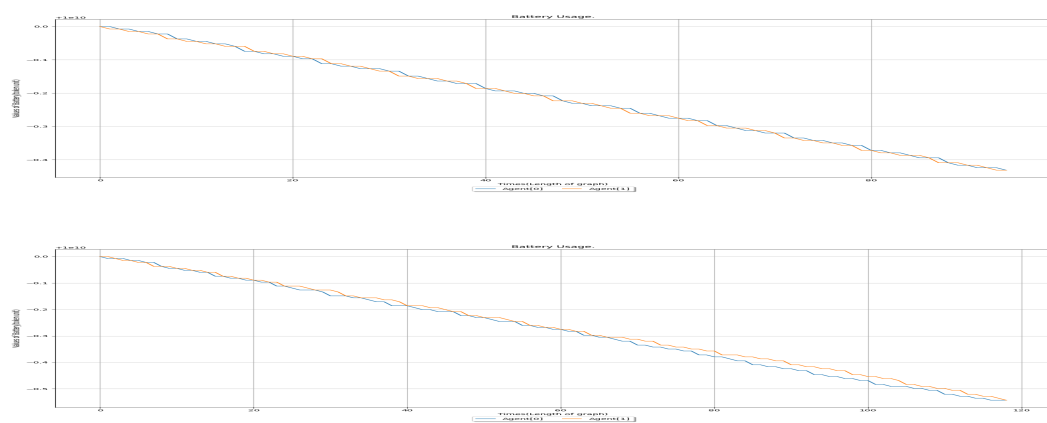


Figure 131: Διαγράμματα αναπαράστασης των καταναλώσεων μνήμης των περιπτώσεων της προσομοίωσης της ενότητας αυτής. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.



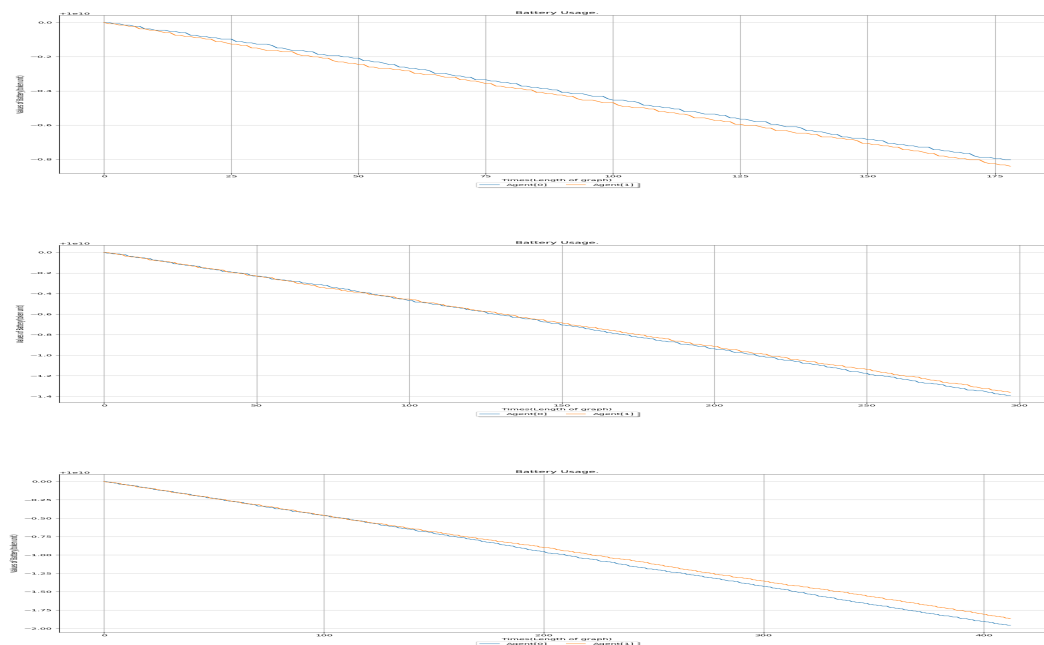
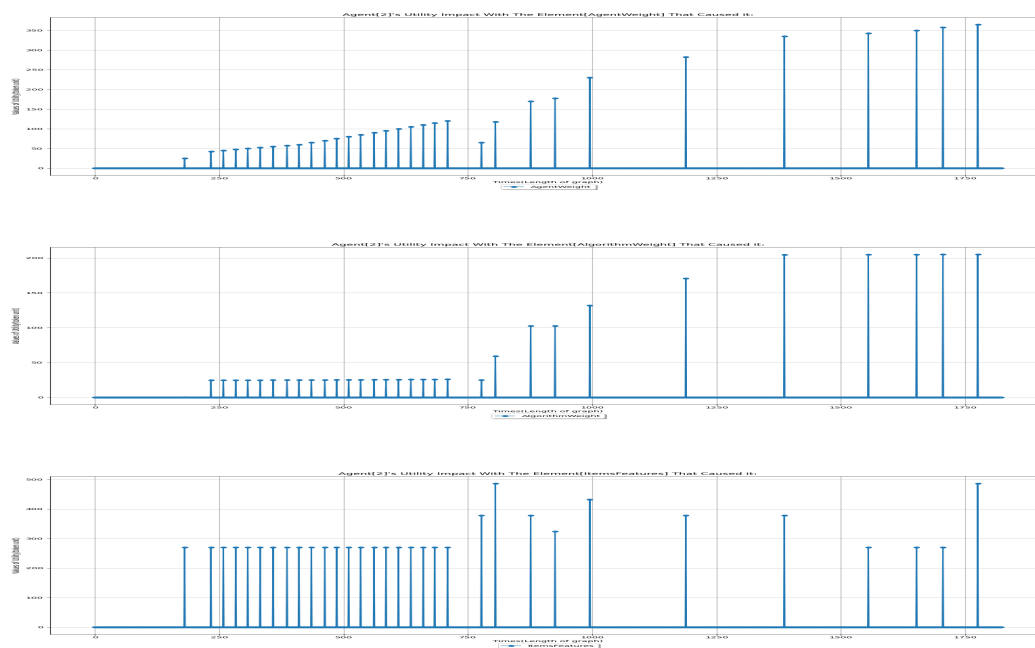


Figure 132: Διαγράμματα αναπαράστασης των καταναλώσεων του ενεργειακού αποθέματος των περιπτώσεων της ενότητας αυτής, από τους πράκτορες. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης.

Περισσότερες πληροφορίες για την παραμετροποίηση της συνάρτησης χρησιμότητας.



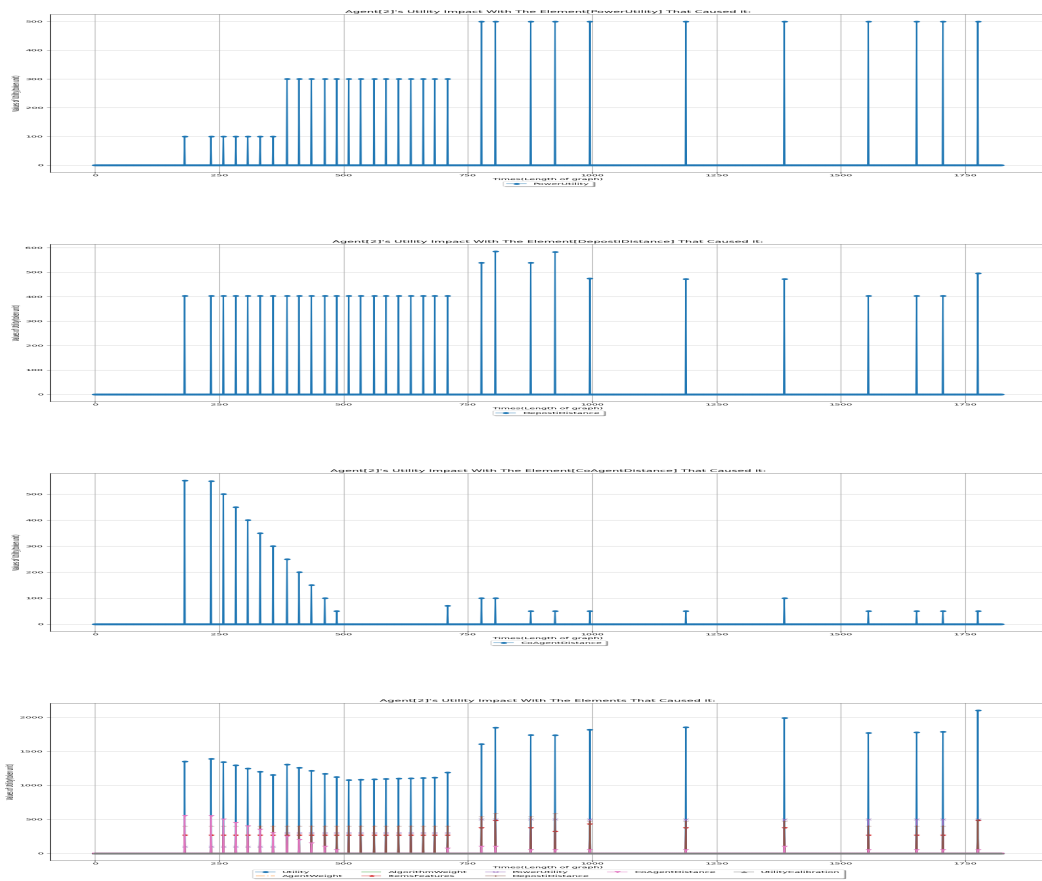


Figure 133: Διαγράμματα παρουσίασης των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας, με παραμετροποίηση. Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομοίωσης(περίπτωση 56).



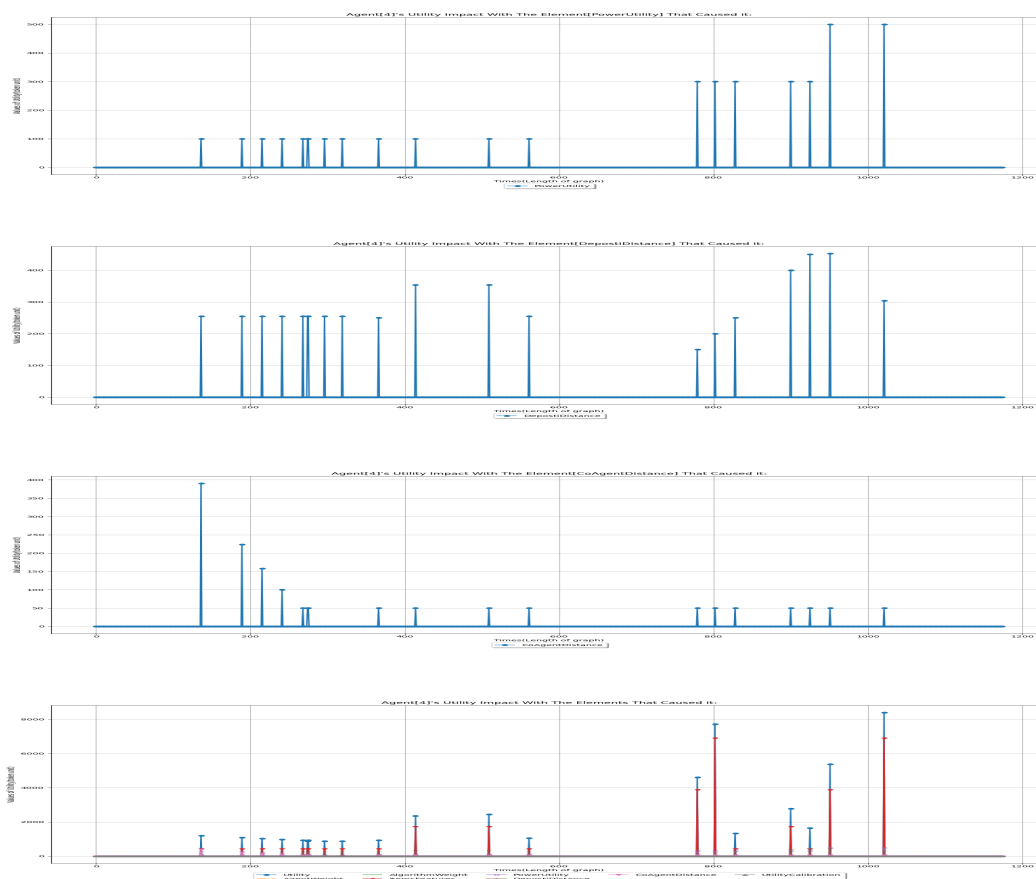


Figure 134: Διαγράμματα παρουσίασης των συντελεστών της συνάρτησης χρησιμότητας, με παραμετροποίηση.
 Προέλευση Εικόνας: Από το περιβάλλον προσομώωσης(περίπτωση 57).

10 Ευχαριστίες

”Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή και τον μεταπτυχιακό φοιτητή του επιβλέποντος καθηγητή, Νίκο Τρίγκα, για την καθοδήγηση και την ανατροφοδότηση ιδεών και συμβουλών καθ’ όλη τη διάρκεια αυτού του έργου.



11 Αναφορές

- [1] José G.B. Derraik. Marine Pollution Bulletin 44 (2002) 842–852. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [2] LAURA PARKER(2019). The world's plastic pollution crisis explained. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [3] Landrigan PJ(2020). Annals of Global Health. Human Health and Ocean Pollution. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [4] Ocean Conservation Trust(2021). Ocean Conservation Trust. Why Is the Ocean Important. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [5] Ian Tiseo(2021). Global waste items found in oceans 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [6] Pacific Data Hub(2019). Marine Pollution. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 5
- [7] T. Pedersen and S. Dyrkolbotn, "Agents Homogeneous: A Procedurally Anonymous Semantics Characterizing the Homogeneous Fragment of ATL", Lecture Notes in Computer Science, pp. 245-259, 2013. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 6, 10
- [8] IBM. "What Is Computer Vision? — IBM". Ibm.Com. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [9] A. TURING, "I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE", Mind, vol., no. 236, pp. 433-460, 1950. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [10] H. Briony, "How AI-powered drones are helping fight ocean plastic", ITU News, 2018. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [11] R. Emch, "Using drones to hunt for the oceans' plastic pollution", SWI swissinfo.ch, 2015. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [12] C. Collins, "Garbage-collecting aqua drones and jellyfish filters for cleaner oceans", Ec.europa.eu, 2018. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [13] European University for Smart Urban Coastal Sustainability, "Drones and satellites to be used in the studies of plastic pollution in the Baltic sea - EU-CONEXUS", EU-CONEXUS, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [14] Z. DUKOWITZ, "Drones Used to Help Clean Up Plastic-Polluted Rivers", UAV Coach, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [15] C. Story by Nell Lewis; video by Stefanie Blendis, CNN, "Drones are helping to clean up the world's plastic pollution", CNN, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [16] G. Escobar-Sánchez, M. Haseler, N. Oppelt and G. Schernewski, "Efficiency of Aerial Drones for Macrolitter Monitoring on Baltic Sea Beaches", Frontiers in Environmental Science, vol. 8, p. 283, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [17] L. Millan Lombrana, "A Drone Army Is Rising Against Ocean Plastics", Bloomberg.com, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [18] Merlino, Silvia and Paterni, Marco and Berton, Andrea and Massetti, Luciano, "Unmanned Aerial Vehicles for Debris Survey in Coastal Areas: Long-Term Monitoring Programme to Study Spatial and Temporal Accumulation of the Dynamics of Beached Marine Litter", Remote Sensing, vol. 12, no. 1260, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [19] Seabin Project, "Cleaner Oceans for a Brighter Future", Seabin. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [20] WasteShark, "WasteShark advantages", RanMarine Technology. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [21] Yang Mindy, and Gary Thung. "Classification of trash for recyclability status." CS229 Project Report 2016 (2016). [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [22] G. Thung and M. Yang, "GitHub - garythung/trashnet: Dataset of images of trash; Torch-based CNN for garbage image classification", GitHub, 2016. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:



- [23] Proença, Pedro F. and Pedro Simões. "TACO: Trash annotations in context for litter detection." arXiv preprint arXiv:2003.06975, 2003. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [24] Proença, Pedro F. and P. Simões, "Trash Annotations in Context", Tacodataset.org, 2003. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [25] Panwar, Harsh, et al. "AquaVision: Automating the detection of waste in water bodies using deep transfer learning." Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 2, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [26] Panwar, Harsh, "GitHub - Harsh9524/AquaTrash: A dataset of Trash Images for the proper waste management and protection of Aquatic Life", GitHub, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [27] D. Tzutalin, "GitHub - tzutalin/labelImg: LabelImg is a graphical image annotation tool and label object bounding boxes in images", GitHub, 2018. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 98
- [28] REN, Shaoqing, et al. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. Advances in neural information processing systems, 2015, 28: 91-99. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 20
- [29] A. KHAZRI, "Faster RCNN Object detection", Medium, 2019. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 19, 20
- [30] Jiasen Lu, "GitHub - jwyang/faster-rcnn.pytorch: A faster pytorch implementation of faster r-cnn", GitHub, 2017. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 20
- [31] LI, Youguo; WU, Haiyan. A clustering method based on K-means algorithm. Physics Procedia, 2012, 25: 1104-1109. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 28
- [32] WELCH, Greg, et al. An introduction to the Kalman filter. 1995. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 32
- [33] Finin. "The KQML Language". Csee.Umbc.Edu, 1999. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 37, 38
- [34] Finin & Labrou. Csee.Umbc.Edu, 1999. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 37
- [35] FININ, Tim, et al. KQML as an agent communication language. In: Proceedings of the third international conference on Information and knowledge management. 1994. p. 456-463. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 37
- [36] Lenard Lindstrom, René Dudfield, Pete Shinnars, Nicholas Dudfield, Thomas Kluyver, and others. "About - Pygame Wiki". Pygame.Org, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 39
- [37] SHAHRIAR, Md Tanzil; LI, Huyue. A Study of Image Pre-processing for Faster Object Recognition. arXiv preprint arXiv:2011.06928, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 95
- [38] Pedamkar, Priya. "RGB Color Model | How It Work | Uses & Example | Advantages". EDUCBA, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [39] Jacci Howard Bear. "Understanding The HSV Color Model". Lifewire, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [40] GAVIN, BRADY. "How To Convert An Image To JPG Format". How-To Geek, 2018. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [41] MathWorks Team. "Anchor Boxes For Object Detection". Mathworks. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 100
- [42] NEUBERT, Peer; PROTZEL, Peter. Compact watershed and preemptive slic: On improving trade-offs of superpixel segmentation algorithms. In: 2014 22nd international conference on pattern recognition. IEEE, 2014. p. 996-1001. [Συνδεσμος:↗](#), σελ:
- [43] Manishgupta. "Yolo-You Only Look Once". Medium, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 16, 17, 110, 111
- [44] REDMON, Joseph, et al. You only look once: Unified, real-time object detection. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. p. 779-788. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 16, 17, 18, 111
- [45] KHAZRI, Achraf. "Faster RCNN Object Detection". Medium, 2019. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 20
- [46] Becker, Alex. "Online Kalman Filter Tutorial". Kalmanfilter.Net, 2016. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 32, 33, 34, 35
- [47] Alexander Buslaev, Vladimir I. Iglovikov, Eugene Khvedchenya, Alex Parinov, Mikhail Druzhinin and Alexandr A. Kalinin, Albumentations: fast and flexible image augmentations, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 100
- [48] Albumentations.ai. Albumentations, 2020. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 100
- [49] A.Becker. Online Kalman Filter Tutorial. Kalmanfilter.net, 2016. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 34



- [50] G.AKHILES, Weighted Average Definition. Investopedia, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 31, 32
- [51] Bhandari, Pritha. "Random Vs. Systematic Error". Scribbr, 2021. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 59, 60, 61, 62, 64
- [52] DANG, Viet Dung, et al. Overlapping coalition formation for efficient data fusion in multi-sensor networks. In: AAAI. 2006. p. 635-640. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [53] REECE, Steven; ROBERTS, Stephen. Robust, low-bandwidth, multi-vehicle mapping. In: 2005 7th International Conference on Information Fusion. IEEE, 2005. p. 8 pp. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8, 9
- [54] RAMCHURN, Sarvapali D., et al. A disaster response system based on human-agent collectives. Journal of Artificial Intelligence Research, 2016, 57: 661-708. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8
- [55] Ramchurn, Sarvapali & Rosenfeld, Avi & Fischer, Joel. (2016). Special Issue on Human-Agent Interaction. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. 30. 1-3. [Συνδεσμος:↗](#), σελ: 8