

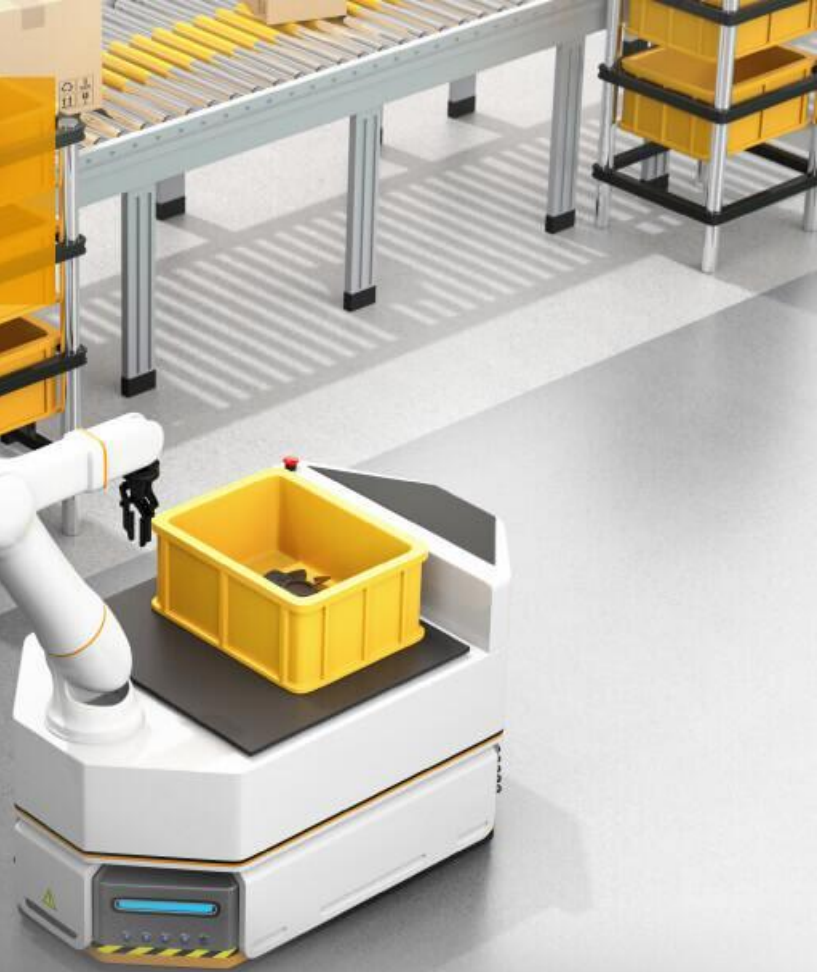
Autonomous Mobile Robot

The Revolution of AGV

Γκατζή Κωνσταντίνα 10037
Δεϊρμεντζόγλου Ιωάννης 10015
Κακανδρής Ιάσωνας 10003

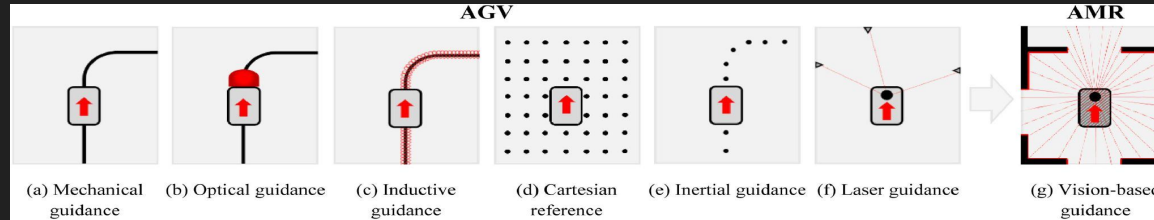


intel
partner
Titanium



Evolution of AMRs in intralogistics

- Συμμετεχουν σε λειτουργίες αποθήκευσης(warehousing) , παραγωγής (manufacturing), σε νοσοκομεία κ.α.
- Κινούνται αυτόνομα σε μια περιοχή και όχι σε προκαθορισμένα ελεγχόμενα μονοπατια όπως τα AGVs

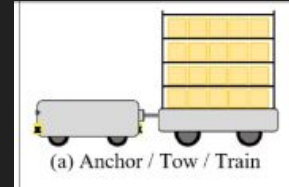


- Αποκέντρωση λήψης αποφάσεων και τελείως αυτόνομη λειτουργία. Δεν υπάρχει πλέον μια κεντρική μονάδα λήψης αποφάσεων όπως η δρομολόγηση και η αποστολή για όλα τα AGVs.
- Έχουν την δυνατότητα να συνεργάζονται μεταξύ τους αλλά και με τους ανθρώπους

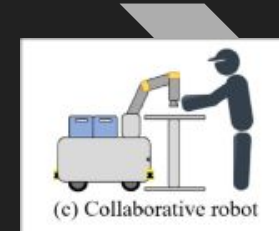
AMRs

- Οι λειτουργίες που εκτελούν χωρίζουν τα AMR σε 3 κύριες ομάδες :

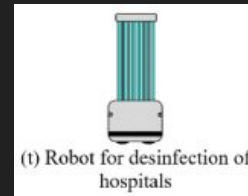
Για χειρισμό υλικού όπως μεταφορά, ταξινόμηση



Ως βοηθητικά , συνεργατικά μηχανήματα



Ως μηχανήματα πλήρους εξυπηρέτησης (full service)



Technological advances

01 Hardware



Sensors

(παροχή δεδομένων για
αυτόματη πλοήγηση)



Manipulating equipment

(συνδυασμός AMR και μηχανημάτων με σκοπό την
επέκταση των λειτουργιών)



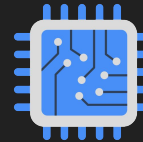
Robot locomotion
mechanism

(σταθεροτητα στην κίνηση,
ικανότητα ελιγμων)



High-capacity batteries

(μεγαλύτερη αυτονομία και ισχύς
σε υπολογισμούς αυτ.
πλοήγησης και λειτουργίες)



Processing devices

(Αύξηση ικανότητας λήψης αποφάσεων όπως η
αντίδραση σε εμπόδια)

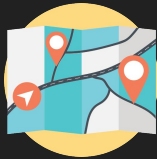
Technological advances

02 Software



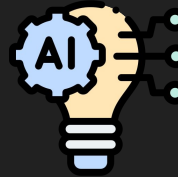
Simultaneous localization and mapping SLAM

(τεχνολογία για πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο, χαρτογράφηση, υπολογισμός της θέσης ενός AMR σε χάρτη)



Motion planning

(προγραμματισμός κίνησης, προσαρμογή σε πιθανή κυκλοφοριακή συμφόρηση, δημιουργία νέων διαδρομών για αποφυγή εμποδίων)



Artificial intelligence

Αυτόνομη λειτουργία, αποφάσεις σε απρόβλεπτο περιβάλλον όπως εντοπισμός και αποφυγή εμποδίων

Control and Decision Making

Πρόβλημα: Οι εντολές δίνονται κεντρικά, όμως το κάθε όχημα έχει πληροφορίες τοπικά και οι τοπικές αποφάσεις μπορεί να μην είναι βέλτιστες

Πως ελαχιστοποιείται η πιθανότητα σφάλματος των αποφάσεων;

- Ρύθμιση του χρόνου που παρέχεται για να ληφθεί μια απόφαση
- Επιλογή για τα μέρη στα οποία θα δοθούν οι εντολές
- Καθολικές αποφάσεις για τη διαδρομή των οχημάτων



Πώς καταλήγουμε στο σωστό συμπέρασμα;

- Μαθηματικά μοντέλα και προσομοιώσεις
- Απλά AMR για να παίρνουν πιο εύκολα καθολικές αποφάσεις

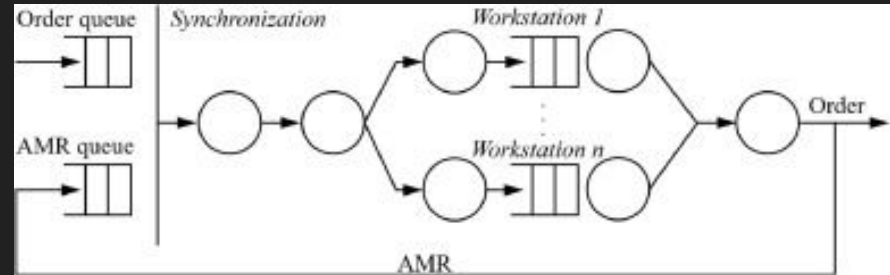
Αυτή η μέθοδος πετυχαίνει και το ελάχιστο κόστος



Number and type of vehicles

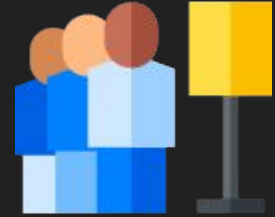
Ερώτημα: Χρειάζεται να βρεθεί ο κατάλληλος αριθμός οχημάτων έτσι ώστε να γίνονται όλα γρήγορα, χωρίς τα οχήματα να κάνουν πολλές διαδρομές, αλλά να μην προκαλούνται προβλήματα και ουρές στην κυκλοφορία τους

- Ένας τρόπος είναι μέσω προσομοιώσεων και μελέτης της αποδοτικότητας και της κυκλοφοριακής συμφόρησης στους διαδρόμους σε συνδυασμό με ακέραιο - γραμμικό προγραμματισμό
- Μέσω συστήματος ουράς μπορεί να μελετηθεί ο ρυθμός άφιξης των οχημάτων σε κάθε διάδρομο



Τι είδους ουρά μελετάται για το δίκτυο:

- Ανάλογα με τον τύπο οχημάτων, υπάρχει περιορισμός στον πληθυσμό τους
- Οπότε θα χρειαστεί **semi-open queue network**
- Γιατί συνδυάζει εσωτερικές και εξωτερικές ουρές
- Έτσι υπολογίζεται και ο ιδανικός αριθμός και η ταχύτητα των ρομπότ



Η λύση βρίσκεται με Μαρκοβιανή αλυσίδα

- Στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του χρόνου αναμονής
- Υπολογίζεται ο μέσος χρόνος αναμονής και ο μέσος αριθμός οχημάτων σε κάθε ουρά
- Με δοκιμές επιλέγεται ο αριθμός οχημάτων με τον οποίο φαίνεται η διαδικασία να συμβαίνει πιο γρήγορα



Zoning and service points

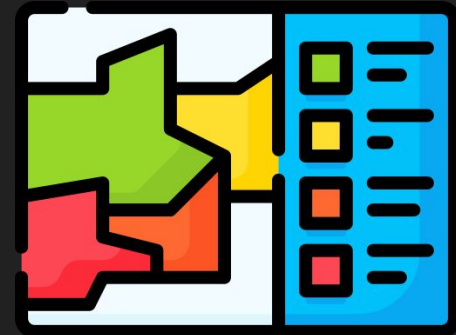
Πρόβλημα: Μεταφορά απο προκαθορισμένες διαδρομές μετακίνησης (AGV) σε μεταβλητές περιοχές (AMR)

Χρειάζεται συνδυασμός :

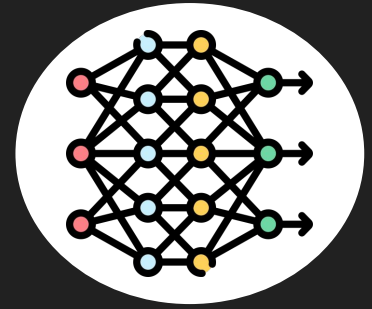
- 1) Ανάλυσης των περιοχών που θα γίνει η εξυπηρέτηση
- 2) Τον ορισμό σταθερών ή/και μεταβλητών σημείων εξυπηρέτησης
- 3) Δημιουργία ζωνών (επικαλυπτόμενες, διαιρούμενες κλπ)
- 4) Αριθμός οχημάτων σε κάθε ζώνη

Στόχοι :

- Μείωση του κόστους
- Αύξηση παραγωγικότητας
- Αύξηση ανταπόκρισης του συστήματος
- Αύξηση διαθεσιμότητας των οχημάτων



Queuing networks

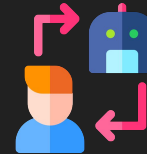


Semi-open queuing networks (με simulations)

- Να βρεθεί ο βέλτιστος αριθμός οχημάτων, παραλαβής και αναπλήρωσης σταθμών
- Να ερευνηθεί η επίπτωση των θέσεων των οχημάτων και των ζωνων με διαφορετικά είδη οχημάτων στην διεκπεραιωτική ικανότητα.

Closed 2-phase queuing network ενσωματωμένο με markov decision process:

- Μεταβάλλει δυναμικά τον αριθμό των ζωνών σε ένα σύστημα ρομποτικών ανθρώπων → εύρεση μεγ. διεκπεραιωτικής ικανότητας.

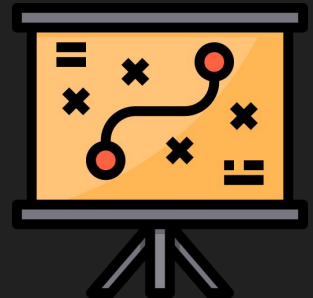


Queuing network modeling και markov decision processes → καλή ακρίβεια και αποδεκτός χρόνος υπολογισμού στα δυναμικά σημεία εξυπηρέτησης

Path planning

Στόχος: Εύρεση συνεχόμενου, deadlock-free μονοπατιού, με μικρό χρόνο κίνησης, απο την αρχική στην τελική θέση, έτσι ώστε να κινηθεί αυτόνομα, πιθανόν σε μεγάλο πλήθος.

Περιορισμοί από στατικά ή δυναμικά εμπόδια, το μέγεθος του ρομποτ, διαστάσεις της λωρίδας και της ταχύτητας μπορεί να προστεθούν για να βρεθεί το βέλτιστο μονοπάτι.



Μέθοδος για 1 όχημα

- Παραλλαγές του Dijkstra αλγορίθμου (A* & D*Lite)

$$A^* \rightarrow \min f(n) = g(n) + h(n)$$

$g(n)$: μονοπάτι από την αρχή ως τον κόμβο n

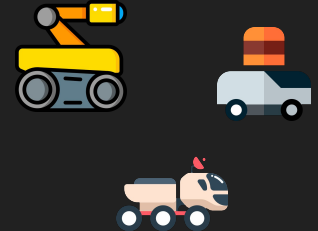
$h(n)$: η χειριστική μικρότερη απόσταση του κόμβου N από το τέλος

ο D*Lite λειτουργεί ανάποδα από το τέλος προς την αρχή



Μέθοδος για πολλά οχήματα

- Βελτιωμένη μέθοδο dijkstra: προκαθορισμός μονοπατιού κάθε task. Συγκρίνοντας τα routes μπορούν να εμφανιστούν πιθανά σημεία συμφόρησης και να τα αποτρέψουμε
- Quadratic optimization program για μια κεντρική συντονισμένη στρατηγική → μειώνεται ο χρόνος διαπραγματεύσεων μεταξύ των οχημάτων.



Μέθοδος για πολλαπλά οχήματα με εμπόδια

Έχει προταθεί αλγόριθμος βασισμένος στο A* που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σχεδιαστούν οι μικρότερες ενεργειακές κινήσεις για φορτία μονάδας





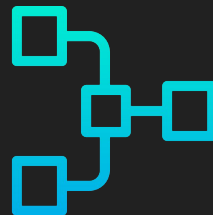
Scheduling

- Οι περισσότερες μελέτες μέχρι σήμερα αφορούν AMRs για χειρισμό υλικού (πχ. transportation tasks στην βιομηχανία) .
- Μοντελοποίηση με MILP ή Network Flow (συνήθως) .



Παράδειγμα: Container terminal – Προγραμματισμός μεταφοράς

Μοντελοποιείται σαν network flow πρόβλημα με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς



Επιλύεται συνήθως με Simplex method αλλά και greedy algorithms σε ορισμένες περιπτώσεις.

Αποτελεσματικότερος αποδεικνύεται ο Greedy Vehicle Search αλγόριθμος.



Future Research Agenda

Συμπεράσματα για τη μελλοντική ερευνητική ατζέντα για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο των AMR :

- Απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να βοηθήσουν και να αποφασίσουν ποιες λειτουργίες θα πρέπει να είναι κεντρικές και αποκεντρωμένες και ποιος βαθμός αυτονομίας θα πρέπει να δοθεί στο AMR.
- Απαιτούνται νέες προσεγγίσεις για τον βέλτιστο αριθμό των οχημάτων, καθώς τα AMR εισέρχονται σε νέα περιβάλλοντα intralogistics και παρέχουν περισσότερες υπηρεσίες.
- Απαιτούνται νέα μοντέλα αποφάσεων για τη διαχείριση του εξοπλισμού των AMRs .(προγραμματισμό των εργασιών κατασκευής και αποθήκευσης, αλλά και σε νέους τομείς εφαρμογής).
- Νέες μέθοδοι για την κατανομή εργασιών (για μεγάλης κλίμακας συστήματα AMR–πχ. αποθήκες Amazon) .



Conclusion

- Τα AMRs έχουν βοηθήσει σημαντικά στην επίτευξη λειτουργικής ευελιξίας και στην αύξηση της απόδοσης στην παραγωγικότητα, την ποιότητα και (μερικές φορές) την αποδοτικότητα στην βιομηχανία.
- Αυτή η βιβλιογραφική μελέτη περιέχει τις κρίσιμες τεχνολογικές εξελίξεις και έχει εντοπίσει τομείς λήψης αποφάσεων για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο των AMR. Δομεί τη βιβλιογραφία, δίνει έναν ορισμό των AMR και παρουσιάζει προσεγγίσεις και μεθόδους για τον έλεγχο και τον σχεδιασμό των AMRs.
- Η ταυτόχρονη αντιμετώπιση πολλών μεταβλητών αποφάσεων, όπως ο προσδιορισμός του αριθμού των οχημάτων, ο προσδιορισμός ζωνών και τοποθεσιών σημείων εξυπηρέτησης ή ο ταυτόχρονος προγραμματισμός και ο σχεδιασμός διαδρομής και οδηγεί πιο ισορροπημένες και αποτελεσματικές αποφάσεις.





Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!

