



Ευφυή συστήματα (Intelligent Systems)

Στέλιος Τιμοθέου

Επίκουρος Καθηγητής

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Κέντρο Αριστείας για Έρευνα και Καινοτομία ΚΟΙΟΣ

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη



- Ορισμός ευφυών συστημάτων
- Τεχνολογίες ευφυών συστημάτων
- Εφαρμογές ευφυών συστημάτων

Τι είναι ευφυΐα;

- «Ευφυΐα είναι η ικανότητα ενός ατόμου να προσαρμόσει τη σκέψη του σε νέες απαιτήσεις· είναι η κοινή διανοητική ικανότητα προσαρμογής στα νέα καθήκοντα και συνθήκες της ζωής» (William Stern, 1912)
- Το να είναι κάποιος ευφυής σημαίνει να είναι σε θέση να συλλάβει γνωστικά φαινόμενα, να κρίνει, να συγκρίνει διάφορες περιπτώσεις, ή να είναι σε θέση να μάθει παρά να κάνει κάτι ενστικτωδώς ή αυτόματα.

Τι είναι ευφυΐα;

Χαρακτηριστικά ευφυών συστημάτων:

- Μάθηση από εμπειρίες
- Απομνημόνευση και ανάκτηση πληροφοριών και γεγονότων ακόμα και στην παρουσία θορύβου
- Κατανόηση καταστάσεων ακόμα και στην παρουσία αβεβαιότητας
- Λήψη αποφάσεων και επίλυση προβλημάτων μέσω συλλογιστικής
- Δημιουργικότητα
- Συναισθηματικότητα
-

Παράδειγμα

- Μάθηση από εμπειρίες
- Ανάκτηση πληροφοριών
- Κατανόηση καταστάσεων
- Λήψη αποφάσεων
- Επίλυση προβλημάτων
- Δημιουργικότητα
- Συναισθηματικότητα
-

Ερώτηση: Μπορούμε να επιτύχουμε αυτόνομη οδήγηση;



Παράδειγμα: Αναγνώριση τύπου οχήματος



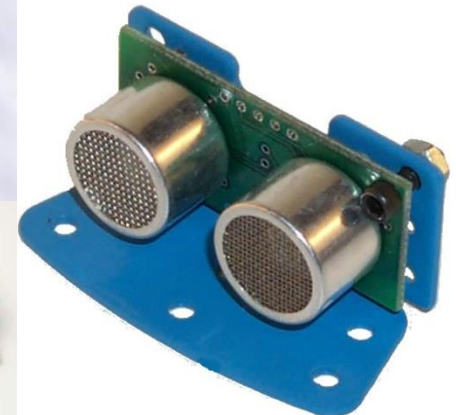
Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα



- **Οι πέντε αισθήσεις:** Αφή, Ακοή, Όραση, Γεύση & Όσφρηση
- **Καταγραφή Δεδομένων:** Μνήμη
- **Αναπαράσταση γνώσης:**
Εγκέφαλος
- **Μάθηση & Λήψη αποφάσεων:**
Εγκέφαλος
- **Δραστηριοποίηση Αντίδρασης:**
Εγκέφαλος, Νευρικό & Μυϊκό Σύστημα

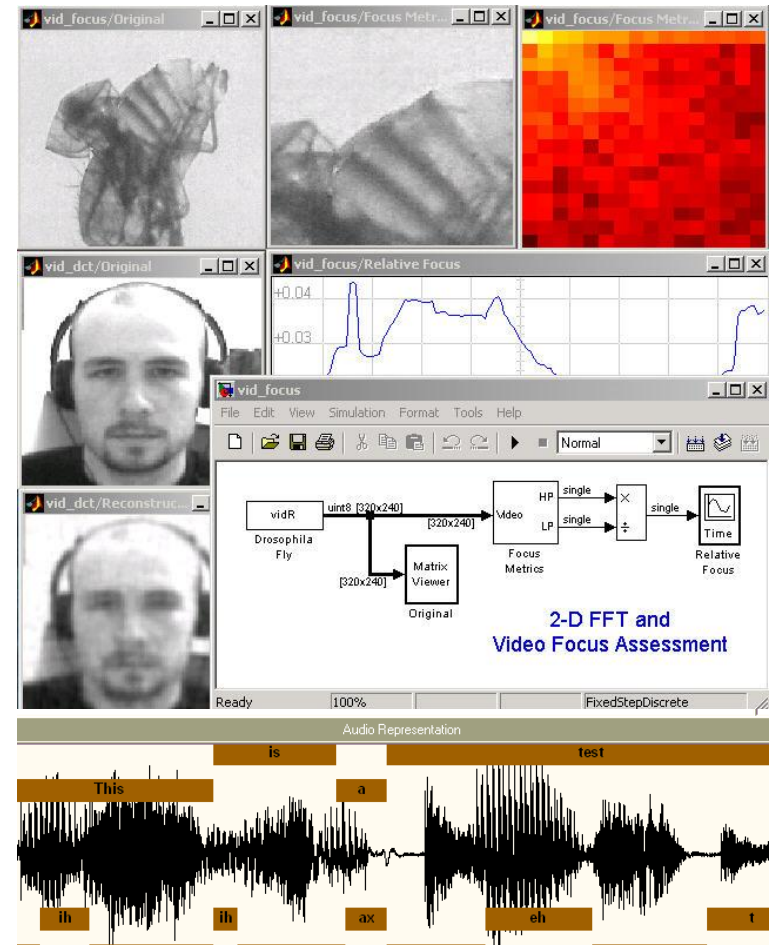
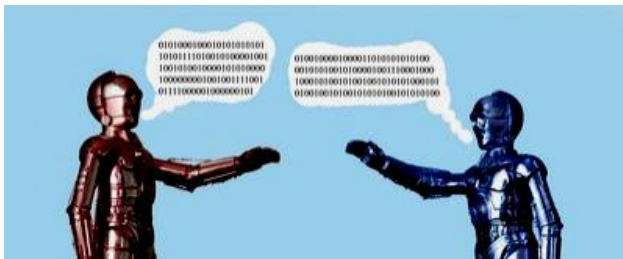
Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα: Αισθητήρες και Δεδομένα

- Όργανα Συλλογής και Αποθήκευσης Πληροφοριών
 - Αφή (οθόνες αφής)
 - Ακοή (μικρόφωνα)
 - Όραση (κάμερες)
 - Γεύση & Όσφρηση (αισθητήρες με χημικές αντιδράσεις και παραγωγή μετρήσιμων ποσοτήτων ρεύματος)



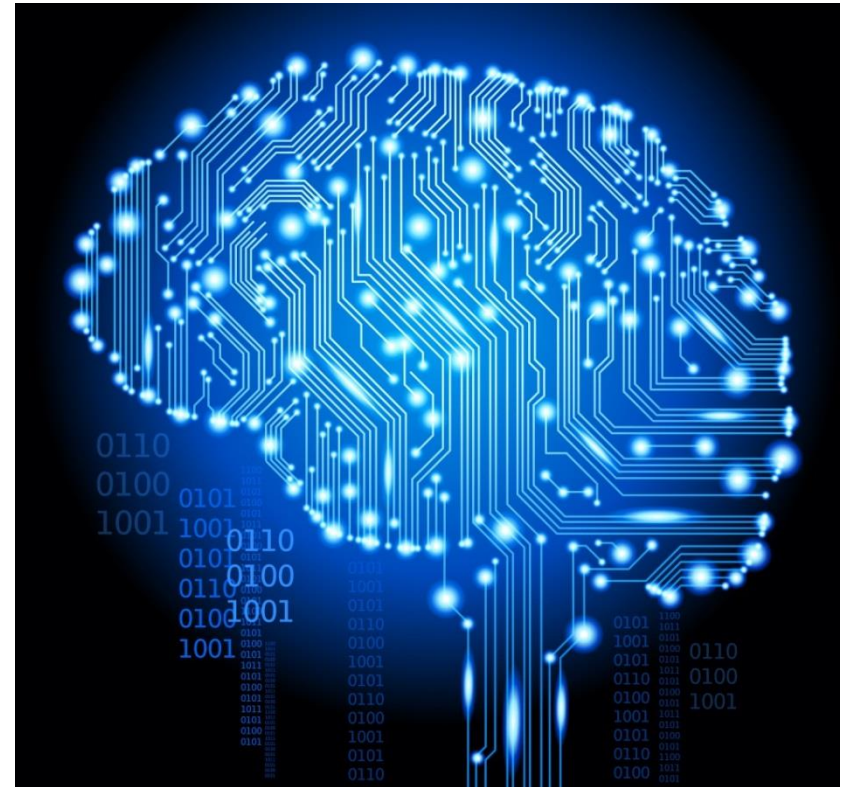
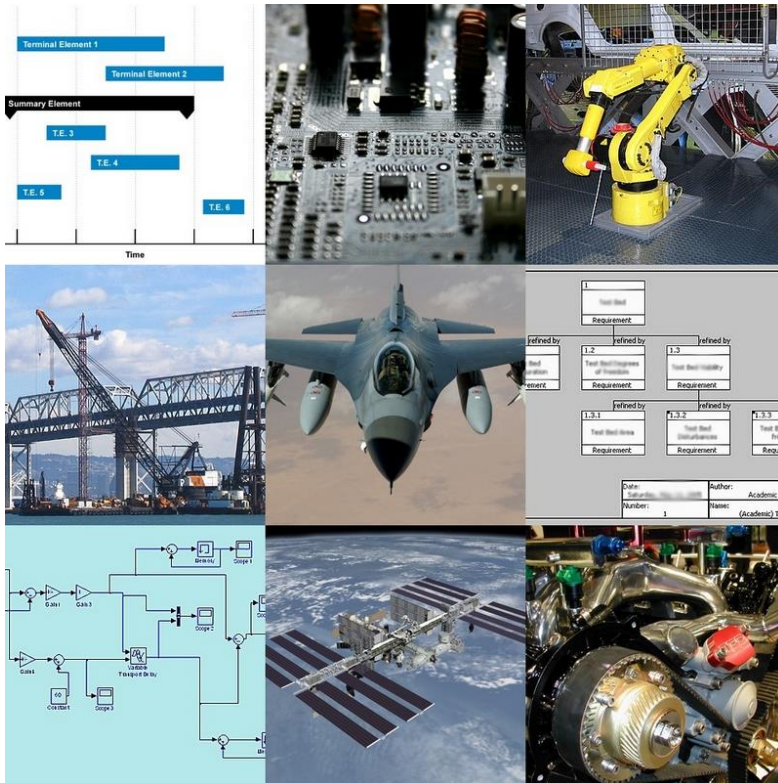
Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα: Επικοινωνία

- Φωνή, ακοή, χειρονομίες
- Όργανα Επικοινωνίας
 - Επεξεργασία Εικόνας
 - Επεξεργασία Ήχου
- Ευφυή συστήματα
 - Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, δίκτυα υπολογιστών



Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα: Μνήμη

- Συλλογή, κωδικοποίηση και αποθήκευση δεδομένων



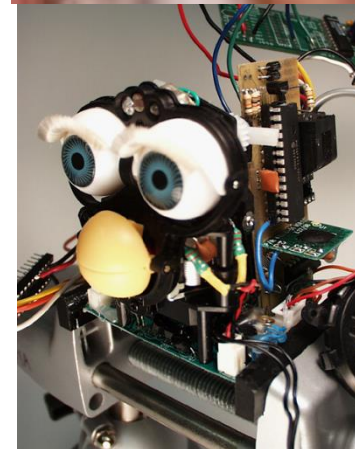
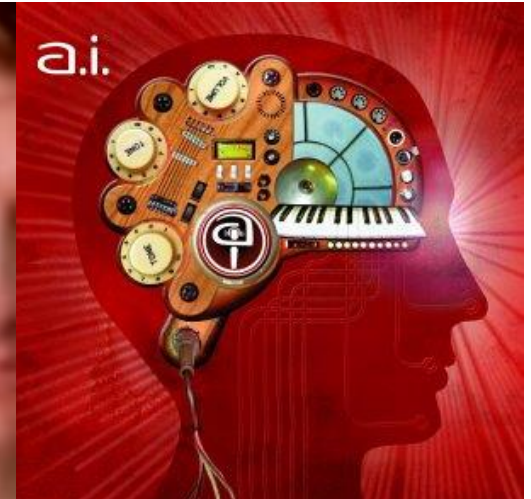
Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα: Μάθηση και λήψη αποφάσεων

■ Εγκέφαλος

- Ανάλυση και Επεξεργασία Δεδομένων
- Κατανόηση
- Μάθηση
- Λήψη αποφάσεων

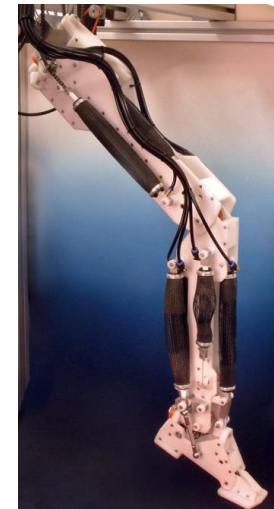
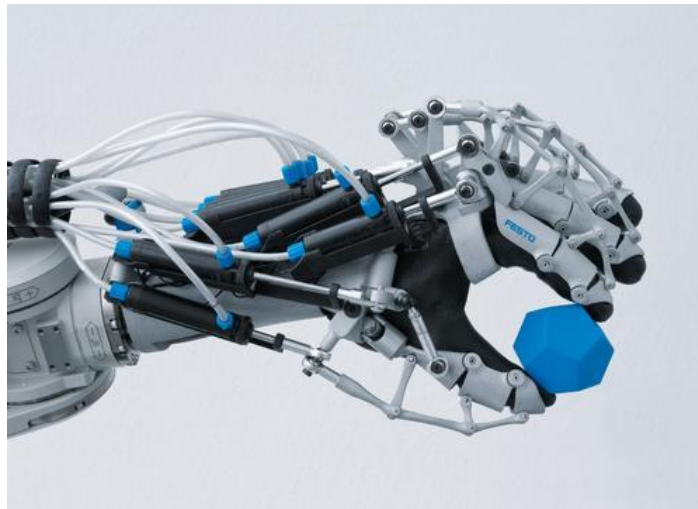
■ Ευφυή συστήματα

- Υλικό: Επεξεργαστές και Κυκλώματα
- Λογισμικό: Αλγόριθμοι Ελέγχου
- Τεχνητή Νοημοσύνη



Ο Άνθρωπος ως ευφυές σύστημα: Δράση

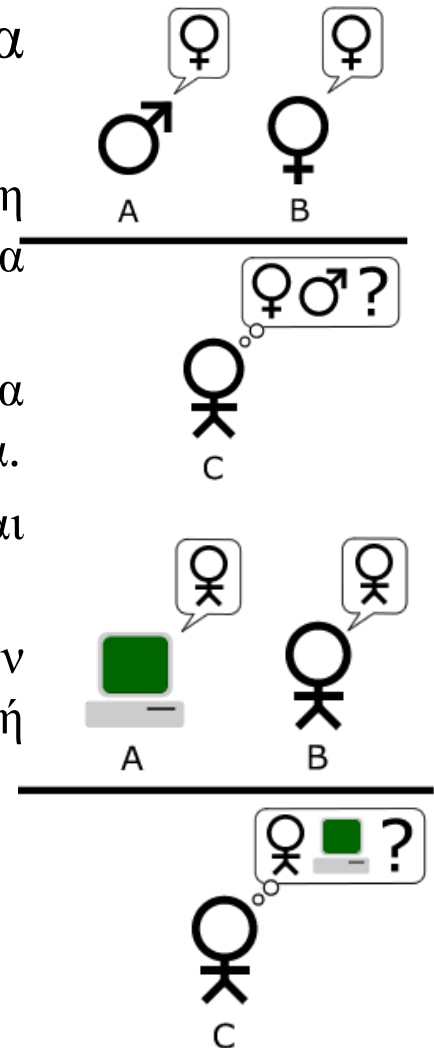
- Εγκέφαλος & Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
 - Αποστολή κατάλληλων σημάτων
- Μυοσκελετικό Σύστημα
 - Εκτέλεση εργασιών
- *Ευφυή συστήματα*
 - Ενεργοποίηση Σημάτων για Ενεργοποιητές και Μηχανο/Ηλεκτρολογικά Μέρη υπολογιστή/συστήματος για τις κατάλληλες ενέργειες!



Πότε μια μηχανή είναι ευφυής;

Το *Turing* τεστ ακριβώς προτείνει ένα πείραμα για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα:

- **Φάση Α:** Ένα ανθρώπινος κριτής Γ συντονίζει μια συζήτηση μεταξύ ενός άνδρα Α και μιας γυναίκας Β προσπαθώντας να μαντέψει ποια είναι η γυναίκα.
- Η γυναίκα προσπαθεί να πείσει τον κριτή Γ ότι είναι η γυναίκα ενώ ο άνδρας να εξαπατήσει τον κριτή ότι αυτός είναι η γυναίκα.
- **Φάση Β:** Ο άνδρας Α αντικαθίσταται από μηχανή και επαναλαμβάνεται το παιχνίδι.
- Αν ο κριτής Γ δεν μπορεί να ξεχωρίσει με βεβαιότητα την μηχανή από τον άνθρωπο τότε μπορεί να ειπωθεί ότι η μηχανή πέρασε το τεστ.
- **Κανόνες:**
 - Όλοι οι συμμετέχοντες είναι απομονωμένοι ο ένας από τον άλλο.
 - Η συζήτηση γίνεται χωρίς να αποκαλύπτονται οι ταυτότητες των παικτών.



Πότε μια μηχανή είναι ευφυής;

- Το «Κινέζικο δωμάτιο» είναι ένα πείραμα που αναπτύχθηκε από τον John Searle το 1980 που προσπαθεί να δείξει ότι μια μηχανή που μπορεί να επεξεργαστεί σύμβολα μπορεί να περάσει το Turing τεστ χωρίς να είναι ευφυής.



Πότε μια μηχανή είναι ευφυής;

- Ένα άτομο που δεν ξέρει κινέζικα κλειδώνεται σε ένα δωμάτιο γεμάτο με κινεζικά έγγραφα.
- Στο δωμάτιο υπάρχει μια σχισμή μέσα από την οποία μπαίνουν και άλλα έγγραφα.
- Στο άτομο έχουν δοθεί οδηγίες για να συσχετίζει τα νεοεισερχόμενα έγγραφα με τα ήδη υπάρχοντα βάση των συμβόλων που περιέχουν
- Κάθε ζεύγος εγγράφων που συσχετίζεται στέλεται πίσω από την σχισμή
- Τα έγγραφα που μπαίνουν από την σχισμή είναι οι «ερωτήσεις», τα έγγραφα που βγαίνουν έξω είναι οι «απαντήσεις» και οι οδηγίες που ακολουθεί το άτομο είναι το «πρόγραμμα».
- Αν το «πρόγραμμα» είναι τόσο καλό ώστε να αντιστοιχίζει το σωστό έγγραφο για κάθε πιθανή «ερώτηση», τότε το άτομο μπορεί να απαντήσει όλες τις «ερωτήσεις».

Πότε μια μηχανή είναι ευφυής;

Συμπέρασμα:

- Ο άνθρωπος μπορεί να απαντήσει όλες τις ερωτήσεις χωρίς να γνωρίζει κινέζικα και χωρίς να έχει κατανοήσει τίποτε.
- Εντούτοις αυτό το άτομο συμπεριφέρεται ακριβώς όπως ένας υπολογιστής ο οποίος εκτελεί υπολογισμούς πάνω σε αυστηρώς καθορισμένα στοιχεία βάση των κανόνων που του έχουν δοθεί.
- Αυτή όμως η συμπεριφορά δεν είναι αρκετή για να θεωρηθεί η μηχανή έξυπνη αφού δεν μπορεί να σκεφτεί και να κατανοήσει πράγματα.

Τι είναι τα ευφυή συστήματα;

Είναι τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν εργασίες που θα χρειάζονταν ευφυΐα για να εκτελεστούν από τον άνθρωπο. Είναι τα συστήματα δηλαδή που χρησιμοποιούν τεχνολογίες υλικού και λογισμικού για να

- *επικοινωνούν*
- *μαθαίνουν*
- *αναπαριστούν γνώση*
- *εξάγουν συμπεράσματα μέσω συλλογιστικής*
- *κατανοούν καταστάσεις*
- *παίρνουν αποφάσεις*
- *επιλύουν προβλήματα*
- *ενεργούν*

Ευφυή συστήματα

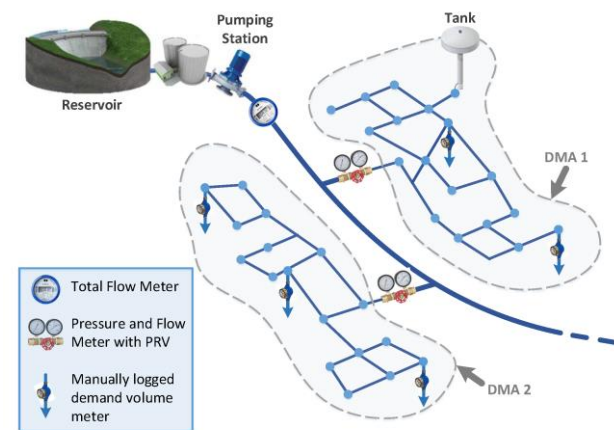
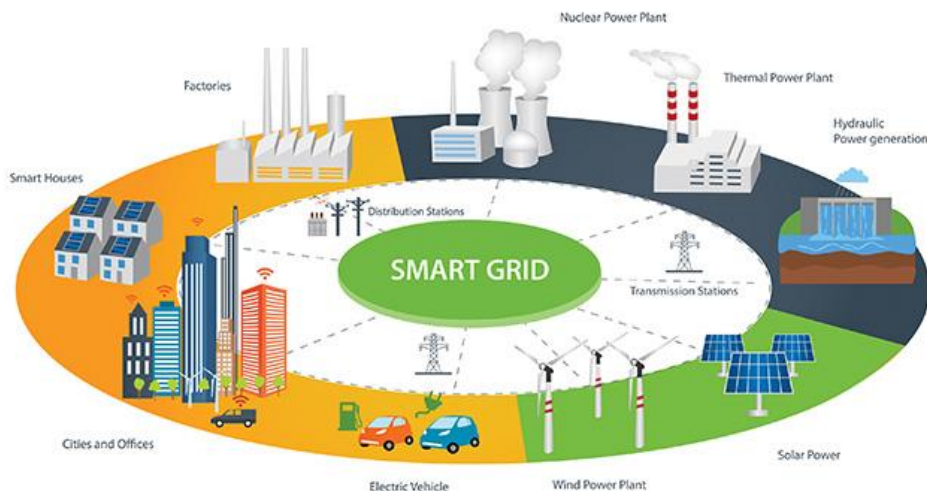
□ Σχετικές περιοχές

- Υπολογιστική νοημοσύνη (Computational Intelligence)
- Τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence)
- Μηχανική μάθηση (Machine Learning)
- Μηχανική όραση (Computer Vision)

□ Χρήσιμες περιοχές

- Μαθηματική Βελτιστοποίηση (Mathematical Programming)
- Γραμμική άλγεβρα (Linear Algebra)
- Στατιστική (Statistics)
- Πιθανότητες (Probabilities)
- Ανάλυση Δεδομένων (Big Data)
- Λογική
-

Ευφυή συστήματα - Εφαρμογές

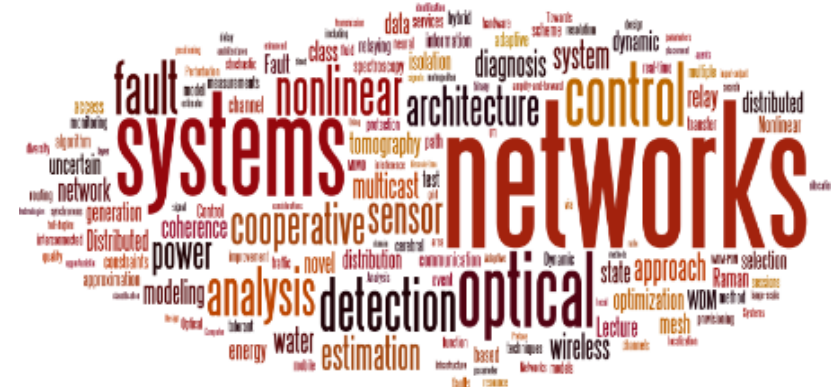


Κέντρο Αριστείας
για Έρευνα και Καινοτομία
ΚΟΙΟΣ



Κέντρο Αριστείας ΚΟΙΟΣ

- Κοίος: ο τιτάνας της ευφύας
- Δημιουργήθηκε το 2008.
- Μέρος του Πανεπιστημίου Κύπρου
- Στεγάζεται στην Πανεπιστημιούπολη
- Ασχολείται με Ευφυή Συστήματα και Δίκτυα με εφαρμογή στις Κρίσιμες Υποδομές
- ~150 άτομα προσωπικό
- 7 Μέλη Ακαδημαϊκού προσωπικού όλα από ΗΜΥ



Κέντρο Αριστείας ΚΟΙΟΣ

- 
- Θεωρητική έρευνα στην μοντελοποίηση, σχεδιασμό, ανάλυση και υλοποίηση ευφών συστημάτων και δικτύων
 - Εφαρμοσμένη έρευνα στην παρακολούθηση, τον έλεγχο και την ασφάλεια συστημάτων κρίσιμων υποδομών (τηλεπικοινωνίες, συστήματα μεταφορών, δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας)
 - Μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφόρων κρίσιμων υποδομών

Κέντρο Αριστείας ΚΟΙΟΣ



Συστήματα Ενέργειας

- Increase stability, fault tolerance
- Reduce emissions, energy consumption, generation costs
- Integrate renewable energy sources



Δίκτυα Νερού

- Increased security, water quality, resilience
- Reduce water losses, energy usage, non-revenue water



Τηλεπικοινωνίες

- Improved network coverage and mobility, reliability, secrecy, data-rates
- Reduced energy consumption



Δίκτυα Μεταφορών

- Increased mobility and productivity
- Reduced accidents, fuel consumption, emissions, congestion cost



Αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης

- Reduce damage of ecosystem, damage to property and destruction of critical infrastructures



Ευφυή Συστήματα Μεταφορών

Εισαγωγή

- Τα συστήματα οδικών μεταφορών είναι υπεύθυνα για:
 - 25% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας,
 - 75% της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων
 - 18% των συνολικών εκπομπών ρύπων
 - 30000 θανάτους/χρόνο
 - Συνολικό κόστος
 - Καύσιμο: ~ €160 B
 - Περιβαλλοντικές επιδράσεις: €176 B
 - Δυστυχήματα: € 232 B
 - Συμφόρηση: 40 ώρες/χρόνο.



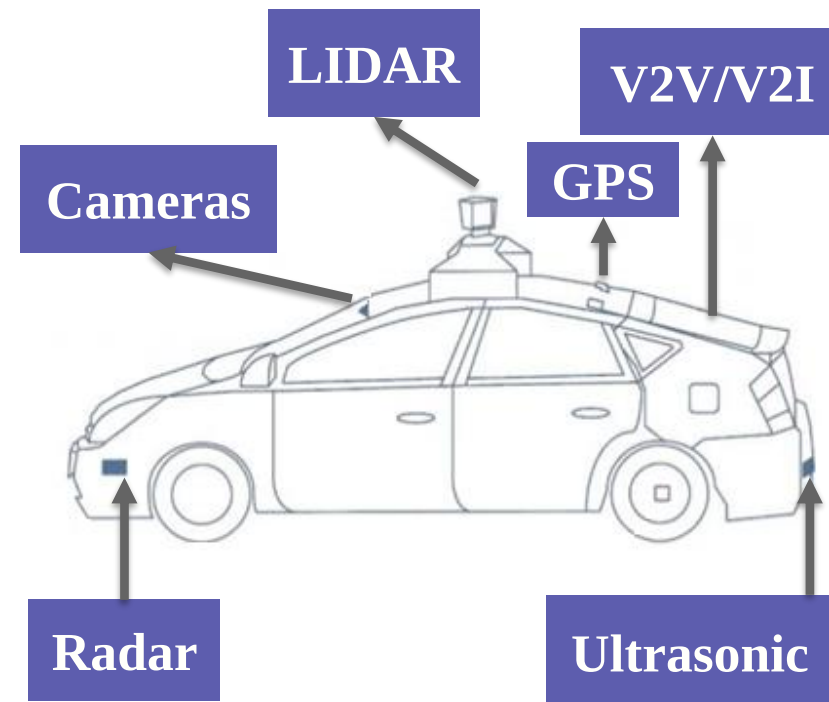
Ευφυή Συστήματα Μεταφορών - Εισαγωγή

Κίνητρο: Η αύξηση της χωρητικότητας της υποδομής μέσω λύσεων **Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών (ΣΕΜ)**

■ **Οι λύσεις ΣΕΜ** ενσωματώνουν τεχνολογίες αισθητήρων, ηλεκτρονικών, πληροφορίας και επικοινωνιών στα συστήματα μεταφορών

■ **Τεχνολογίες ΣΕΜ**

- ☐ Υπολογιστικές πλατφόρμες
- ☐ Τηλεπικοινωνίες
 - V2V, V2I, I2V, I2I
- ☐ Εντοπισμός θέσης (GPS)
- ☐ Αισθητήρες
- ☐ Συστήματα ελέγχου



Ευφυή Συστήματα Μεταφορών - Εισαγωγή

Δυνατότητες

- Τεράστιος όγκος δεδομένων από διάφορες πηγές
- Νέες δυνατότητες ελέγχου
- Συνεργασία μεταξύ χρηστών του οδικού δικτύου
- Αυξημένη υπολογιστική δυνατότητα
- **Πρόκληση:** Εκμετάλλευση αυτών των δυνατοτήτων για να πετύχουμε αποτελεσματική παρακολούθηση και έλεγχο ΣΕΜ.

Προβλήματα



1. Δυναμικός έλεγχος κυκλοφοριακής ζήτησης
2. Πέρασμα διασταύρωσης με χρήση Αυτόνομων και Συνδεδεμένων Οχημάτων (ΑΣΟ)



Δυναμικός έλεγχος κυκλοφοριακής ζήτησης

Ορισμός προβλήματος

■ Δεδομένα

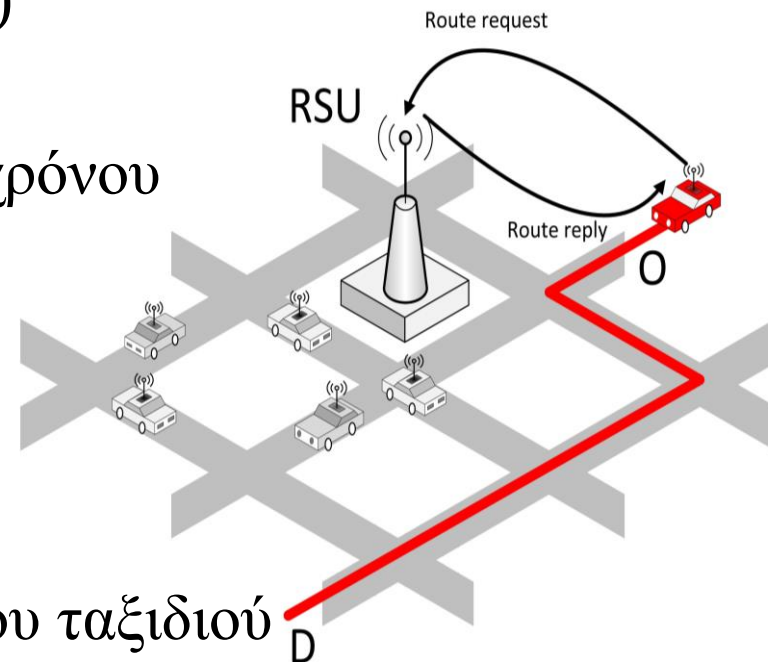
- Οδικό δίκτυο με συνδεδεμένα οχήματα
- Οχήματα ζητούν να μπουν στο δίκτυο (χρόνος και O-D)
- Κατάσταση των δρόμων στο παρόν και στο μέλλον (μέσω κρατήσεων στην υποδομή)

■ Στόχος

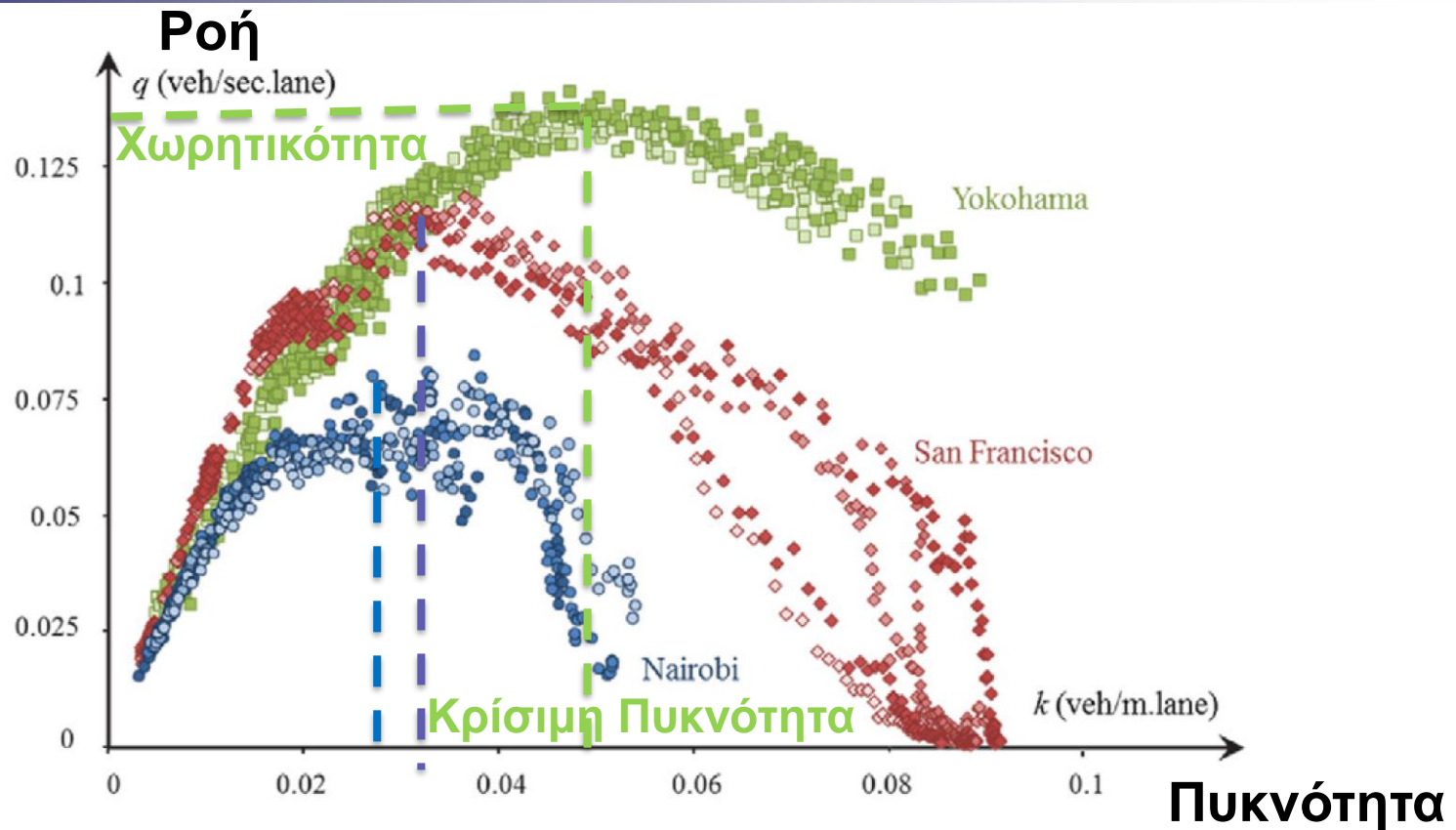
- Ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου ταξιδιού όλων των οχημάτων

■ Αποτέλεσμα

- Η διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει κάθε όχημα
- Καθυστέρηση πριν την έναρξη του ταξιδιού

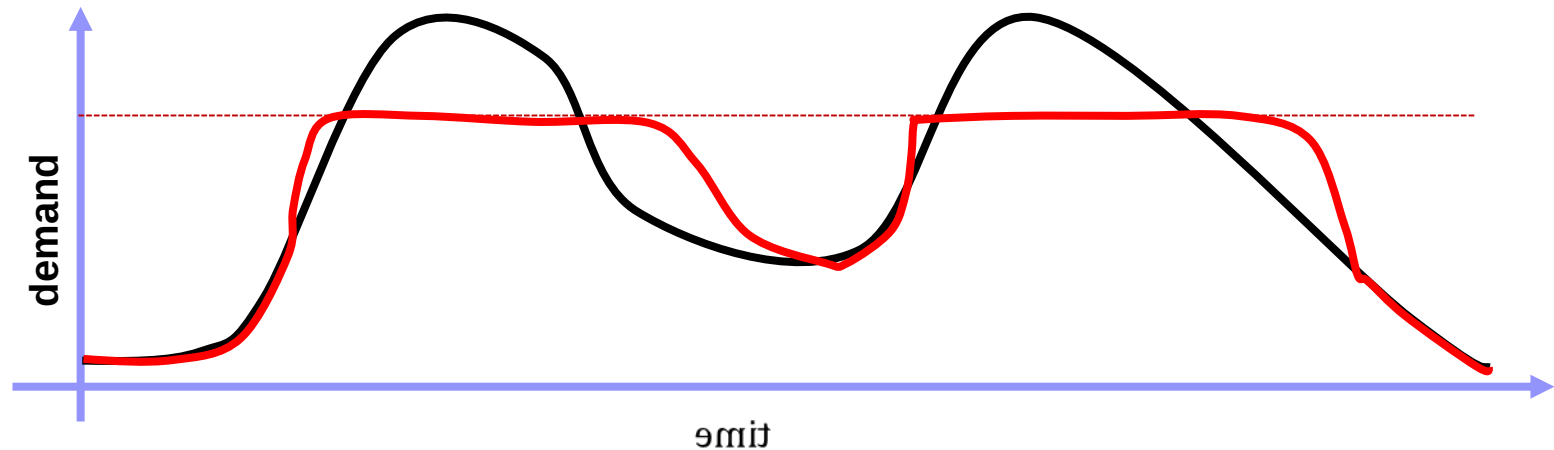


Θεμελιώδες Μακροσκοπικό Διάγραμμα



- Φόρτωση οχημάτων στο δίκτυο μέχρι την κρίσιμη πυκνότητα.

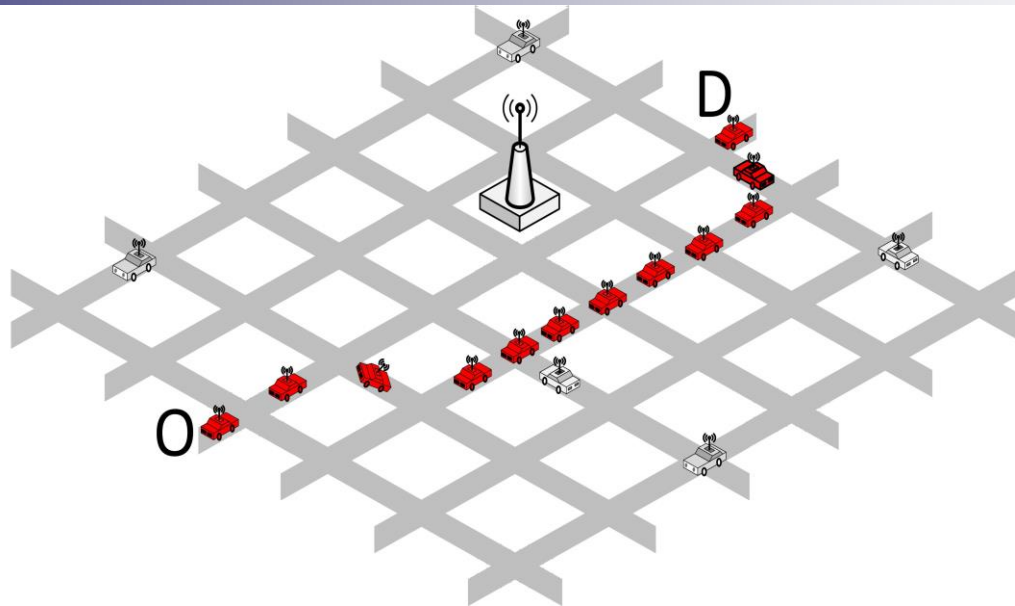
Ζήτηση



Διαχείριση ζήτησης

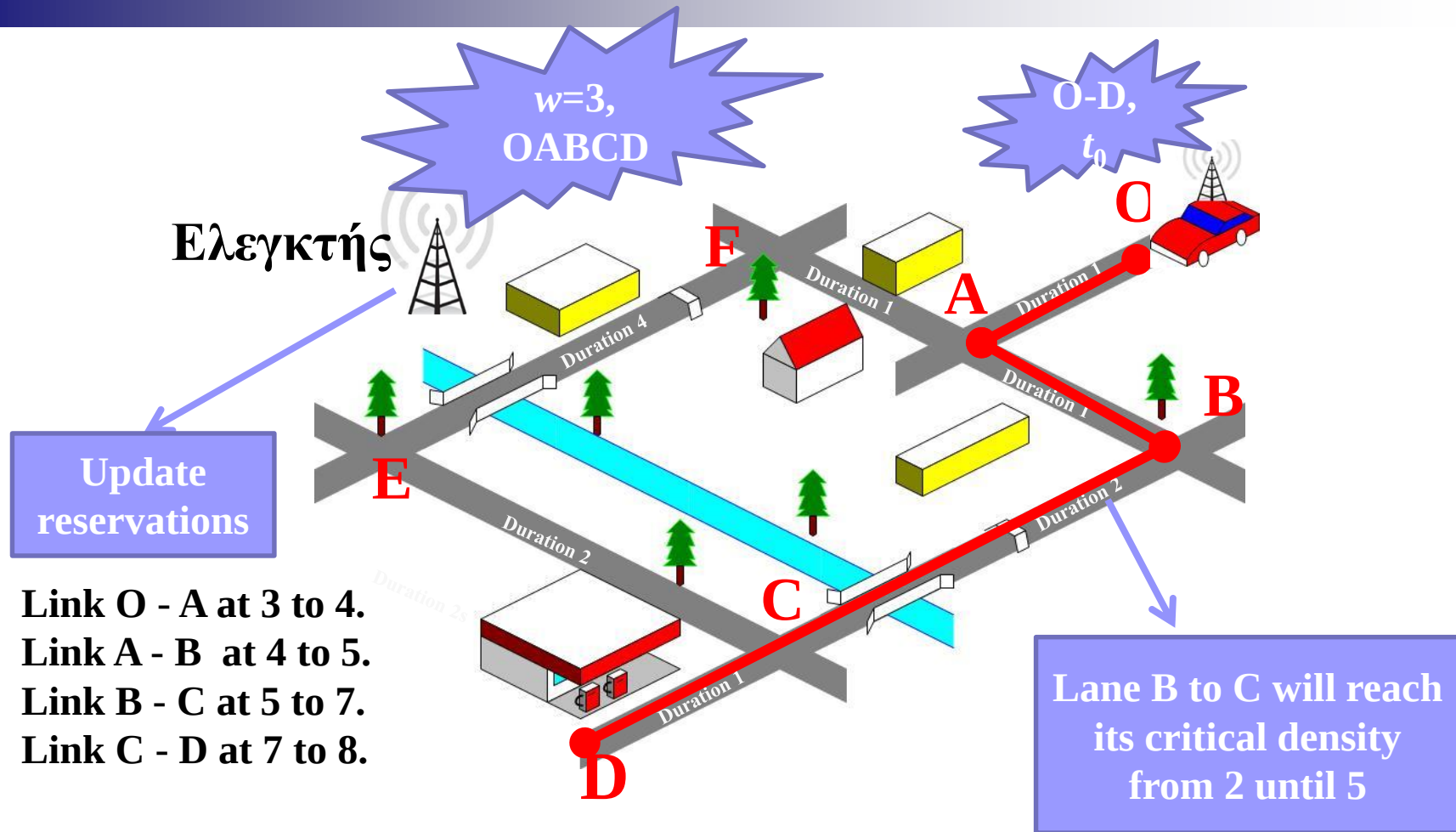
- **Ανακατανομή στο χρόνο**
 - καθυστέρηση οχημάτων
- **Ανακατανομή στο χώρο**
 - χρήση εναλλακτικών μονοπατιών

Ατομική vs Συλλογική Συμπεριφορά

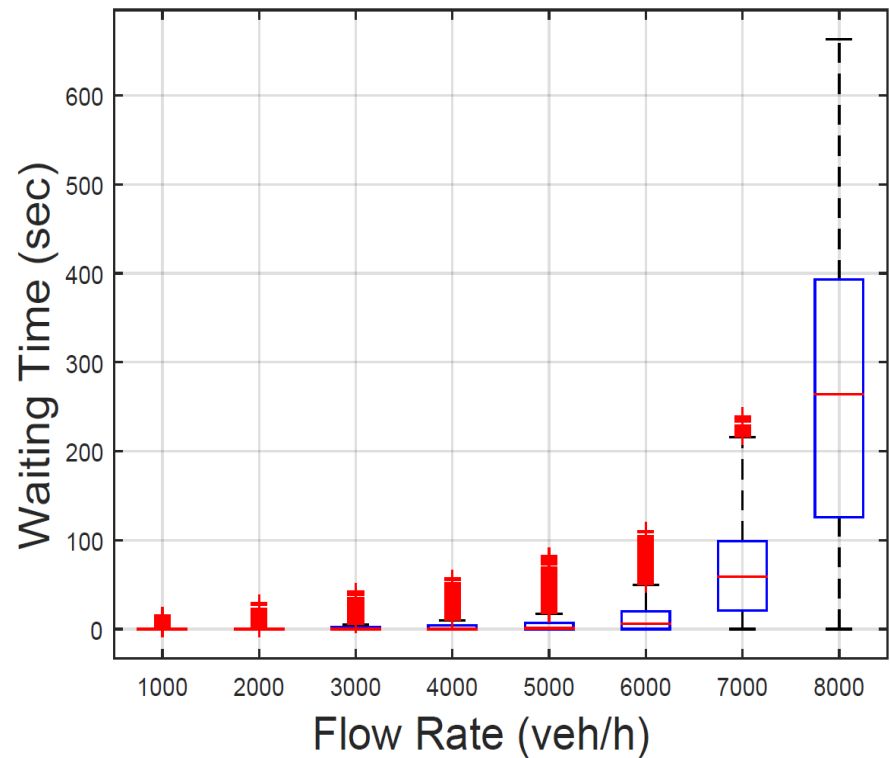
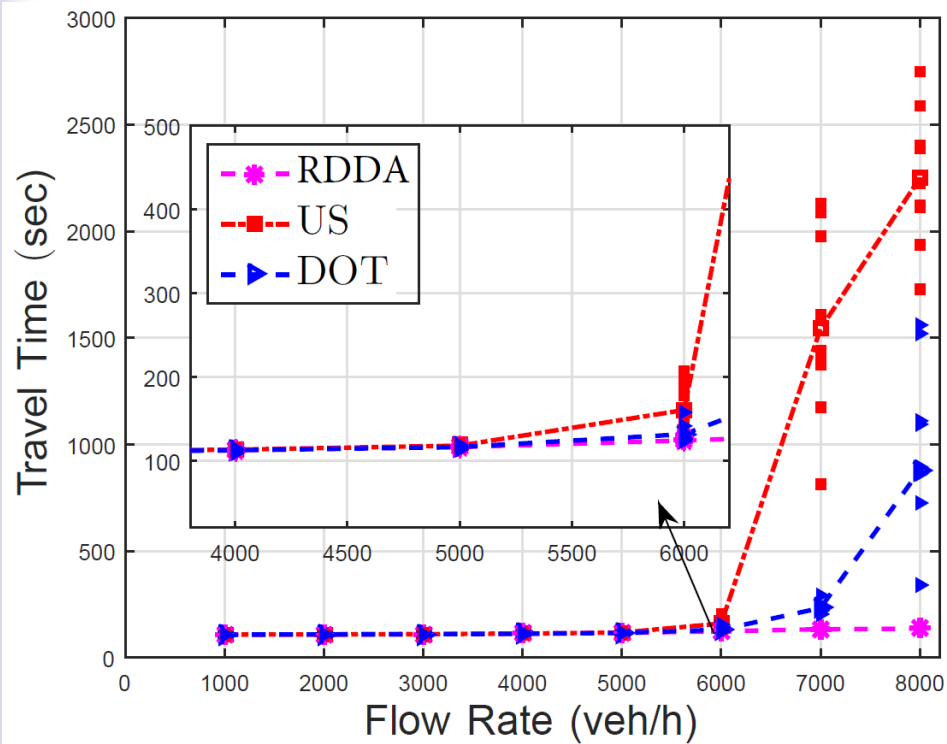


- Οι μέθοδοι δρομολόγησης πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν το καλό του συνόλου παρά το ατομικό καλό.

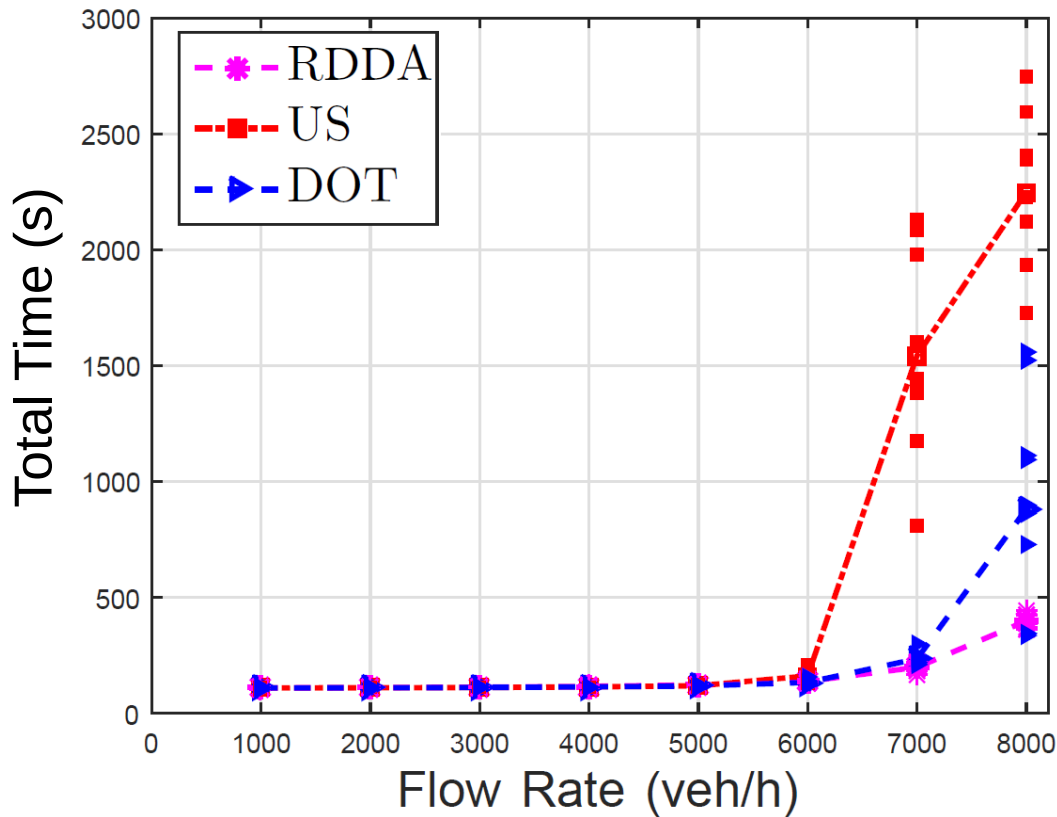
Αρχιτεκτονική συστήματος



Αποτελέσματα

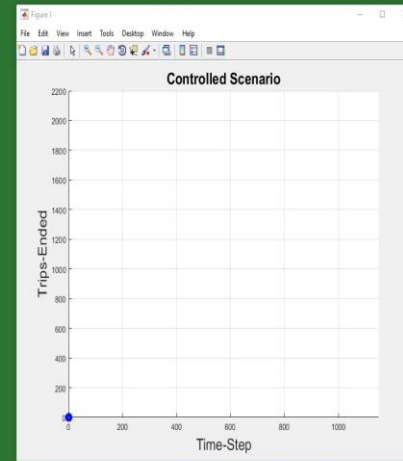
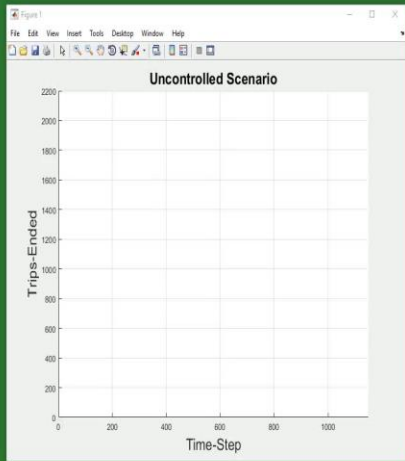


Αποτελέσματα



Total Time = Travel Time + Waiting Time

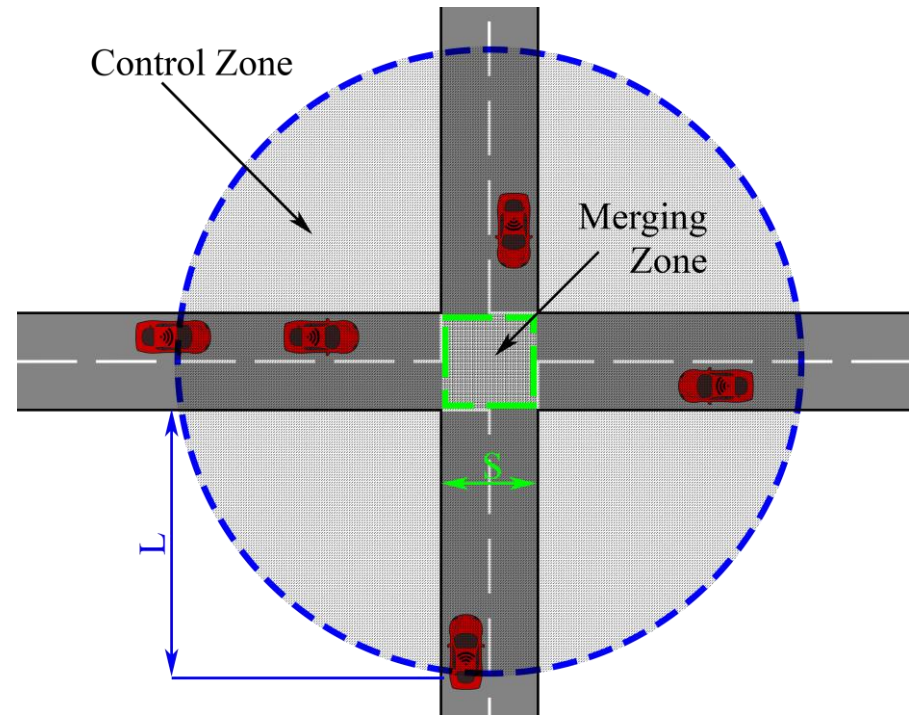
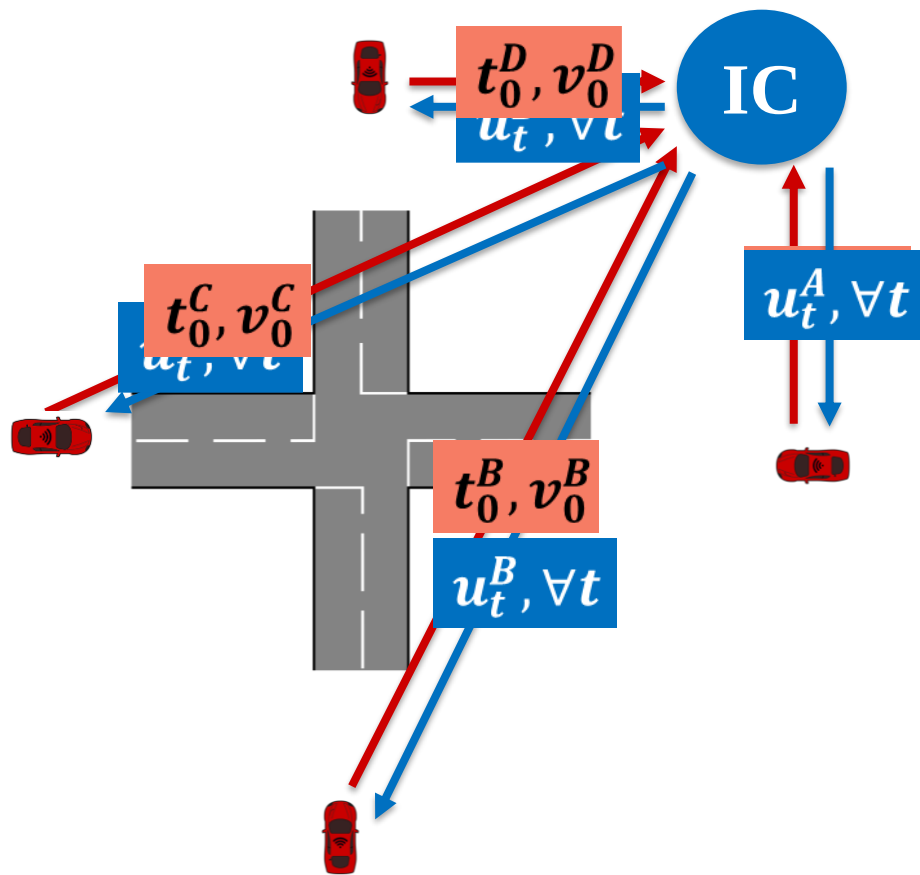
Εξομοίωση





Πέρασμα διασταύρωσης με χρήση Αυτόνομων και Συνδεδεμένων Οχημάτων

Αρχιτεκτονική

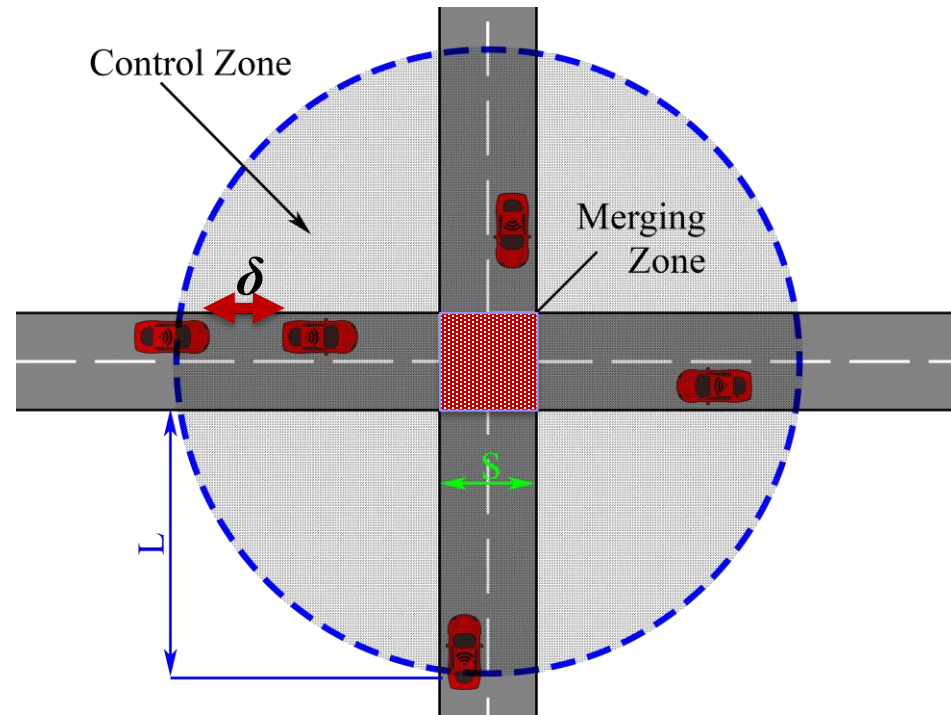


Ορισμός Προβλήματος

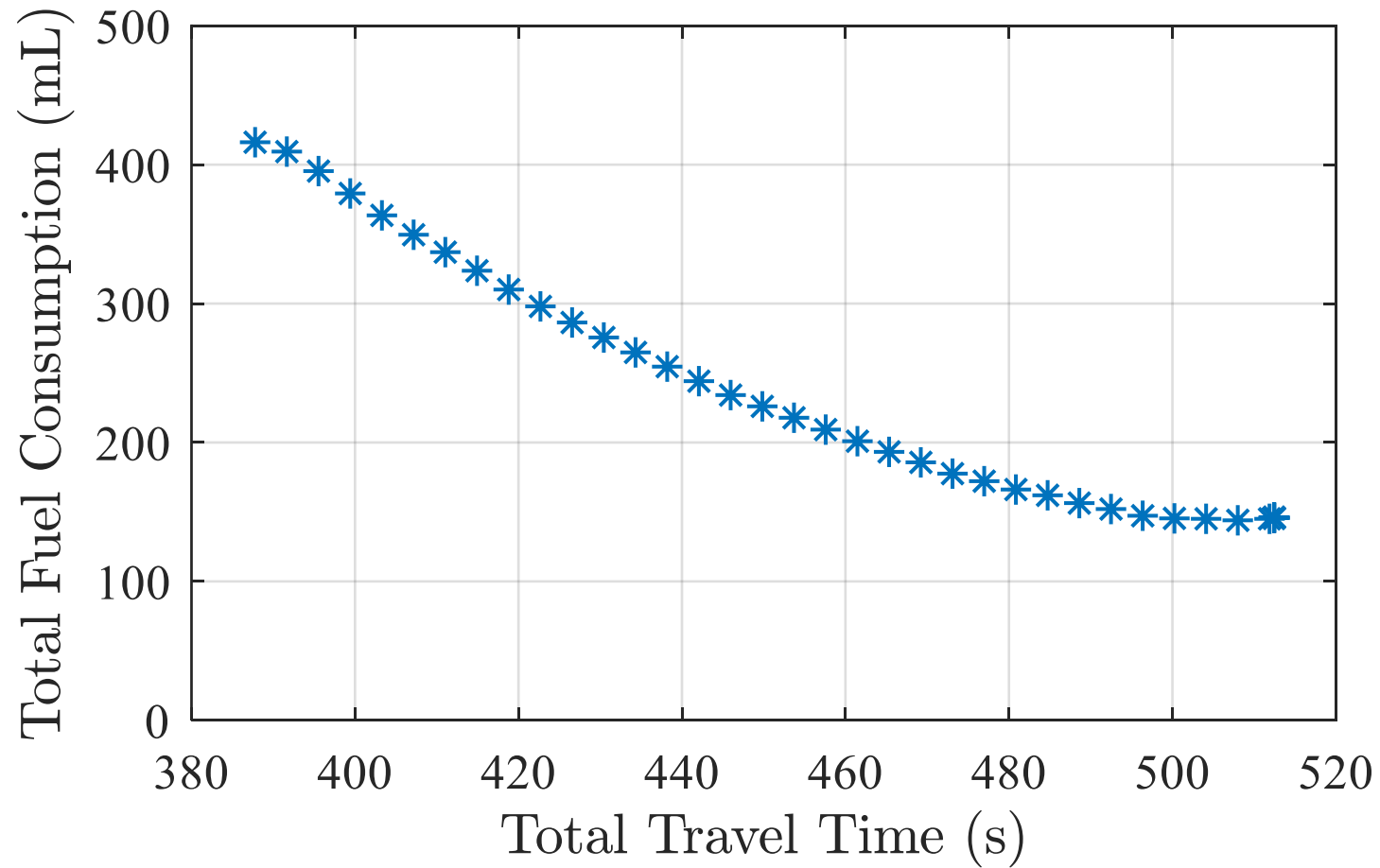
Στόχος: Ελαχιστοποίηση του κόστους καυσίμου και του χρόνου ταξιδιού

Προδιαγραφές

- Εξισώσεις κίνησης οχημάτων
- Αποφυγή κάθετης σύγκρουσης
- Αποφυγή οπίσθιας σύγκρουσης
- Φυσικοί περιορισμοί



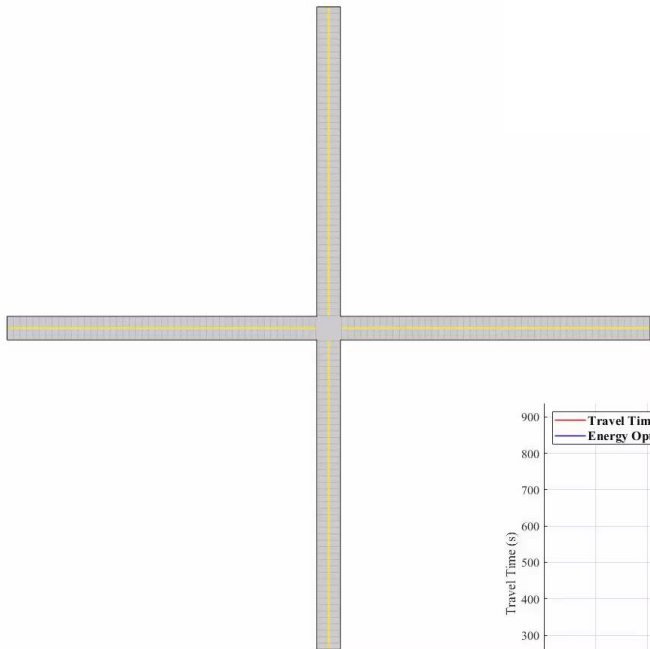
Αποτελέσματα



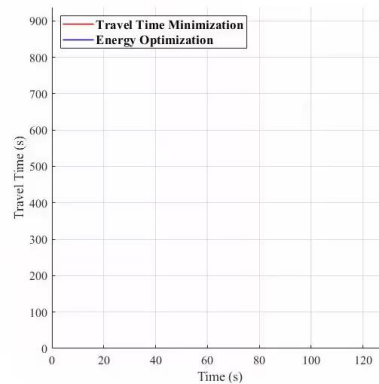
Εξομοίωση

Autonomous Intersection Crossing

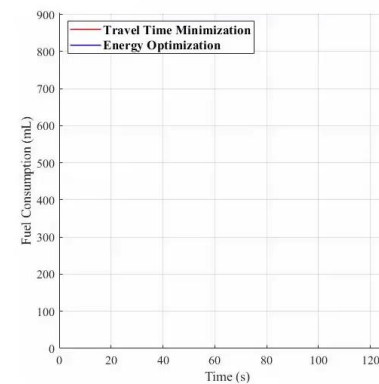
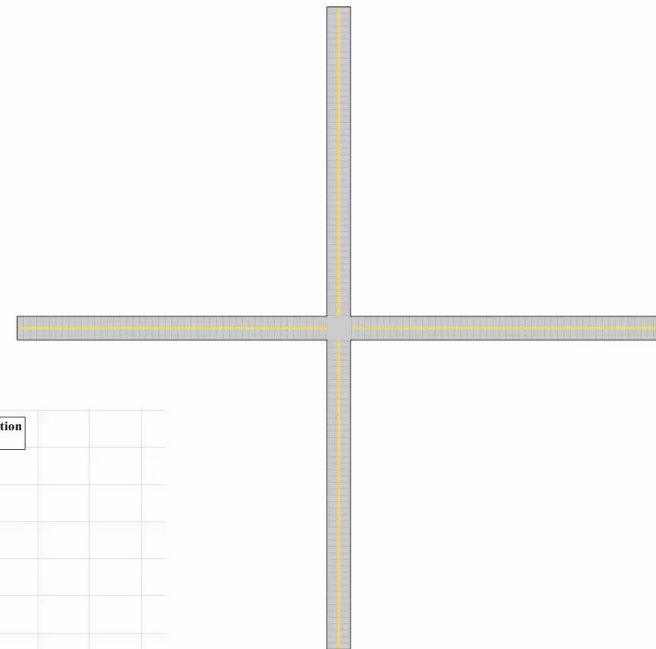
Energy Optimization



(2x speed)



Travel Time Minimization



Συμπεράσματα

- Τα ευφυή συστήματα χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν εργασίες που θα χρειάζονταν ευφυΐα για να εκτελεστούν από τον άνθρωπο.
- Σημαντικό κομμάτι του κλάδου των ΗΜΥ
- Ενδιαφέρουσες εφαρμογές με πολλά επιστημονικά πεδία με σημαντική επίδραση στην κοινωνία



Ερωτήσεις?