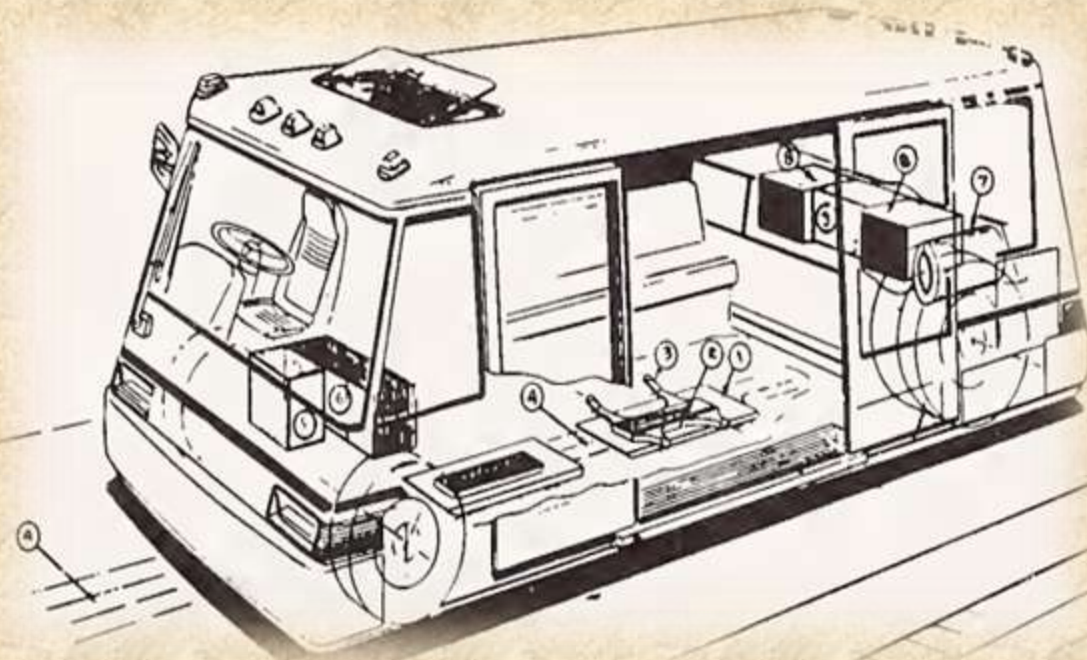




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης της Κατανομής Πόρων
για τη Διαχείριση Λεωφορείων Αστικών Συγκοινωνιών



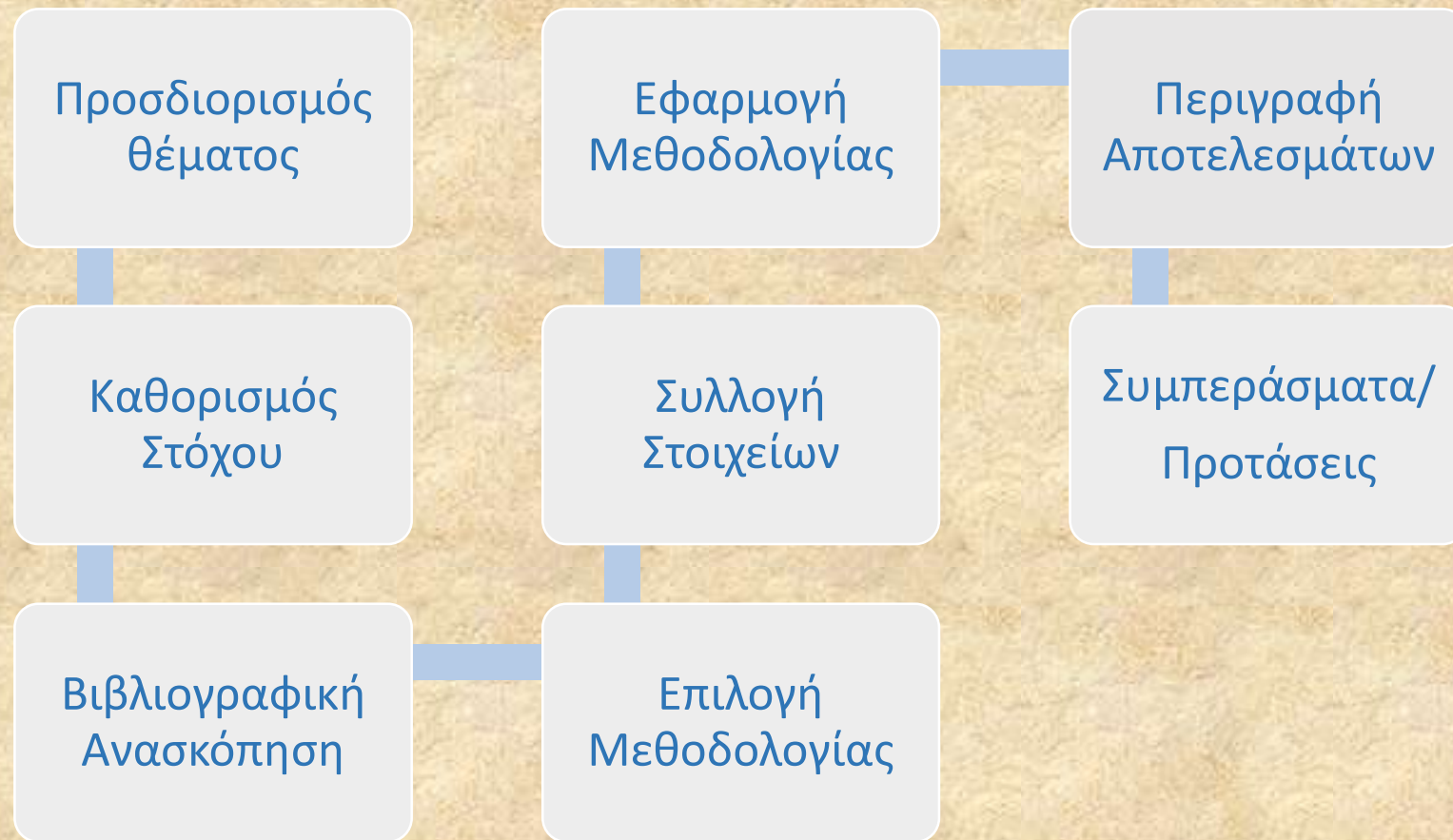
Επιβλέποντες
Καθηγητές:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Κωνσταντίνος Κεραπτσόγλου, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Λάιος Ηλίας

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας



Στόχος και Μεθοδολογία

- Η επίτευξη της βέλτιστης κατανομής πόρων για τη διαχείριση του στόλου λεωφορείων αστικών συγκοινωνιών που διαθέτει ο Ο.Α.Σ.Α. ➡ MIN κόστος
- Αναπτύσσεται μαθηματικό μοντέλο βελτιστοποίησης το οποίο στηρίζεται στις αρχές της θεωρίας του γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού.
- Η διαδικασία βελτιστοποίησης περιορίζεται από το διαθέσιμο προϋπολογισμό για αγορά νέων λεωφορείων και από παραδοχές για την ορθή λειτουργία του Οργανισμού.
- Οι εξεταζόμενοι τύποι λεωφορείων είναι τα πετρελαιοκίνητα, τα υβριδικά, τα ηλεκτροκίνητα (τρόλεϊ) και τα λεωφορεία φυσικού αερίου.
- Επιλέγονται τρεις ενέργειες διαχείρισης των λεωφορείων (χρήση, αγορά, πώληση).
- Επιλύονται 17 σενάρια βελτιστοποίησης, τα αποτελέσματα των οποίων αναλύονται και οδηγούν στα τελικά συμπεράσματα.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

- Οι Αστικές Συγκοινωνίες αποτελούν κοινωνικό αγαθό και είναι η σημαντικότερη συνιστώσα για τη βιώσιμη ανάπτυξη στην ευρύτερη περιοχή των πόλεων, για αυτό παρέχεται υψηλή κρατική στήριξη.
- Ο μακροπρόθεσμος στόχος του συστήματος των αστικών συγκοινωνιών είναι να φθάσουν να καλύπτουν το 50% του συνόλου των μετακινήσεων, που πραγματοποιούνται στην πρωτεύουσα.
- Το λεωφορείο αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μέσο αστικών συγκοινωνιών, λόγω της ευελιξίας που προσφέρει, τις περιορισμένες ανάγκες για υποδομές και του χαμηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης.
- Αναγκαία η βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης λεωφορείων με την εισαγωγή καινοτόμων λειτουργικών λύσεων, προηγμένη τεχνολογία και μείωση του κόστους λειτουργίας.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

- Κρίσιμη, θεωρείται η βέλτιστη κατανομή πόρων για τη λειτουργία, συντήρηση και αντικατάσταση των λεωφορείων για βαθμιαία μείωση του κόστους με την υψηλότερη απόδοση του οργανισμού και βελτίωση της ανταγωνιστικής θέσης των λεωφορείων έναντι των υπόλοιπων οχημάτων.
- Έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες για τη βελτιστοποίηση κατανομής πόρων για αναβάθμιση των αστικών λεωφορείων στην Ελλάδα.
- Απαραίτητη η δημιουργία προτύπων και στρατηγικών από τον Ο.Α.Σ.Α. για τη μελλοντική πρόβλεψη της κατάστασης των λεωφορείων και προσδιορισμό των ενεργειών που απαιτούνται για τη βέλτιστη στιγμή αντικαταστάσής τους.
- Ισχυρό σύνολο γραμμικών και μη γραμμικών προσεγγίσεων, με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού να είναι η πιο κατάλληλη λόγω της καλύτερης δυνατής χρήσης των πόρων

Θεωρητικό Υπόβαθρο (1/3)

Γραμμικός Προγραμματισμός

Προϋποθέσεις:

- ✓ Αναλογικότητα
- ✓ Προσθετικότητα
- ✓ Διαιρετότητα
- ✓ Βεβαιότητα

Μαθηματικό Μοντέλο

✓ Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\max/\min(c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$$

✓ Περιορισμοί

$$\alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1n}x_n \quad \{\leq, \geq\}$$

$$\alpha_{21}x_1 + \alpha_{22}x_2 + \dots + \alpha_{2n}x_n \quad \{\leq, \geq\}$$

⋮

$$\alpha_{m1}x_1 + \alpha_{m2}x_2 + \dots + \alpha_{mn}x_n \quad \{\leq, \geq\}$$

Και

$$x_j \geq 0, j=1,2, \dots, n$$

Θεωρητικό Υπόβαθρο (2/3)

Μέθοδος SIMPLEX

- ✓ Επιλύει το πρόβλημα του γραμμικού προγραμματισμού με επαναλήψεις. Η διαδικασία τελειώνει όταν καμία περαιτέρω βελτίωση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί

Γραμμικός Προγραμματισμός μέσω
Υπολογιστικών πακέτων

- ✓ Solver
- ✓ Lindo
- ✓ Libre Office

Θεωρητικό Υπόβαθρο (3/3)

Ακέραιος Προγραμματισμός

- ✓ Προβλήματα Γραμμικού Προγραμματισμού των οποίων όλες ή μερικές από τις μεταβλητές λαμβάνουν ακέραιες (διακριτές) τιμές.
- ✓ Χρησιμοποιείται όταν δεν ικανοποιείται η προϋπόθεση της διαιρετότητας του Γραμμικού Προγραμματισμού

Συλλογή Στοιχείων (1/3)

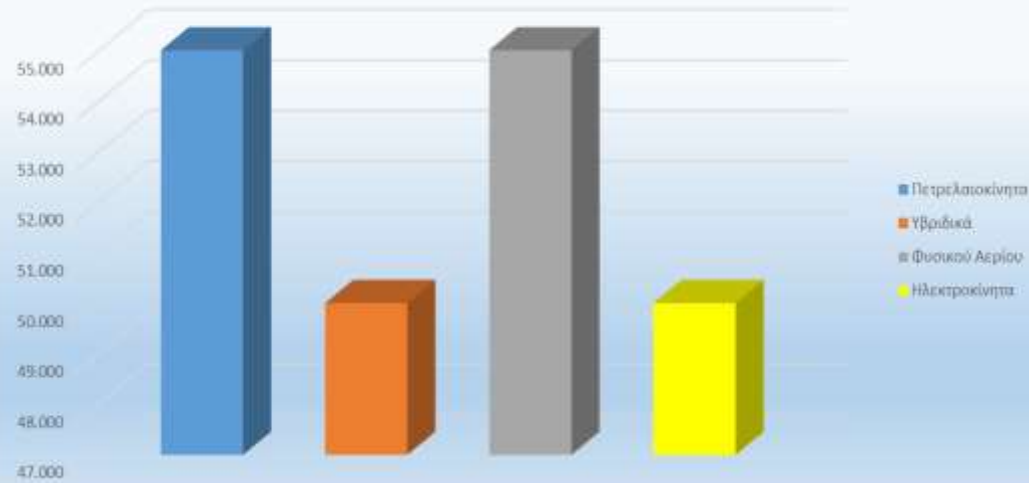
4 τύποι Λεωφορείων

- Μελέτες σχετικές με το αντικείμενο (συστήματα αστικών συγκοινωνιών)
- Αμερικανικούς και Ευρωπαϊκούς οργανισμούς διαχείρισης στόλου λεωφορείων
- Ο.Α.Σ.Α.

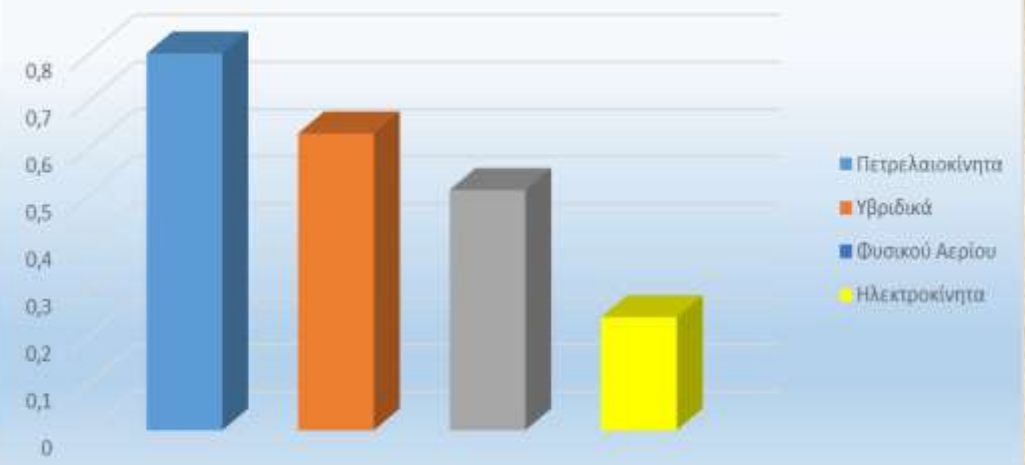


Συλλογή Στοιχείων (2/3)

Μέσος όρος χιλιομέτρων που διανύονται ανά λεωφορείο ανά έτος



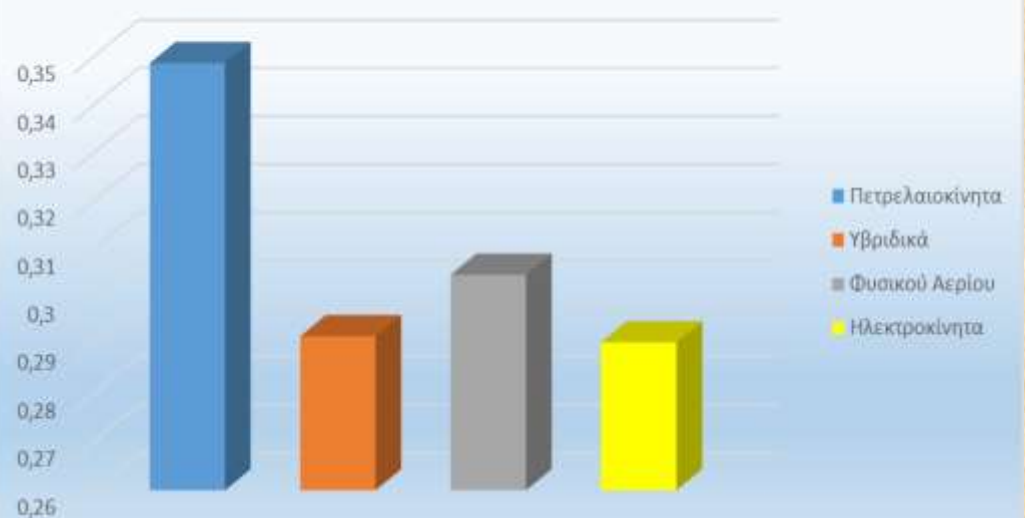
Μέσος όρος κόστους λειτουργίας λεωφορείων (€/χλμ)



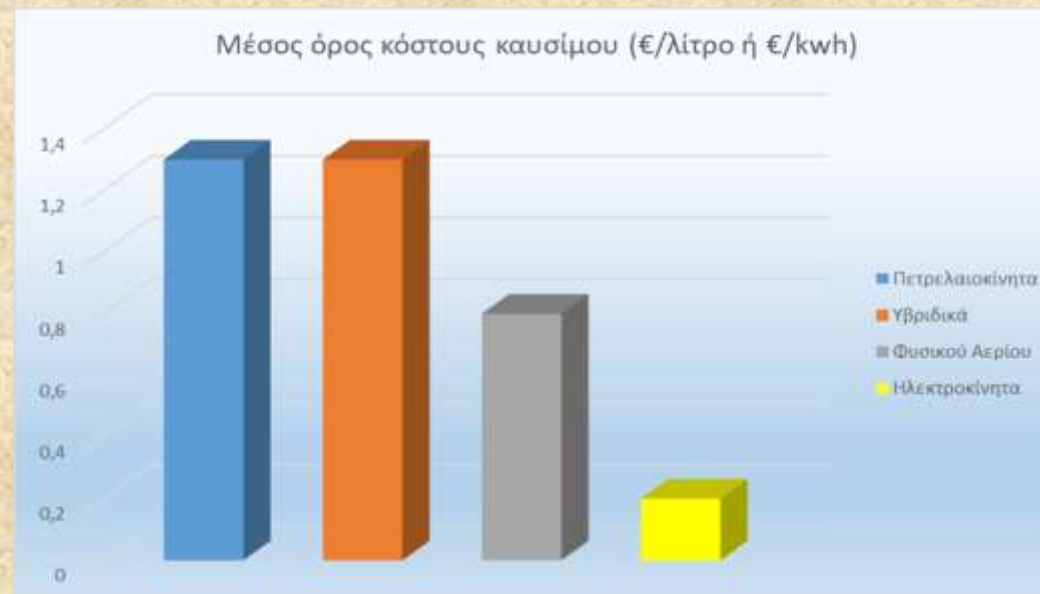
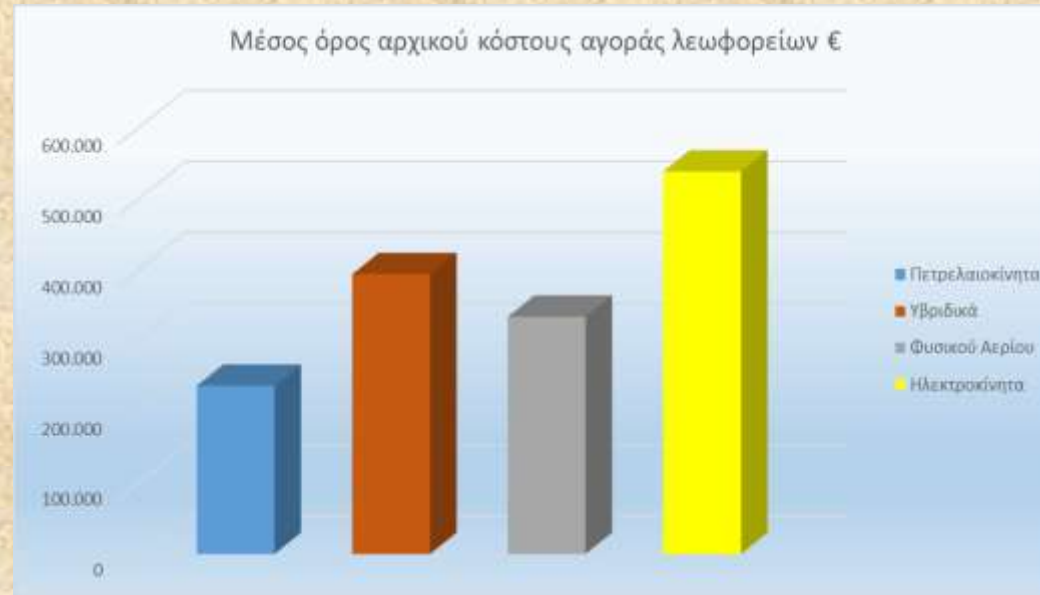
Μέσος όρος εκπομπής καυσαερίου CO₂ (γραμ/χλμ)



Μέσος όρος κόστους συντήρησης λεωφορείων (€/χλμ)



Συλλογή Στοιχείων (3/3)



Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\sum_{j=0}^{T-1} \sum_{k=1}^K v_k \cdot P_{jk} - \sum_{i=1}^{A_k} \sum_{j=0}^T \sum_{k=1}^K s_{ik} \cdot Y_{ijk} + \sum_{i=0}^{A_{k-1}} \sum_{j=0}^{T-1} \sum_{k=1}^K [o_{ijk} + m_{ik} + e_{ik}] \cdot u_{ik} \cdot X_{ijk}$$

ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Δείκτες:

i: ηλικία λεωφορείων $0 \leq i \leq 14$

j: χρονική περίοδος $0 \leq j \leq 19$

k: τύπος λεωφορείων

1 → πετρελαιοκίνητα

2 → υβριδικά

3 → φυσικού αερίου

4 → ηλεκτροκίνητα

Μεταβλητές Απόφασης:

X_{ijk}: λεωφορεία που χρησιμοποιούνται

Y_{ijk}: λεωφορεία που πωλούνται

P_{jk}: λεωφορεία που αγοράζονται

Παράμετροι:

v_k: αρχικό κόστος αγοράς

s_{ik}: κέρδος πώλησης

o_{ijk}: κόστος λειτουργίας

m_{ik}: κόστος συντήρησης

e_{ik}: κόστος εκπομπής καυσαερίων

u_{ik}: χιλιόμετρα

Σύνολο μεταβλητών: 2480 (20*15*4*2 + 20*4)

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης

Περιορισμοί και Υποθέσεις

- Περιορισμός Προϋπολογισμού αγορών ανά έτος
- Περιορισμός κάλυψης χιλιομέτρων οδικού δικτύου
- Περιορισμός μέγιστου και ελάχιστου αριθμού λεωφορείου που μπορεί να διαχειριστεί ο Ο.Α.Σ.Α.
- Περιορισμός απευθείας χρήσης λεωφορείων που αγοράζονται από το 2^ο έτος ανάλυσης του μοντέλου
- Στο 1^ο έτος, τα καινούργια λεωφορεία που χρησιμοποιούνται είναι το άθροισμα των καινούργιων του αρχικού στόλου και όσων αγοράζονται
- Ο αρχικός στόλος αποτελείται από τα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται το 1^ο έτος και από όσα πωλούνται στην αρχή του 1^{ου} έτους πριν χρησιμοποιηθούν
- Κανένα λεωφορείο δεν μένει αχρησιμοποίητο (ή πωλείται ή συνεχίζει να λειτουργεί)
- Περιορισμός μέγιστης ηλικίας χρήσης ενός λεωφορείου (15 έτη)
- Δεν πωλείται κανένα καινούργιο λεωφορείο

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης

Παραδοχές και Υποθέσεις

- Γραμμική μείωση των χιλιομέτρων που διανύουν τα λεωφορεία ανά έτος
- Γραμμική αύξηση κόστους συντήρησης με την ηλικία (2,5% για πετρελαιοκίνητα , 1,5% για τους υπόλοιπους τύπους)
- Γραμμική μείωση αποδοτικότητας κινητήρα σε σχέση με την ηλικία του κάθε λεωφορείου
- Εκθετική μείωση της αξίας πώλησης του λεωφορείου σε σχέση με την ηλικία του

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης

17 σενάρια βελτιστοποίησης

- Βασικό σενάριο (600 πετρελαιοκίνητα, 450 φυσικού αερίου, 375 υβριδικά, 225 ηλεκτροκίνητα)
- 8 σενάρια για μείωση και αύξηση κατά 30% του αρχικού κόστους αγοράς του κάθε τύπου λεωφορείων
- 6 σενάρια για μείωση και αύξηση κατά 30% του κόστους καυσίμου που χρησιμοποιείται από τα αντίστοιχα λεωφορεία
- 1 σενάριο μείωσης του προϋπολογισμού αγορών νέων λεωφορείων το έτος
- 1 σενάριο επιβολής προστίμου για την εκπομπή καυσαερίων διοξειδίου του άνθρακα

Ανάλυση Αποτελεσμάτων (1/4)

		Λεωφορεία που χρησιμοποιούνται				Λεωφορεία που πωλούνται				Λεωφορεία που αγοράζονται				μ.ο. ηλικίας λεωφορείων που χρησιμοποιούνται			
		πετρελαιοκίνητα	υβριδικά	φυσ.αερίου	ηλεκτροκίνητα	πετρελαιοκίνητα	υβριδικά	φυσ.αερίου	ηλεκτροκίνητα	πετρελαιοκίνητα	υβριδικά	φυσ.αερίου	ηλεκτροκίνητα	πετρελαιοκίνητα	υβριδικά	φυσ.αερίου	ηλεκτροκίνητα
Μοντέλο βελτιστοποίησης	Τελικό Κόστος																
1. ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ	1.006.657.050 €	276	275	1183	627	600	375	660	376	151	0	793	417	6,4	10,2	7,0	7,8
2. Χαμηλό Κόστος Αγοράς Πετρελαιοκινήτων	1.002.843.197 €	660	275	516	994	670	375	450	639	574	0	126	784	3,9	10,6	8,5	7,7
3. Υψηλό Κόστος Αγοράς Πετρελαιοκινήτων	992.165.137 €	100	300	1477	485	600	375	731	306	0	0	1087	275	10,3	9,8	6,8	7,9
4. Χαμηλό Κόστος Αγοράς Υβριδικών	969.529.060 €	80	1710	360	210	600	735	450	225	0	1360	0	0	10,0	6,9	9,3	9,7
5. Υψηλό Κόστος Αγοράς Υβριδικών	995.032.079 €	335	240	1125	651	600	375	626	400	175	0	735	441	6,7	10,6	7,1	7,8
6. Χαμηλό Κόστος Αγοράς Λεωφορείων Φυσ.Αερίου	901.977.478 €	40	275	1920	195	600	375	950	225	0	0	1500	0	1,0	10,5	6,9	10,2
7. Υψηλό Κόστος Αγοράς Λεωφορείων Φυσ.Αερίου	1.002.544.152 €	620	285	360	1165	675	375	450	580	475	0	0	955	5,0	10,2	10,2	7,4
8. Χαμηλό Κόστος Αγοράς Ηλεκτροκινήτων	836.810.091 €	40	185	300	1825	600	375	450	840	0	0	0	1615	1,0	10,6	10,4	6,5
9. Υψηλό Κόστος Αγοράς Ηλεκτροκινήτων	1.002.526.047 €	160	270	1728	180	600	375	788	225	0	0	1338	0	10,3	9,8	6,9	10,2
10. Χαμηλό Κόστος Πετρελαίου	936.869.655 €	796	999	270	180	815	405	450	225	521	724	0	0	6,4	7,6	10,2	9,5
11. Υψηλό Κόστος Πετρελαίου	1.021.361.078 €	40	175	1319	806	600	375	680	490	0	0	899	596	1,0	10,6	6,4	7,7
12. Χαμηλό Κόστος Φυσ.Αερίου	888.116.767 €	40	275	1920	195	600	375	950	225	0	0	1500	0	1,0	10,6	6,8	10,2
13. Υψηλό Κόστος Φυσ.Αερίου	1.028.050.994 €	620	300	340	1165	670	375	450	580	470	0	0	955	5,1	10,2	10,2	7,4
14. Χαμηλό Κόστος Ηλεκτρισμού	966.341.356 €	344	300	622	1149	600	375	566	579	299	0	232	939	2,8	10,2	7,6	7,5
15. Υψηλό Κόστος Ηλεκτρισμού	1.013.174.212 €	160	255	1715	195	600	375	775	225	0	0	1325	0	10,3	10,1	6,9	9,6
16. Επιβολή προστίμου για εκπομπή καυσαερίων	1.065.241.958 €	205	275	695	1185	600	375	565	585	165	0	335	975	2,1	10,1	6,9	7,4
17. Προϋπολογισμός 40.000.000	1.020.465.780 €	354	275	1175	551	600	375	520	572	285	0	785	347	3,8	10,4	7,0	8,0

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ομαδοποιούνται στις εξής κατηγορίες:

Λεωφορεία που χρησιμοποιούνται

Λεωφορεία που αγοράζονται

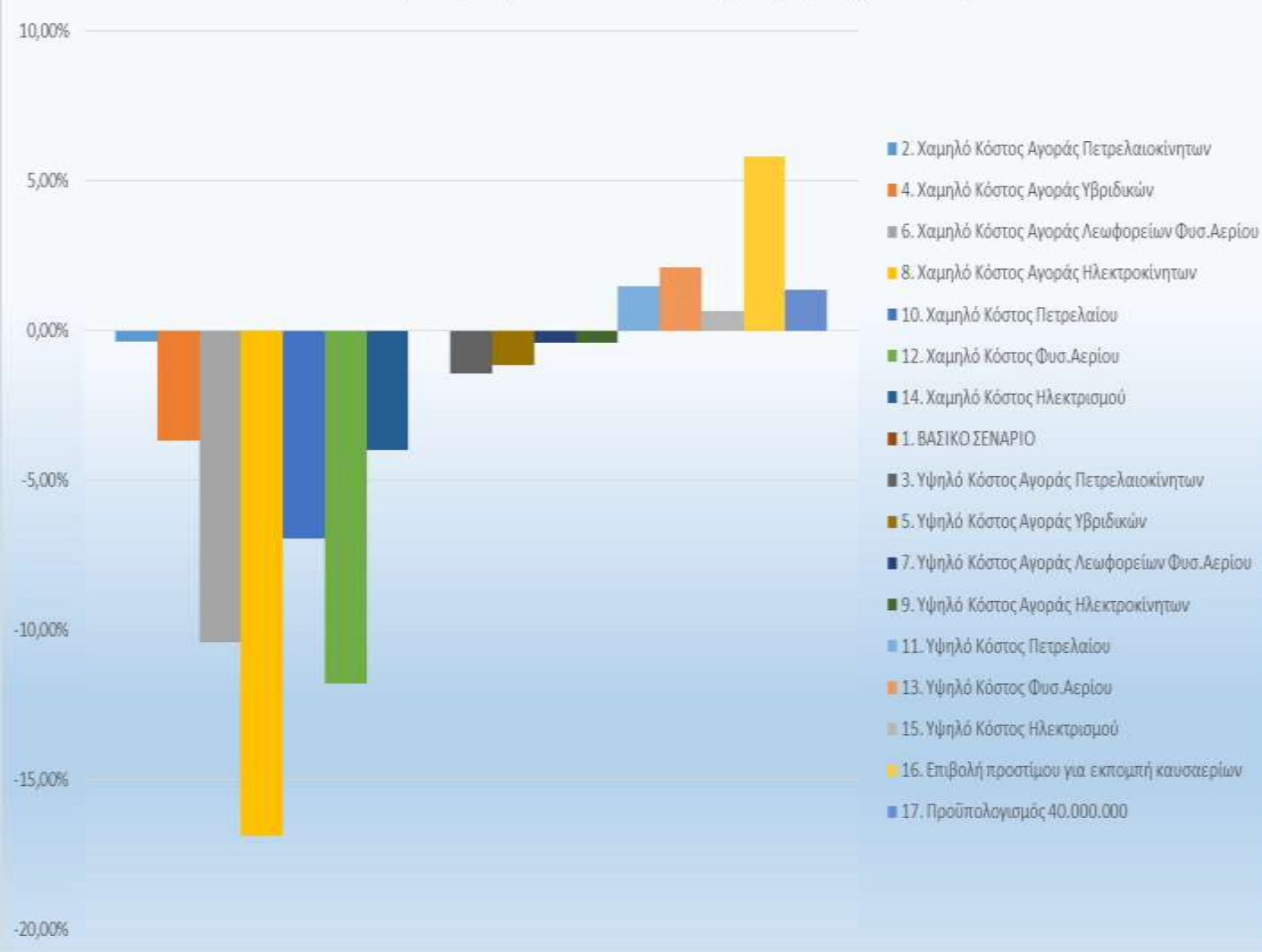
Λεωφορεία που πωλούνται

Μ.ο. ηλικίας λεωφορείων που χρησιμοποιούνται

Τελικό κόστος

Ανάλυση Αποτελεσμάτων (2/4)

Ποσοστιαία μεταβολή του τελικού κόστους διαχείρισης ανά σενάριο



➤ Ευνοϊκή αγορά ενός τύπου λεωφορείων



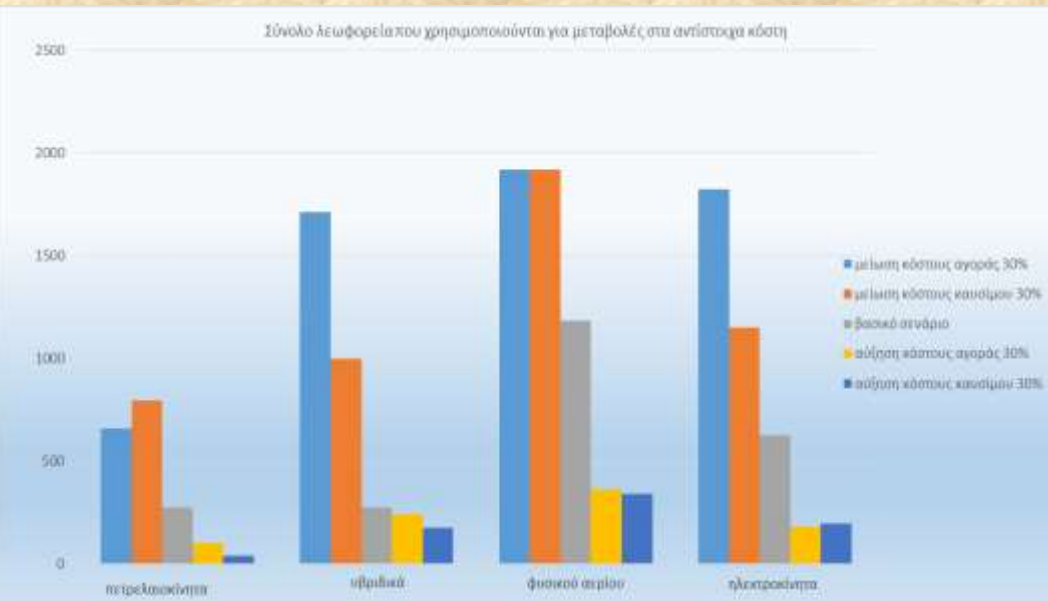
μείωση τελικού κόστους

➤ Μη ευνοϊκή αγορά ενός τύπου λεωφορείων



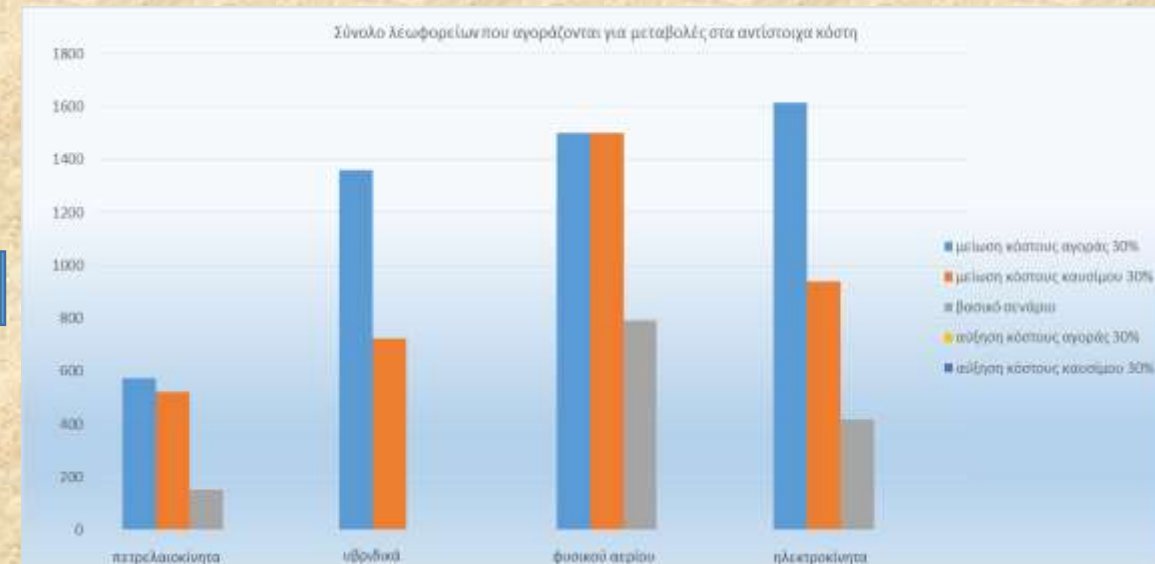
μικρή μεταβολή τελικού κόστους

Ανάλυση Αποτελεσμάτων (3/4)

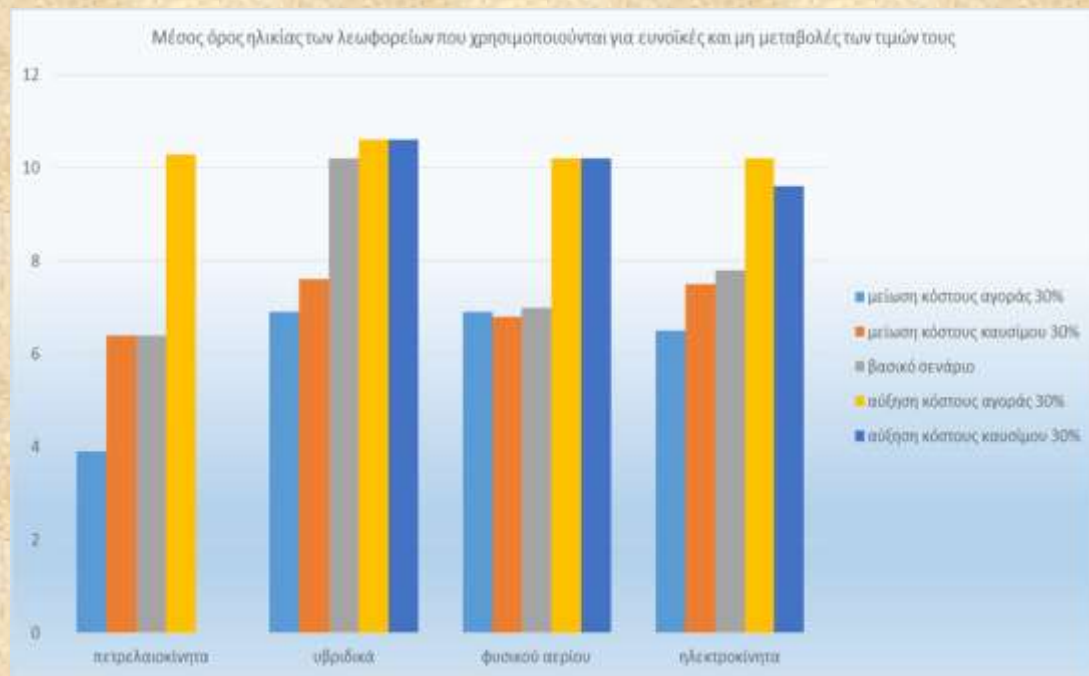


➤ Ευνοϊκές συνθήκες αγοράς και χρήσης λεωφορείων → αύξηση επηρεαζόμενων λεωφορείων που χρησιμοποιούνται

➤ Μηδενικές αγορές λεωφορείων των οποίων αυξάνεται το κόστος αγοράς ή το καύσιμο που χρησιμοποιούν



Ανάλυση Αποτελεσμάτων (4/4)



➤ Μείωση κόστους αγοράς ή καυσίμου



μείωση μ.ο. ηλικίας λεωφορείων που χρησιμοποιούνται του ίδιου τύπου

Ποσοστά λεωφορείων που χρησιμοποιούνται σε όλα τα σενάρια μεταβολής κόστους αγοράς ή καυσίμου:

- 42% φυσικού αερίου
- 29% ηλεκτροκίνητα
- 17% υβριδικά
- 12% πετρελαιοκίνητα

Συμπεράσματα αποτελεσμάτων (1/3)

- Το **τελικό κόστος** για τη διαχείριση του στόλου λεωφορείων **μειώνεται** σημαντικά στις περιπτώσεις που **ευνοείται η αγορά συγκεκριμένου τύπου λεωφορείων**. Αυτό εξηγείται καθώς γίνεται χρήση κυρίως των λεωφορείων που αγοράζονται αρκετά φθηνά, με συνέπεια να προκύπτει μικρό τελικό κόστος αγοράς. Αντίθετα, το **τελικό κόστος μεταβάλλεται ελάχιστα**, είτε αυξητικά είτε μειωτικά, όταν **αυξάνεται το κόστος αγοράς** ενός τύπου λεωφορείου ή του καυσίμου που χρησιμοποιεί αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει διότι παρά το γεγονός ότι δεν ευνοείται η αγορά ενός τύπου λεωφορείων, μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες του Ο.Α.Σ.Α. από τους υπόλοιπους τύπους λεωφορείων.
- Η **μείωση στον προϋπολογισμό** που διατίθεται στον Ο.Α.Σ.Α. για αγορές επηρεάζει ελάχιστα όχι μόνο τα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται αλλά και το τελικό κόστος για τη διαχείριση του στόλου. Πραγματοποιείται **μικρή αύξηση των πετρελαιοκίνητων που αγοράζονται**, τα οποία αποτελούν το φθηνότερο τύπο λεωφορείων, καθώς μειώνεται η αγορά των ακριβότερων ηλεκτροκίνητων.
- Ενδεχόμενη **επιβολή προστίμου για την εκπομπή καυσαερίων** διοξειδίου του άνθρακα από τα οχήματα επιφέρει σημαντική **μείωση στα ρυπογόνα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται** (πετρελαιοκίνητα και φυσικού αερίου) και στο μέσο όρο ηλικίας όσων χρησιμοποιούνται. Ενώ, παράλληλα **αυξάνεται το τελικό κόστος διαχείρισης** του στόλου λεωφορείων καθώς ακόμα χρησιμοποιούνται λεωφορεία που εκπέμπουν ρύπους, αλλά με την προσαύξηση του προστίμου.

Συμπεράσματα αποτελεσμάτων (2/3)

- Η **αύξηση του κόστους αγοράς** του εκάστοτε τύπου λεωφορείων οδηγεί σε **μείωση της χρήσης** του συγκεκριμένου τύπου. 30% αύξηση του κόστους αγοράς → 70% μείωση στα πετρελαιοκίνητα, τα φυσικού αερίου και τα ηλεκτροκίνητα που χρησιμοποιούνται. Αντίστοιχα, η μείωση του κόστους αγοράς του εκάστοτε τύπου λεωφορείων οδηγεί σε αύξηση των λεωφορείων του συγκεκριμένου τύπου που χρησιμοποιούνται. 30% μείωση του κόστους αγοράς → 522% αύξηση των υβριδικών, 191% αύξηση των ηλεκτροκίνητων.
- Η **αύξηση του κόστους του κάθε καυσίμου** επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την "απόφαση" του μοντέλου για **μειωμένη χρήση** των λεωφορείων που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο καύσιμο. Σημαντικότερη μείωση έχουν τα πετρελαιοκίνητα κατά 90%, τα ηλεκτροκίνητα και φυσικού αερίου κατά 70%. Με την ίδια λογική, η **μείωση του κόστους του κάθε καυσίμου** οδηγεί σε **αύξηση των λεωφορείων που χρησιμοποιούνται** και λειτουργούν με το συγκεκριμένο καύσιμο. Περισσότερο επηρεάζονται τα πετρελαιοκίνητα και τα υβριδικά καθώς αυξάνονται κατά 188% και 263% αντίστοιχα, σε περίπτωση που το κόστος του πετρελαίου μειωθεί κατά 30%.
- Η **μείωση του κόστους αγοράς** του εκάστοτε τύπου λεωφορείων έχει ως αποτέλεσμα τη **μείωση του μέσου όρου ηλικίας** των λεωφορείων που χρησιμοποιούνται του συγκεκριμένου τύπου. Αιτία του παραπάνω είναι η συνεχόμενη ανανέωση των λεωφορείων με την αγορά καινούργιων. Αντίθετα, η **αύξηση του κόστους αγοράς** του εκάστοτε τύπου λεωφορείων έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση του μέσου όρου ηλικίας** του συγκεκριμένου τύπου που **χρησιμοποιούνται**. Αυτό συμβαίνει διότι αποφεύγεται η αγορά νέων λεωφορείων με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όσα βρίσκονται στον αρχικό στόλο για αρκετά χρόνια μέχρι τη στιγμή της πώλησης τους.

Συμπεράσματα αποτελεσμάτων (3/3)

- Στο σύνολο των μοντέλων που επιλύθηκαν για διαφορετικά κόστη αγορών και καυσίμων τα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται είναι κατά **προτεραιότητα**: 43% φυσικού αερίου, 28% ηλεκτροκίνητα, 17% υβριδικά και 12% πετρελαιοκίνητα, επιδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο τα λεωφορεία που προτιμώνται περισσότερο.
- Οι μεταβολές των τιμών που δείχνουν να αφορούν έναν συγκεκριμένο τύπο οχημάτων (π.χ. η μείωση του κόστους ηλεκτρισμού αφορά τα ηλεκτροκίνητα) επηρεάζουν άμεσα και τις ενέργειες που γίνονται για τους υπόλοιπους τύπους οχημάτων. Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των χρονικών στιγμών και των ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη λειτουργία του στόλου λεωφορείων που διαχειρίζεται Ο.Α.Σ.Α.

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

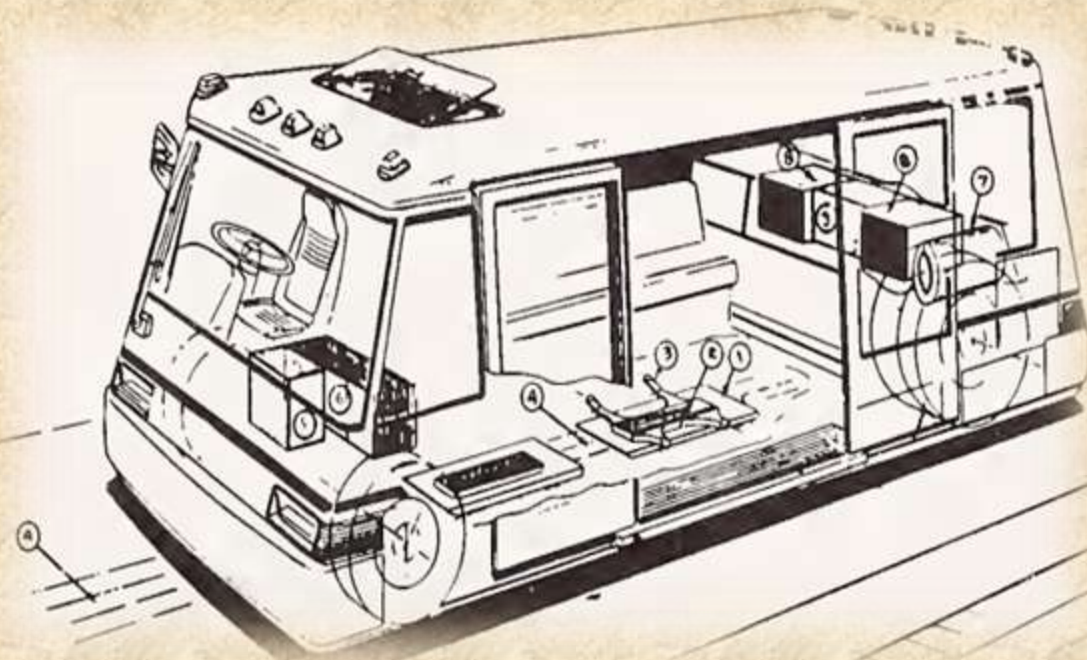
- Ο στόλος λεωφορείων που διαχειρίζεται ο Ο.Α.Σ.Α. είναι ανομοιογενής καθώς έχει στη διάθεση του τους τέσσερις διαφορετικούς τύπους λεωφορείων με βάση τους οποίους έγινε η ανάλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης της διπλωματικής εργασίας. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη ενός ομοιογενούς στόλου λεωφορείων ενός συγκεκριμένου τύπου και η σύγκριση του με τον ίδιου μεγέθους στόλο που περιλαμβάνει διαφορετικό τύπο λεωφορείων.
- Καθώς νέοι τύποι κινητήρων αναπτύσσονται συνεχώς, χρησιμοποιούνται νέοι τύποι λεωφορείων, όπως για παράδειγμα τα ηλεκτροκίνητα με τη χρήση μόνο μπαταρίας και τα λεωφορεία που λειτουργούν με κυψέλες υδρογόνου. Θα μπορούσε να γίνει μια μελέτη για την ανάδειξη αυτών των νέων τύπων λεωφορείων και κατά πόσο μπορούν να ενσωματωθούν στη λειτουργία των αστικών συγκοινωνιών.
- Στο μοντέλο που αναπτύχθηκε, η μοναδική πηγή κέρδους για τον Ο.Α.Σ.Α. προκύπτει από την πώληση των χρησιμοποιημένων λεωφορείων. Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί έρευνα η οποία θα συμπεριλαμβάνει στην συνάρτηση υπολογισμού κόστους, τα κέρδη που προκύπτουν από άλλες παραμέτρους όπως η καταβολή κομίστρου.

Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας!!



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης της Κατανομής Πόρων
για τη Διαχείριση Λεωφορείων Αστικών Συγκοινωνιών



Επιβλέποντες
Καθηγητές:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Κωνσταντίνος Κεραπτσόγλου, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Λάιος Ηλίας

Αθήνα, Μάρτιος 2018