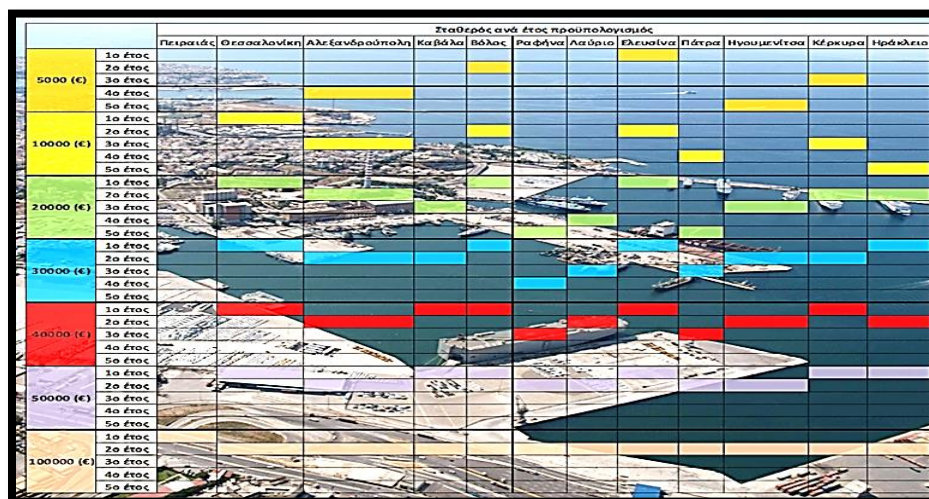




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Ανάπτυξη μοντέλου βελτιστοποίησης της κατανομής πόρων για
την συντήρηση των λιμένων της Ελλάδας



Σωτήριος Χαριζόπουλος

Επιβλέποντες: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Νικόλαος Λαγαρός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2015

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

- ❖ Προσδιορισμός Θέματος
- ❖ Καθορισμός Στόχου
- ❖ Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- ❖ Επιλογή Μεθοδολογίας
- ❖ Συλλογή Στοιχείων
- ❖ Εφαρμογή Μεθοδολογίας
- ❖ Περιγραφή Αποτελεσμάτων
- ❖ Συμπεράσματα/Προτάσεις

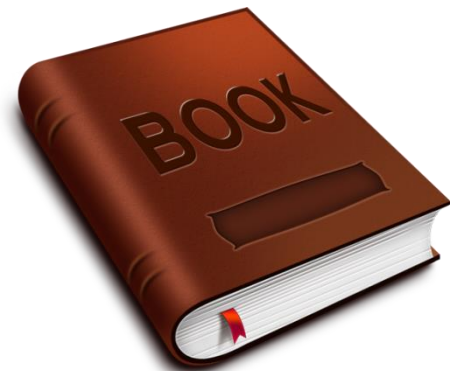


Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

- ❖ Η ανάπτυξη ενός μοντέλου βελτιστοποίησης για την κατανομή των διαθέσιμων πόρων για τη συντήρηση των βασικών λιμένων στην Ελλάδα.
- ❖ Με βασικό περιορισμό αυτόν της διάθεσης των ελαχίστων πόρων επιχειρείται η ανάπτυξη ενός προγράμματος βέλτιστης συντήρησης των λιμένων της Ελλάδας σε χρονικό ορίζοντα 5 ετών.
- ❖ Οι εξεταζόμενοι βασικοί λιμένες της Ελλάδας είναι: Πειραιάς, Θεσσαλονίκη, Αλεξανδρούπολη, Καβάλα, Βόλος, Ραφήνα, Λαύριο, Ελευσίνα, Πάτρα, Ηγουμενίτσα, Κέρκυρα και Ηράκλειο.
- ❖ Η επιλογή τους έγινε με βάση τον συνολικό αριθμό των διακινούμενων επιβατών και φορτίων.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

- ❖ Η βιβλιογραφία είναι πλούσια σε παραδείγματα βελτιστοποίησης της συντήρησης για **οδοστώματα** και **γέφυρες**.
- ❖ Γίνεται χρήση γραμμικού, ακέραιου, μη γραμμικού ή γενετικού προγραμματισμού.
- ❖ Στις περισσότερες μελέτες χρησιμοποιείται η Αλυσίδα Μαρκόφ/Μαρκοβιανή Αλυσίδα, ώστε να εκτιμηθεί η μελλοντική κατάσταση των συστημάτων υποδομής λόγω χρόνου και χρήσης.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

- ❖ Δεν υπάρχει διαθέσιμο στη βιβλιογραφία κάποιο μοντέλο βέλτιστης κατανομής πόρων για τη συντήρηση των λιμένων
- ❖ Η δυνατότητα χρήσης της Αλυσίδας Μαρκόφ για την περίπτωση των λιμένων κρίνεται **αμφίβολη** εξαιτίας της απουσίας πληθώρας στατιστικών δεδομένων για αυτά.
- ❖ Η μέθοδος του γραμμικού προγραμματισμού κρίνεται η πιο **κατάλληλη** λόγω της καλύτερης δυνατής χρήσης των διαθέσιμων παραγωγικών πόρων.

Θεωρητικό Υπόβαθρο (1/3)

❖ Γραμμικός προγραμματισμός

- ✓ Είναι μια τεχνική που ασχολείται με τη βέλτιστη κατανομή των περιορισμένων πόρων

❖ Μαθηματικό μοντέλο

- ✓ Αντικειμενική συνάρτηση

$$\max / \min (c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots c_n \cdot x_n)$$

- ✓ Περιορισμοί

$$a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n \left[\leq, =, \geq \right] b_1$$

$$a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n \left[\leq, =, \geq \right] b_2$$

.....

$$a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n \left[\leq, =, \geq \right] b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Θεωρητικό Υπόβαθρο (2/3)

❖ Υποθέσεις Γραμμικού Προγραμματισμού

- ✓ Προσδιοριστικότητα
- ✓ Αναλογικότητα
- ✓ Προσθετικότητα
- ✓ Διαιρετότητα

❖ Μέθοδος Simplex

- ✓ Γενική διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων του γραμμικού προγραμματισμού
- ✓ Επαναληπτική μέθοδος επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού μέχρις ότου επιτευχθεί η βέλτιστη λύση

Θεωρητικό Υπόβαθρο (3/3)

❖ Ακέραιος Προγραμματισμός

- ✓ Οι μεταβλητές δεν παίρνουν συνεχείς τιμές, αλλά ακέραιες.

❖ Δυαδικός Ακέραιος Προγραμματισμός

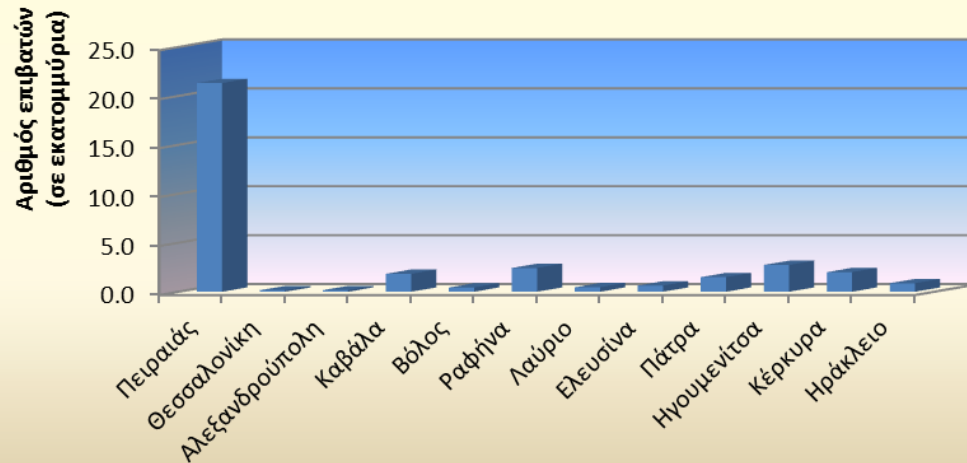
- ✓ Χρήση **0-1** μεταβλητών
- ✓ Οι μεταβλητές αυτές ονομάζονται **δυαδικές**.
- ✓ Υποδεικνύουν την απόρριψη ή την αποδοχή της εκάστοτε επένδυσης.

Συλλογή στοιχείων (1/3)

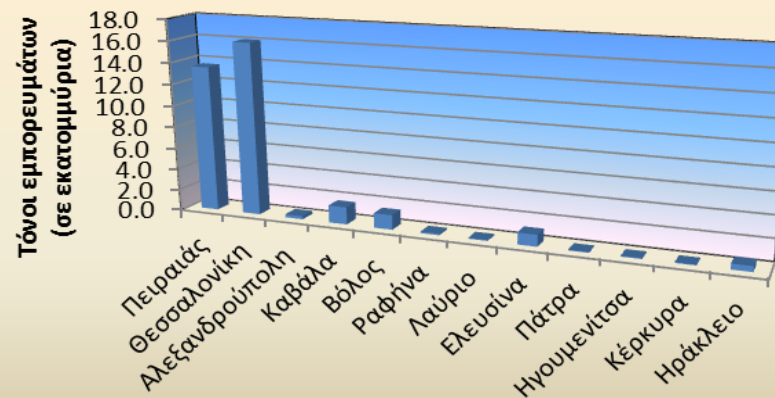
- ❖ Τα στοιχεία συγκεντρώθηκαν από τη Βάση Δεδομένων της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας.
- ❖ Ομαδοποιήθηκαν ανά έτος και ανά λιμάνι.
- ❖ Τα στατιστικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν αναφέρονται στο διάστημα 2007-2010.
- ❖ Κρίσιμα στοιχεία για τη συντήρηση σύμφωνα με την Εθνική Στρατηγική των Λιμένων αποτελούν: το μέγεθος της επιβατικής κίνησης, της εμπορευματική κίνησης, η ηλικία των λιμένων και το μήκος των κρηπιδωμάτων.

Συλλογή στοιχείων (2/3)

Μέσος Όρος επιβατικής κίνησης

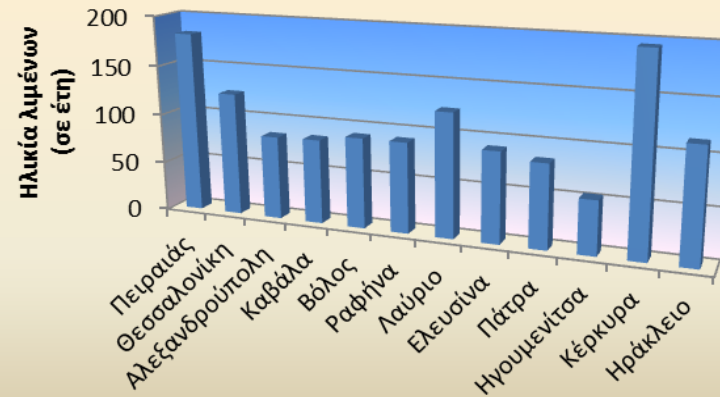


Μέσος Όρος Εμπορευματικής κίνησης

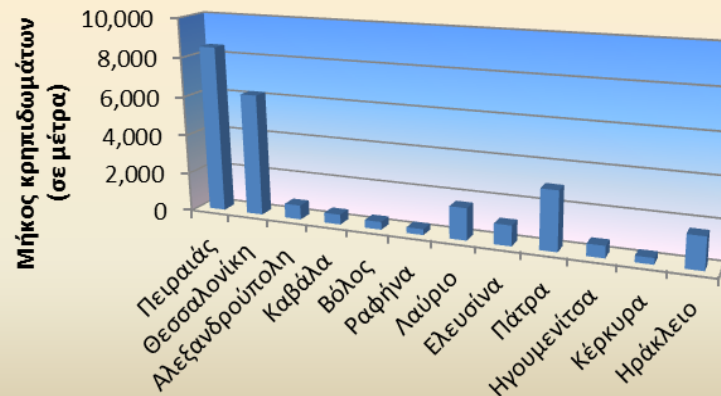


Συλλογή στοιχείων (3/3)

Ηλικία λιμένων



Μήκος κρηπιδωμάτων



Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης (1/3)

- ❖ Σκόπος της αντικειμενικής συνάρτησης που αναπτύχθηκε είναι η μεγιστοποίηση του αριθμού των λιμένων που συντηρούνται με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των πόρων που θα διατεθούν για τη συντήρηση.
- ❖ Το μοντέλο κατανομής πόρων που αναπτύσσεται περιγράφει ένα πρόβλημα **γραμμικού προγραμματισμού** και πιο συγκεκριμένα **ακέραιου δυαδικού**, στο οποίο οι μεταβλητές απόφασης λαμβάνουν τις τιμές 0 ή 1.

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης (2/3)

❖ Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\max \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^N \sigma_{pass} \cdot \sigma_{cargo} \cdot \sigma_{size} \cdot \sigma_{age} \cdot w_i \cdot k_{ij} \cdot \Delta x_{maintenance}$$

❖ Περιορισμοί

$$\sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^N k_{ij} \cdot c_{ij} \leq B_i$$

$$\sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^N k_{ij} \leq 1$$

$$k_{ij} \in \mathbb{Z}$$

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης (3/3)

- ❖ **P:** ο χρονικός ορίζοντας που εφαρμόζεται το πρόγραμμα της συντήρησης (<εδώ> είναι 5 έτη)
- ❖ **N:** ο συνολικός αριθμός των λιμένων προς συντήρηση (<εδώ> είναι 12 λιμένες)
- ❖ **σpass:** συντελεστής βαρύτητας, ο οποίος σχετίζεται με την επιβατική κίνηση του κάθε λιμένα για την περίοδο 2007-2010
- ❖ **σcargo:** συντελεστής βαρύτητας, ο οποίος σχετίζεται με την εμπορευματική κίνηση του κάθε λιμένα για την περίοδο 2007-2010
- ❖ **σsize:** συντελεστής βαρύτητας, ο οποίος σχετίζεται με το μέγεθος του κάθε λιμένα με βάση το συνολικό μήκος των κρηπιδωμάτων του
- ❖ **σage:** συντελεστής βαρύτητας, ο οποίος σχετίζεται με την ηλικία του κάθε λιμένα
- ❖ **wi:** συντελεστής χειροτέρευσης της κατάστασης ενός λιμανιού ανάλογα με το πότε πραγματοποιείται η συντήρηση σε αυτό
- ❖ **kij:** μεταβλητή απόφασης που παίρνει την τιμή '1', αν το j-λιμάνι συντηρείται μέσα στον χρονικό ορίζοντα των P-ετών και την τιμή '0', αν το j-λιμάνι δεν συντηρείται μέσα στον χρονικό ορίζοντα των P-ετών
- ❖ **Δxmainte:** χητελικό-χjαρχικό, όπου χjτελικό, η τελική κατάσταση του λιμανιού και χjαρχικό, η αρχική κατάσταση του λιμανιού

Εύρος συντελεστών βαρύτητας (1/2)

Επιβατική κίνηση	Συντελεστής Επιβατικής Κίνησης
≥20.000.000	5
<20.000.000 και ≥10.000.000	4
<10.000.000 και ≥1.000.000	3
<1.000.000 και ≥100.000	2
<100.000	1

Εμπορευματική κίνηση (σε τόνους)	Συντελεστής Εμπορευματικής Κίνησης
≥20.000.000	5
<20.000.000 και ≥10.000.000	4
<10.000.000 και ≥1.000.000	3
<1.000.000 και ≥100.000	2
<100.000	1

Συνολικό μήκος κρηπιδωμάτων (μέτρα)	Συντελεστής Μεγέθους
≥8.000	3
≥6.000	2,5
≥3.000	2
≥1.000	1,5
<1.000	1

Ηλικία (έτη)	Συντελεστής Ηλικίας
150 έως 200	2.5
100 έως 150	2
50 έως 100	1.5

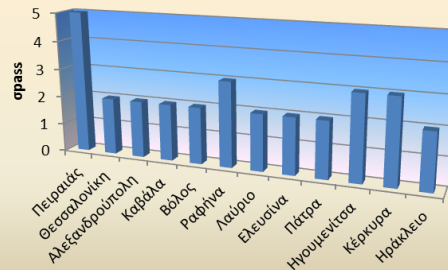
Κατάσταση λιμένα	Δείκτης κατάστασης
Εξαιρετική	5
Καλή	4
Μέτρια	3
Φτωχή	2
Πολύ φτωχή	1

Μεταβολή κατάστασης		Κόστος συντήρησης (σε €)
Χηραχικό	Χητελικό	
1	2	1000
1	3	6000
1	4	16000
1	5	106000
2	3	5000
2	4	15000
2	5	105000
3	4	10000
3	5	100000
4	5	90000

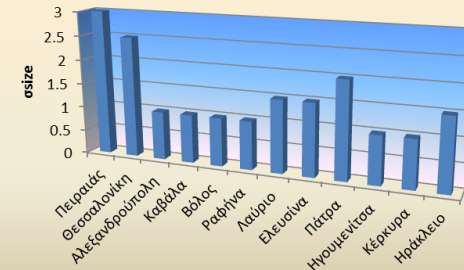
Έτος Συντήρησης	1	2	3	4	5
wi	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Εύρος συντελεστών βαρύτητας (2/2)

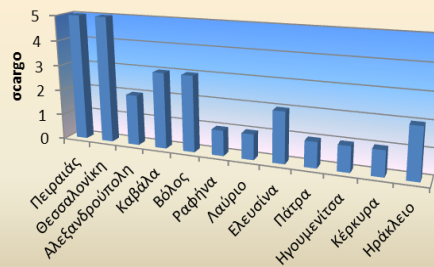
Συντελεστής επιβατικής κίνησης



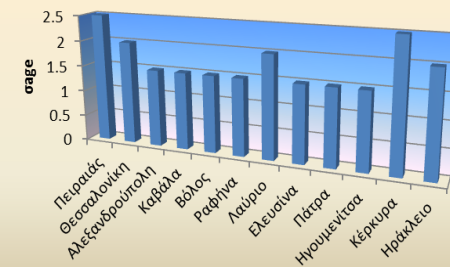
Συντελεστής μεγέθους



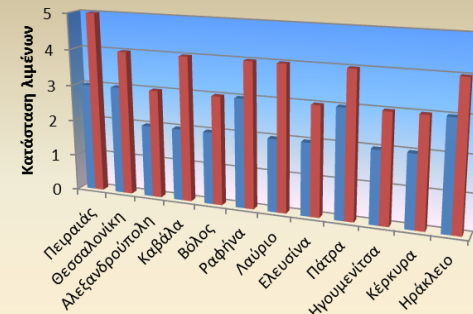
Συντελεστής εμπορευματικής κίνησης



Συντελεστής ηλικίας



Η αρχική και η τελική
κατάσταση των
λιμένων ορίζεται εξ'
αρχής



Αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου (1/4)

Εξετάστηκαν τα παρακάτω σενάρια:

❖ Σταθερός Ετήσιος Προϋπολογισμός

- ✓ Αρχικές συνθήκες
- ✓ Αύξηση w_i
- ✓ Διαφορετική αρχική κατάσταση λιμένων
- ✓ Διπλασιασμός συντελεστών βαρύτητας

❖ Μεταβαλλόμενος Ετήσιος Προϋπολογισμός

- ✓ Αρχικές συνθήκες
- ✓ Αύξηση w_i
- ✓ Διαφορετική αρχική κατάσταση λιμένων
- ✓ Διπλασιασμός συντελεστών βαρύτητας

❖ Μετακύλιση Προϋπολογισμού

Αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου (2/4)

❖ Σταθερός Ετήσιος Προϋπολογισμός

Σταθερός προϋπολογισμός									
Σενάρια		1. Αρχικές συνθήκες		2. Αύξηση w1		3. Διαφορετική αρχική κατάσταση λιμένων		4. Διπλασιασμός συντελεστών βαρύτητας	
Έτος	Προ/μος	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος
1ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
2ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
3ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
4ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
5ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
Συν.	25,000	5	25,000	5	25,000	0	0	5	25,000
1ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
2ο	10,000	2	10,000	2	10,000	1	6,000	2	10,000
3ο	10,000	2	10,000	2	10,000	1	6,000	2	10,000
4ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
5ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
Συν.	50,000	7	50,000	7	50,000	5	30,000	7	50,000
1ο	20,000	3	20,000	3	20,000	1	15,000	3	20,000
2ο	20,000	3	20,000	3	20,000	3	18,000	2	20,000
3ο	20,000	2	20,000	2	20,000	1	16,000	2	20,000
4ο	20,000	1	15,000	1	15,000	1	15,000	2	20,000
5ο	20,000	2	20,000	2	20,000	2	12,000	2	15,000
Συν.	100,000	11	95,000	11	95,000	8	76,000	11	95,000
1ο	30,000	4	30,000	5	30,000	3	27,000	5	30,000
2ο	30,000	4	30,000	3	30,000	3	28,000	2	30,000
3ο	30,000	2	25,000	2	25,000	2	30,000	3	25,000
4ο	30,000	1	10,000	1	10,000	2	22,000	1	10,000
5ο	30,000	0	0	0	0	1	15,000	0	0
Συν.	150,000	11	95,000	11	95,000	11	122,000	11	95,000
1ο	40,000	5	40,000	6	40,000	5	39,000	5	40,000
2ο	40,000	4	35,000	3	35,000	3	37,000	4	40,000
3ο	40,000	2	20,000	2	20,000	2	31,000	2	15,000
4ο	40,000	0	0	0	0	1	15,000	0	0
5ο	40,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Συν.	200,000	11	95,000	11	95,000	11	122,000	11	95,000
1ο	50,000	6	50,000	6	50,000	5	49,000	5	50,000
2ο	50,000	5	45,000	5	45,000	4	43,000	6	45,000
3ο	50,000	0	0	0	0	2	30,000	0	0
4ο	50,000	0	0	0	0	0	0	0	0
5ο	50,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Συν.	250,000	11	95,000	11	95,000	11	122,000	11	95,000
1ο	100,000	1	100,000	1	100,000	9	92,000	1	100,000
2ο	100,000	11	95,000	11	95,000	2	30,000	11	95,000
3ο	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
4ο	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
5ο	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Συν.	500,000	12	195,000	12	195,000	11	122,000	12	195,000

Αύξηση
προϋπολογισμού



Αύξηση
αριθμού
λιμένων που
συντηρούνται

Η χειροτέρευση της αρχικής κατάστασης των λιμένων οδηγεί σε απαίτηση περισσότερων χρημάτων για τη συντήρηση των λιμένων.

Διπλασιασμός των
συντελεστών
βαρύτητας



Δεν
διαφοροποιούνται
τα αποτελέσματα
σε σχέση με τις
αρχικές συνθήκες

Αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου (3/4)

❖ Μεταβαλλόμενος Ετήσιος Προϋπολογισμός

Μεταβαλλόμενος προϋπολογισμός									
Σενάρια		1. Αρχικές συνθήκες		2. Αύξηση w1		3. Διαφορετική αρχική κατάσταση λιμένων		4. Διπλασιασμός συντελεστών βαρύτητας	
Έτος	Προ/μιο	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος	Λιμάνια	Κόστος
1ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
2ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
3ο	15,000	2	15,000	2	15,000	1	15,000	1	15,000
4ο	20,000	2	20,000	2	20,000	3	18,000	2	20,000
5ο	25,000	3	25,000	3	25,000	2	22,000	4	25,000
Συν.	75,000	9	75,000	9	75,000	7	61,000	9	75,000
1ο	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0
2ο	2,000	0	0	0	0	0	0	0	0
3ο	3,000	0	0	0	0	0	0	0	0
4ο	4,000	0	0	0	0	0	0	0	0
5ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
Συν.	15,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
1ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
2ο	15,000	3	15,000	3	15,000	1	15,000	3	15,000
3ο	20,000	2	20,000	2	20,000	3	18,000	2	20,000
4ο	25,000	2	25,000	2	25,000	2	22,000	2	25,000
5ο	30,000	3	25,000	3	25,000	2	30,000	3	25,000
Συν.	100,000	11	95,000	11	95,000	9	91,000	11	95,000
1ο	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0
2ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
3ο	20,000	4	20,000	4	20,000	3	18,000	4	20,000
4ο	30,000	3	30,000	3	30,000	2	30,000	2	30,000
5ο	40,000	3	35,000	3	35,000	3	38,000	4	35,000
Συν.	101,000	11	95,000	11	95,000	9	92,000	11	95,000
1ο	5,000	1	5,000	1	5,000	0	0	1	5,000
2ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
3ο	20,000	3	20,000	3	20,000	1	15,000	2	20,000
4ο	50,000	5	50,000	5	50,000	5	49,000	6	50,000
5ο	100,000	1	100,000	1	100,000	4	52,000	1	100,000
Συν.	185,000	11	185,000	11	185,000	11	122,000	11	185,000
1ο	10,000	1	10,000	1	10,000	1	6,000	1	10,000
2ο	20,000	4	20,000	4	20,000	1	15,000	2	20,000
3ο	40,000	3	40,000	3	40,000	5	40,000	5	40,000
4ο	80,000	4	25,000	3	25,000	4	61,000	3	25,000
5ο	160,000	0	100,000	1	100,000	1	105,000	1	100,000
Συν.	310,000	12	195,000	12	195,000	12	227,000	12	195,000
1ο	50,000	6	50,000	6	50,000	5	49,000	6	50,000
2ο	100,000	1	100,000	1	100,000	6	73,000	1	100,000
3ο	150,000	5	45,000	5	45,000	1	105,000	5	45,000
4ο	200,000	0	0	0	0	0	0	0	0
5ο	250,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Συν.	750,000	12	195,000	12	195,000	12	227,000	12	195,000

Συγκριτικά με το σταθερό ετήσιο προϋπολογισμό:

➡ Για ίδιους συνολικούς προϋπολογισμούς, ο συνολικός αριθμός των λιμένων που συντηρούνται είναι ίδιος.

➡ Γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση του διατιθέμενου προϋπολογισμού.

Αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου (4/4)

❖ Μετακύλιση προϋπολογισμού

Μετακύλιση προϋπολογισμού						
Σταθερός προϋπολογισμός				Μεταβαλλόμενος προϋπολογισμός		
Έτος	Προ/μός	Λιμάνια	Κόστος	Προ/μός	Λιμάνια	Κόστος
1ο	5,000	0	0	5,000	0	0
2ο	10,000	0	0	15,000	1	15,000
3ο	15,000	1	15,000	15,000	2	12,000
4ο	5,000	0	0	23,000	2	22,000
5ο	10,000	1	6,000	26,000	2	21,000
Συν.	45,000	2	21,000	84,000	7	70,000
1ο	10,000	0	0	1,000	0	0
2ο	20,000	1	15,000	3,000	0	0
3ο	13,000	2	12,000	6,000	0	0
4ο	15,000	1	6,000	10,000	0	0
5ο	17,000	1	16,000	15,000	1	15,000
Συν.	75,000	5	49,000	35,000	1	15,000
1ο	20,000	1	15,000	10,000	1	6,000
2ο	25,000	4	24,000	19,000	1	15,000
3ο	21,000	1	16,000	24,000	2	21,000
4ο	25,000	2	21,000	28,000	3	28,000
5ο	24,000	1	16,000	30,000	2	22,000
Συν.	115,000	92,009	92,000	111,000	9	92,000
1ο	30,000	1	15,000	1,000	0	0
2ο	45,000	0	0	11,000	1	6,000
3ο	75,000	0	0	25,000	2	210,000
4ο	105,000	1	105,000	34,000	3	27,000
5ο	30,000	5	30,000	47,000	3	47,000
Συν.	285,000	7	268,000	118,000	9	290,000
1ο	40,000	1	15,000	5,000	0	0
2ο	65,000	0	0	15,000	1	15,000
3ο	105,000	1	105,000	20,000	3	18,000
4ο	40,000	5	40,000	52,000	4	43,000
5ο	40,000	3	37,000	109,000	1	105,000
Συν.	290,000	10	197,000	201,000	9	181,000
1ο	50,000	6	45,000	10,000	1	6,000
2ο	55,000	0	0	24,000	2	21,000
3ο	105,000	1	105,000	43,000	3	18,000
4ο	50,000	3	50,000	105,000	1	105,000
5ο	53,000	2	53,000	160,000	5	77,000
Συν.	313,000	12	253,000	342,000	12	227,000
1ο	100,000	9	92,000			
2ο	108,000	1	105,000			
3ο	103,000	2	30,000			
4ο	173,000	0	0			
5ο	273,000	0	0			
Συν.	757,000	12	227,000			

Στο συγκεκριμένο σενάριο:

➡ Ο αριθμός των λιμένων που συντηρούνται είναι μεγαλύτερος για την περίπτωση περιορισμένων προϋπολογισμών.

➡ Η εκμετάλλευση του διατιθέμενου προϋπολογισμού είναι μεγαλύτερη, διότι ο προϋπολογισμός που περισσεύει ανά έτος περνάει στο επόμενο έτος.

Συμπεράσματα (1/2)

- ❖ Για πρώτη φορά πραγματοποιείται ανάπτυξη ενός μοντέλου βέλτιστης κατανομής πόρων για τη συντήρηση των λιμένων μιας χώρας.
- ❖ Η μέθοδος του γραμμικού προγραμματισμού αποδείχθηκε κατάλληλη, διότι επιτρέπει στον εκάστοτε διαχειριστή συντήρησης να ερευνήσει όλες τις πιθανές στρατηγικές διαχείρισης. Επιπλέον, είναι διακριτή η επίδραση των παραμέτρων εισόδου σε μια δεδομένη λύση του προβλήματος.
- ❖ Η χειροτέρευση της κατάστασης των λιμένων θεωρήθηκε γραμμική.
- ❖ Η αντικειμενική συνάρτηση που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει συντελεστές βαρύτητας που σχετίζονται με την επιβατική κίνηση, την εμπορευματική κίνηση, την ηλικία και το μέγεθος των λιμένων, οι οποίοι θεωρούνται οι πλέον κρίσιμοι για τη συντήρηση των λιμένων.

Συμπεράσματα (2/2)

- ❖ Καθοριστικός παράγοντας για τη συντήρηση ενός λιμένα αποτελεί η επάρκεια του προϋπολογισμού. Αν αυτός επαρκεί , προτεραιότητα στη συντήρηση αποκτά ο λιμένας εκείνος με τους υψηλότερους συντελεστές βαρύτητας.
- ❖ Η αύξηση του προϋπολογισμού συνεπάγεται περά από την αύξηση του αριθμού των λιμένων που συντηρούνται και τη μείωση του χρονικού ορίζοντα συντήρησης, με εμπροσθοβαρή κατανομή τα πρώτα χρόνια.
- ❖ Ο διπλασιασμός των συντελεστών βαρύτητας δεν διαφοροποίησε τα αποτελέσματα σε σχέση με την επίλυση για τις αρχικές συνθήκες.
- ❖ Ο μεταβαλλόμενος ετήσιος προϋπολογισμός οδηγεί σε καλύτερη εκμετάλλευση του διατιθέμενου προϋπολογισμού συγκριτικά με τον σταθερό ετήσιο.
- ❖ Ο διπλασιασμός του χρονικού ορίζοντα συντήρησης δε διαφοροποίησε τα αποτελέσματα.
- ❖ Η μετακύλιση του προϋπολογισμού σε επόμενα έτη είχε ως αποτέλεσμα τη συντήρηση περισσότερων λιμένων στην περίπτωση χαμηλών προϋπολογισμών.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- ❖ Βαθύτερη διερεύνηση για τον χαρακτηρισμό της αρχικής κατάστασης των λιμένων, χρησιμοποιώντας κάποιους τυποποιημένους δείκτες αξιολόγησης.
- ❖ Η πρόβλεψη της χειροτέρευσης της κατάστασης των λιμένων έχει στοχαστικές ρίζες. Γι' αυτό, θα ήταν ενδιαφέρουσα η εισαγωγή στο πρόβλημα της αλυσίδας Μαρκόφ.
- ❖ Επίλυση του προβλήματος με δυναμικό αντί για γραμμικό προγραμματισμό.
- ❖ Εισαγωγή στο πρόβλημα περισσότερων λιμένων τόσο από την Ελλάδα όσο και από το εξωτερικό, ώστε να εντοπιστούν περισσότερα στοιχεία, κρίσιμα για τη συντήρηση των λιμένων.

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΟΝΟ
ΣΑΣ

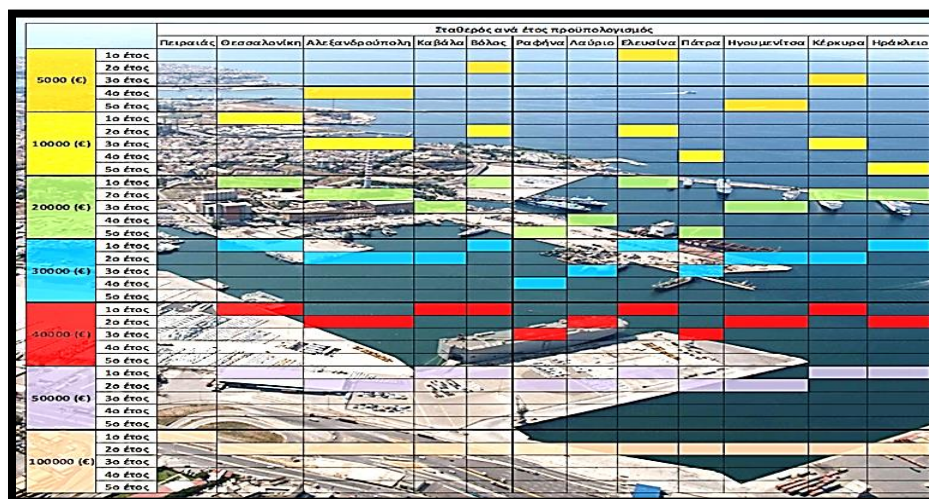




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Ανάπτυξη μοντέλου βελτιστοποίησης της κατανομής πόρων για την συντήρηση των λιμένων της Ελλάδας



Σωτήριος Χαριζόπουλος

Επιβλέποντες: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ
Νικόλαος Λαγαρός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2015