

ΤΥΧΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ

Παναγιώτης Χρ. Εσκίογλου

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού
Περιβάλλοντος

Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων Α.Π.Θ.

Τηλ. 998974 992725 FAX 998979 e-mail : pxeskio@
for.auth.gr

ΤΥΧΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ

Παναγιώτης Χρ. Εσκίογλου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για έναν ακριβή σχεδιασμό του πάχους οδοστρώματος των δασικών δρόμων, απαιτείται η γνώση της ομοιομορφίας ή μεταβλητότητας των εδαφομηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους και η ακριβής σύνθεση των κυκλοφορούντων οχημάτων. Το πρώτο πετυχαίνεται με μία τυχαία δειγματοληψία, ειδικά προσαρμοσμένη στα αποτελέσματα της Εδαφομηχανικής και Οδοποιίας, ενώ για το δεύτερο χρειάζεται μία ολοκληρωμένη στατιστική ανάλυση του κυκλοφοριακού φόρτου. Οι ακριβείς υπολογισμοί των δύο αυτών σπουδαίων παραγόντων καθορίζουν στο μέγιστο βαθμό την οικονομικότητα και ανθεκτικότητα της κατασκευής. Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται τέτοιοι μέθοδοι, για τη διευκόλυνση των δασολόγων οδοποιών της πράξης που αντιμετωπίζουν προβλήματα δειγματοληψίας εδαφών και προσδιορισμού του φόρτου στη ζώνη διέλευσης μιας οδού.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Για τη σωστή διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων στους δασικούς δρόμους, κυρίαρχοι παράγοντες που καθορίζουν την οικονομικότητα και την ανθεκτικότητα του έργου, είναι το έδαφος και η σύνθεση του κυκλοφοριακού φόρτου(Εσκίογλου 1991). Στην πράξη όταν επιθυμούμε επακριβώς να αξιολογήσουμε και να κατατάξουμε το ολικό εδαφικό υλικό στο οποίο εδράζεται ένας δρόμος, θα πρέπει να μετατρέψουμε όλο το υλικό αυτό σε δοκίμια και να τα εξετάσουμε όλα. Το σύνολο των δοκιμίων είναι ο «πληθυσμός» δηλαδή όλα τα στοιχεία του δείγματος. Επειδή όμως αυτό είναι αδύνατον, στην πραγματικότητα παίρνουμε ένα μικρό αριθμό στοιχείων, δοκιμίων, του εδάφους για δείγμα που τα εξετάζουμε και προσπαθούμε να βγάλουμε αξιόπιστα αποτελέσματα ως προς την ποιότητα ολόκληρης της ποσότητας του υλικού, δηλαδή του πληθυσμού. Τα συμπεράσματα αυτά ισχύουν για μια πιθανότητα μικρότερη του 100%, αφού η πιθανότητα να είναι σωστά 100% θα υπάρξει μόνο όταν εξετάσουμε όλα τα δοκίμια του εδάφους, δηλαδή όλο τον πληθυσμό (Κόλλιας 1980).

Το πλήθος των στοιχείων του πληθυσμού συμβολίζεται με N , ενώ το πλήθος στοιχείων πληροφορίας του δείγματος, δηλαδή το μέγεθος του δείγματος, συμβολίζεται με n . Είναι βέβαια φανερό ότι το δείγμα πρέπει να εκλεγεί έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει σωστά τον πληθυσμό, χωρίς ίχνη υποκειμενικότητας. Στην εδαφομηχανική και την Οδοποιία εφαρμόζονται η τυχαία, η συστηματική και η τυχαία κατά στρώματα δειγματοληψία, με τη διασπορά να είναι κατά σειρά μικρότερη στην περίπτωση της συστηματικής, της τυχαίας κατά στρώματα και τέλος της τυχαίας δειγματοληψίας (Σπηλιωτόπουλος 1980, Milton and Arnold 1986).

Η τυχαία δειγματοληψία εφαρμόζεται και στον προσδιορισμό της σύνθεσης της κυκλοφορίας, εφαρμογή που περνά μέσα από στατιστική ανάλυση διαφόρων παραγόντων όπως είναι ο τύπος του οχήματος, η μεταφερόμενη ποσότητα (Ang and Tang 1975, Lapin 1990) ή των ισοδυνάμων αξόνων και της ικανότητας παραμόρφωσης του εδάφους (Littleford 1993)

Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται τέτοιοι μέθοδοι, για τη διευκόλυνση των δασολόγων οδοποιών της πράξης που αντιμετωπίζουν προβλήματα δειγματοληψίας εδαφών και προσδιορισμού του φόρτου στη ζώνη διέλευσης μιας οδού.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Δειγματοληψία εδαφών

Για τη δειγματοληψία των εδαφών ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

α. Λαμβάνονται αρχικά τυχαία n δείγματα για την εκτίμηση της αντοχής (CBR) του εδάφους, στα οποία υπολογίζουμε τον μέσο όρο \bar{X} , και την τιμή της τυπικής απόκλισης S .

β. Ορίζοντας το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας $Z_{\alpha/2}$ (βαθμός εμπιστοσύνης) και την τιμή του επιθυμητού σφάλματος Δ , επιλύουμε την εξίσωση :

$$\left[\left(Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\Delta} \right) \right]^2 = N, \quad (1)$$

από την οποία υπολογίζεται ο αριθμός των N εδαφικών δειγμάτων που θα πρέπει να ληφθούν τυχαία .

γ. Στη συνέχεια εργαζόμαστε στον Πίνακα 1 των τυχαίων αριθμών που αποτελείται από 36 ομάδες των 3 στηλών (Α,Β,Γ) η καθεμία. Στην πρώτη στήλη Α, δίνονται τυχαία οι αριθμοί από το 1 μέχρι το 30 που αντιπροσωπεύουν τις Ν θέσεις δειγματοληψίας, ενώ στην δεύτερη και στην τρίτη υπάρχουν κλασματικοί αριθμοί κατά αύξουσα σειρά μεγέθους . Πολλαπλασιάζοντας το μήκος του εξεταζόμενου δρόμου με τον αριθμό της στήλης Β που αντιστοιχεί στον επιλεγέντα αριθμό της δειγματοληψίας της στήλης Α, προκύπτει ένα μέγεθος που μας καθορίζει τη θέση δειγματοληψίας για το συγκεκριμένο σημείο κατά μήκος του άξονα του δρόμου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τυχαίοι αριθμοί για τη διαδικασία της δειγματοληψίας

ΣΤΗΛΗ 22			ΣΤΗΛΗ 23			ΣΤΗΛΗ 24			ΣΤΗΛΗ 25			ΣΤΗΛΗ 26		
Α	Β	Γ	Α	Β	Γ	Α	Β	Γ	Α	Β	Γ	Α	Β	Γ
12	0.051	0.032	26	0.051	0.187	08	0.015	0.521	02	0.039	0.005	16	0.026	0.102
11	0.068	0.980	03	0.053	0.256	16	0.068	0.994	16	0.061	0.599	01	0.033	0.886
17	0.089	0.309	29	0.100	0.159	11	0.118	0.400	26	0.068	0.054	04	0.088	0.686
01	0.091	0.371	13	0.102	0.465	21	0.124	0.565	11	0.073	0.812	22	0.090	0.602
10	0.100	0.709	24	0.110	0.316	18	0.153	0.158	07	0.123	0.649	13	0.114	0.614
30	0.121	0.744	18	0.114	0.300	17	0.190	0.159	05	0.126	0.658	20	0.136	0.576
02	0.166	0.056	11	0.123	0.208	26	0.192	0.676	14	0.161	0.189	05	0.138	0.228
23	0.179	0.529	09	0.138	0.182	01	0.237	0.030	18	0.166	0.040	10	0.216	0.565
21	0.187	0.051	06	0.194	0.115	12	0.283	0.077	28	0.248	0.171	02	0.233	0.610
22	0.205	0.543	22	0.234	0.480	03	0.286	0.318	06	0.255	0.117	07	0.278	0.357
28	0.230	0.688	20	0.274	0.107	10	0.317	0.734	15	0.261	0.928	30	0.405	0.273
19	0.243	0.001	21	0.331	0.292	05	0.337	0.844	10	0.301	0.811	06	0.421	0.807
27	0.267	0.990	08	0.346	0.085	25	0.441	0.336	24	0.363	0.025	12	0.426	0.583
15	0.283	0.440	27	0.382	0.979	27	0.469	0.786	22	0.378	0.792	08	0.471	0.708
16	0.352	0.089	07	0.387	0.865	24	0.473	0.237	27	0.379	0.959	18	0.473	0.738
03	0.377	0.648	28	0.411	0.776	20	0.475	0.761	19	0.420	0.557	19	0.510	0.207
06	0.397	0.769	16	0.444	0.999	06	0.557	0.001	21	0.467	0.943	03	0.512	0.329
09	0.409	0.428	04	0.515	0.993	07	0.610	0.238	17	0.494	0.225	15	0.640	0.329
14	0.465	0.406	17	0.518	0.827	09	0.617	0.041	09	0.620	0.081	09	0.665	0.354
13	0.499	0.651	05	0.539	0.620	13	0.641	0.648	30	0.623	0.106	14	0.680	0.884
04	0.539	0.972	02	0.623	0.271	22	0.664	0.291	03	0.625	0.777	26	0.703	0.622
18	0.560	0.747	30	0.637	0.374	04	0.668	0.856	08	0.651	0.790	29	0.739	0.394
26	0.575	0.892	14	0.714	0.364	19	0.717	0.232	12	0.715	0.599	25	0.759	0.386
29	0.756	0.712	15	0.730	0.107	02	0.776	0.504	23	0.782	0.093	24	0.803	0.602
20	0.760	0.920	19	0.771	0.552	29	0.777	0.548	20	0.810	0.371	27	0.842	0.491
05	0.847	0.925	23	0.780	0.662	14	0.823	0.223	01	0.841	0.726	21	0.870	0.435
25	0.872	0.891	10	0.924	0.888	23	0.848	0.264	29	0.862	0.009	28	0.906	0.367
24	0.874	0.135	12	0.929	0.204	30	0.892	0.817	25	0.891	0.873	23	0.948	0.367
08	0.911	0.215	01	0.937	0.714	28	0.943	0.190	04	0.917	0.264	11	0.956	0.142
07	0.946	0.065	25	0.974	0.398	15	0.975	0.962	13	0.958	0.990	17	0.993	0.989

Πολλαπλασιάζοντας το πλάτος του δρόμου με τον αντίστοιχο δεκαδικό αριθμό της υποστήλης Γ που αντιστοιχεί στον επιλεγέντα αριθμό της δειγματοληψίας από τη στήλη

A, προκύπτει το μέγεθος- αριθμός που μας καθορίζει τη θέση δειγματοληψίας κατά πλάτος του δρόμου από την αριστερή άκρη. Το αποτέλεσμα του γινομένου αφαιρείται από το μισό πλάτος του δρόμου και αν η διαφορά είναι θετική το σημείο δειγματοληψίας είναι δεξιά του άξονα του δρόμου, ενώ αν είναι αρνητική βρίσκεται αριστερά του άξονα του δρόμου.

Το βάθος από το οποίο παίρνουμε εδαφικό δείγμα φθάνει μέχρι και τα 80 εκ.για κυκλοφοριακό φόρτο 10^5 έως 10^6 ισοδύναμες διελεύσεις αξονικού φορτίου 8.2 tn στην 20ετία.

2.2. Στατιστική ανάλυση σύνθεσης κυκλοφορίας.

Για τον υπολογισμό της κυκλοφορίας ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία(Εσκίολγλου 1991):

- α. Μετρίεται σε η χρονικές περιόδους, από το σύνολο των βαρέων οχημάτων που κυκλοφορούν, το ποσοστό **K** των οχημάτων που μεταφέρουν ξυλεία
- β. Καταγράφεται για τον κάθε τύπο των βαρέων οχημάτων, το φορτίο που μεταφέρουν και οι ισοδύναμοι άξονές του, ώστε να καταλήξουμε στον υπολογισμό του συντελεστή **n** που δηλώνει τον αριθμό ισοδυνάμων αξόνων που μεταφέρουν $1m^3$ ξυλείας. Ο συντελεστής **n** προκύπτει από τον τύπο:

$$n = \frac{L_1 + L_e}{1,42) \cdot (\Omega \cdot \phi)} \quad (2)$$

όπου είναι:

L_i = οι ισοδύναμοι άξονες άφορτου οχήματος.

L_e = οι ισοδύναμοι άξονες έμφορτου οχήματος.

Ωφ = το ωφέλιμο φορτίο οχήματος.

- γ. Για τα συγκεκριμένα προδείγματα υπολογίζονται η μέση τιμή της τυπικής απόκλισης **S** του συντελεστή **η** και **K**.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων γίνεται για να διαπιστωθεί αν υπάρχει ή όχι στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δείγματα, όσον αφορά τις τιμές των συντελεστών **η** και **K**.

Για τον προσδιορισμό στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων όρων του συντελεστή (η) διαφόρων χρονικών περιόδων, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (3) της σύγκρισης των μέσων όρων δύο πληθυσμών μικρών μεγεθών.

$$t_{1,2} = \frac{n_1 - n_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \quad (3)$$

Οπου είναι:

- n₁** = Η τιμή του μέσου όρου του συντελεστή η για την χρονική περίοδο μέτρησης 1.
- n₂** = Η τιμή του μέσου όρου του συντελεστή η για την χρονική περίοδο μέτρησης 2.
- S₁** = Η τιμή της τυπικής απόκλισης των τιμών η της χρονικής περιόδου 1.
- S₂** = Η τιμή της τυπικής απόκλισης των τιμών η της χρονικής περιόδου 2.
- N₁, N₂** = Το μέγεθος του δείγματος.
- t_{1,2}** = Το κριτήριο t που υπολογίζεται από την εξίσωση (3) για τα δύο δείγματα, που θα συγκριθεί με το θεωρητικό κριτήριο t'N για βαθμούς ελευθερίας BE = N-1

Για την εύρεση στατιστικής σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων τιμών των συντελεστών (K) διαφόρων χρονικών περιόδων, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (4) με την οποία συγκρίνονται ποσοστά πληθυσμών.

$$z = \frac{K_1 - K_2}{\sqrt{\frac{K_1(1-K_1)}{IA_1} + \frac{K_2(1-K_2)}{IA_2}}} \quad (4)$$

Οπου είναι:

- K₁** = Η μέση τιμή του συντελεστή K για τη χρονική περίοδο μέτρησης 1.
- K₂** = Η μέση τιμή του συντελεστή K για τη χρονική περίοδο μέτρησης 2.
- (IA)₁** = Ο συνολικός αριθμός ισοδυνάμων αξόνων που κυκλοφορούν τη χρονική περίοδο 1.
- (IA)₂** = Ο συνολικός αριθμός ισοδυνάμων αξόνων που κυκλοφορούν τη χρονική

περίοδο 2.

$Z =$ Το κριτήριο Z που υπολογίζεται από την εξίσωση (4) και το οποίο θα συγκριθεί με το θεωρητικό κριτήριο $Z_{0.5} = 1.96$.

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

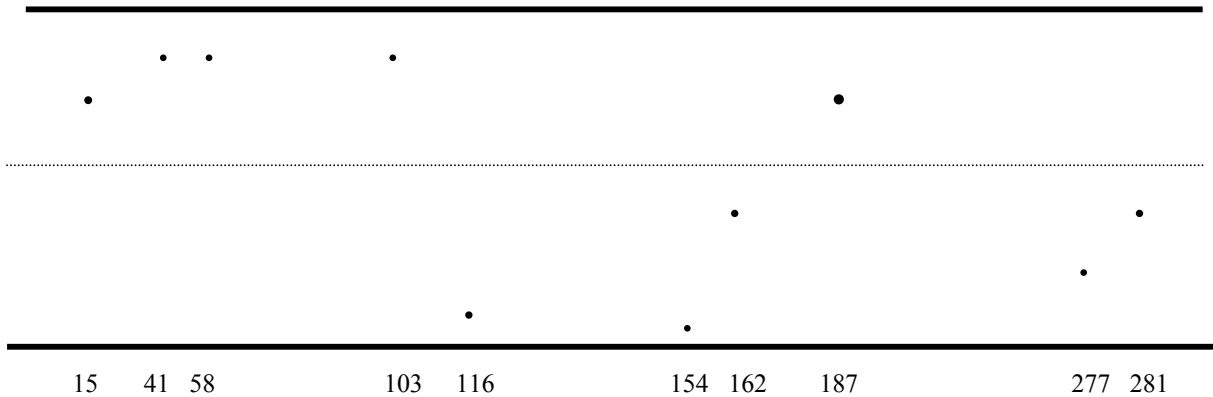
Η εφαρμογή των ανωτέρω μεθόδων πραγματοποιήθηκε σε τμήμα του δασικού δρόμου Ι Περιβολίου – Κατσιαβέλη Γρεβενών. Στο τμήμα αυτό που έχει μήκος 300 m. και πλάτος 4 m., λαμβάνονται τυχαία 8 θέσεις δειγματοληψίας για να υπολογισθεί η τιμή της αντοχής του υπεδάφους CBR. Από τα παραπάνω δείγματα βρέθηκε $\bar{X}=4$ και $S = 8$. Ζητάμε να ορίσουμε τον ακριβή αριθμό N δειγματος σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% με σφάλμα 5 μονάδες. Επιλύοντας τη σχέση (1) βρίσκουμε τον αριθμό N να ισούται με 10 δείγματα. Στον Πίνακα 1 δίνονται οι κατά μήκος και πλάτος θέσεις των δειγμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Θέσεις τυχαίας δειγματοληψίας βάσει τυχαίων αριθμών

Αριθμός Δείγματος (1)	Τιμή της στήλης Β (2)	Τιμή της στήλης Γ (3)	Θέση του δείγματος κατά μήκος του δρόμου (4) = 300x Β m	Θέση του δείγματος κατά πλάτος δρόμου (5) = 4x Γ m
01	.937	.714	281	2,85
02	.623	.271	187	1,08
03	.053	.256	15,9	1,02
04	.515	.993	154,5	3,97
05	.539	.620	162	2,48
06	.194	.115	58,2	0,46
07	.387	.865	116,1	3,46
08	.346	.085	103,8	0,34
09	.138	.182	41,4	0,73
10	.924	.888	277,2	3,55

Το πρώτο δείγμα θα πρέπει να ληφθεί 15,9 m από την αρχή και 1,02 m από την αριστερή άκρη του δρόμου. Το δεύτερο βρίσκεται σε θέση 41,4 m μέτρα από την αρχή

και 0,73m από την άκρη του δρόμου. Το τελευταίο δε δείγμα θα απέχει 281 m μέτρα από την αρχή και 2,85m από την αριστερή ή 1,15m από την δεξιά άκρη του δρόμου.



Σχήμα 1. Απεικόνιση των θέσεων δειγματοληψίας κατά μήκος και πλάτος του δρόμου.

Για τη στατιστική ανάλυση του κυκλοφοριακού φόρτου, στον Πίνακα 2 ,για 2 δείγματα δίνονται οι ακόλουθες τιμές που προήλθαν από μετρήσεις βάσει της ανωτέρω μεθόδου

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Στατιστική ανάλυση σύνθεσης και κυκλοφοριακού φόρτου

Μεταβλητές	Δείγμα 1	Δείγμα 2	Αποτελέσματα
η	0.2538	0,248	$t_{1,2} = 0,86 < 2,26$
S	0.0016	0,014	
N	10	10	Χωρίς στατιστικώς σημαντική διαφορά για τους συντελεστές η και K
K	63,1%	65%	
t_N	2,26	2,26	
z	1,96	1,96	

Διαπιστώνεται ότι εισάγοντας τα δεδομένα στις εξισώσεις 3 και 4 μεταξύ των μέσων τιμών του συντελεστή (η) και του (K) δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά και ο μεν συντελεστής (η) λαμβάνει τιμή ίση με το μέσο όρο των μέσων τιμών όλων των χρονικών περιόδων μέτρησης δηλαδή (η) = 0.25, ενώ και ο συντελεστής (K) λαμβάνει τιμή ίση με το μέσο όρο των μέσων τιμών όλων των χρονικών περιόδων μέτρησης δηλαδή (K) = 65%.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατασκευή ενός ανθεκτικού και οικονομικού οδοστρώματος δασικού δρόμου εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την αντοχή του εδάφους και την σύνθεση της κυκλοφορίας. Λόγω της σπουδαιότητας των παραγόντων αφενός και του μεγάλου κόστους των έργων Οδοποιίας αφετέρου , δεν επιτρέπεται να σχεδιάζονται τα έργα αυτά με τον παραδοσιακό εμπειρικό τρόπο μιας απλής και όχι επιστημονικής δειγματοληψίας που ασφαλώς δεν καταγράφει την μεταβλητότητα των εδαφομηχανικών ιδιοτήτων ούτε την ακριβή σύνθεση του κυκλοφοριακού φόρτου.

Στην εργασία αυτήν αναπτύσσεται μία εφαρμογή της τυχαίας δειγματοληψίας των εδαφών, βασισμένη στη θεωρία των τυχαίων αριθμών όπου τεκμηριωμένα ορίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας όχι μόνο κατά μήκος του άξονα , αλλά και κατά πλάτος του δρόμου.

Επίσης δίνονται κατευθύνσεις στατιστικής ανάλυσης για την ανεύρεση υπάρξει στατιστικώς σημαντικής διαφορά μεταξύ προδειγμάτων όσον αφορά δύο νεοεισαγόμενους συντελεστές, τον συντελεστή **η** που δηλώνει τον αριθμό ισοδυνάμων αξόνων που μεταφέρουν $1m^3$ ξυλείας και τον **K** που είναι το ποσοστό των οχημάτων που μεταφέρουν ξυλεία.

Με τα παραδείγματα σε δασικό δρόμο της περιοχής Γρεβενών, φαίνεται καθαρά πόσο η μέθοδος αυτή διευκολύνει τους δασολόγους οδοποιούς της πράξης που αντιμετωπίζουν προβλήματα δειγματοληψίας εδαφών και προσδιορισμού του φόρτου στη ζώνη διέλευσης μιας οδού.

RANDOM SAMPLING OF GROUNDS AND STATISTICAL ANALYSIS OF CIRCULATORY LOAD IN FOREST ROADS

Panagiotis Ch. Eskioglou

SUMMARY

At the design of pavement's thickness of forest roads, because we interested itself for the uniformity of ground or by any chance his changes and seek to determine the departments

of road in which we meet grounds of different teams, will be supposed we make a right random sampling of grounds, in order to we are certain that we have a complete picture of changes of ground or his uniformity. Also, because the importance of composition of circulation of vehicles, is required a completed statistical analysis in order to are fixed the precise circulatory pressure and his composition, in order that the result of planning gives economic and durable paving. In this work on one side is developed the system of random sampling of ground and on the other hand are presented the directions of statistical analysis for the precise determination of circulatory pressure, for the facilitation of foresters of civil engineers of action that faces such problems of sampling of grounds and determination of pressure in the area of passage of road.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ang, Al., W. Tang , 1975. Probability concepts in engineering planning and design. Mc Graw-Hill book company. N.York. Vol 1, 234pp.

Εσκίογλου, Π., 1991. Οικονομικά και ανθεκτικά οδοστρώματα στα ορεινά δάση της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή.Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας. Θεσσαλονίκη

Κόλλιας, Στ., 1982. Εισαγωγή στη στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εδαφομηχανικής στην Οδοποιία . Δελτίο ΚΕΔΕ του Τ.Ε.Ε.. Τεύχος 3- 4/ 1982, σελ. 191-226. Αθήνα.

Lapin, L..L., 1990.Probability and statistics for modern Engineering. PWS-Kent . Boston .144-153 pp

Littleford, T.W., 1993. Accidental sampling in work of planning of roads random samples the collection of data. John Wiley and sons. USA.88pp.

Milton, J.C., F.G.Arnold ., 1986 .Probability and statistics in the Engineering. Mc Graw-Hill, Intern .Ed. N.York.23-32pp.

Σπηλιωτόπουλος, Κ., 1980. Εφαρμογή της τυχαίας δειγματοληψίας εδαφών στη μελέτη οδών. Δελτίο ΚΕΔΕ του Τ.Ε.Ε. Τεύχος 3, σελ. 49-61.Αθήνα.

