

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της εργασίας αυτής θα ήταν αδύνατη χωρίς την ουσιαστική συμβολή συνεργατών, συγγενών και φίλων μου. Μέσα σε αυτές τις λίγες διαθέσιμες γραμμές, θα ήθελα, πρωταρχικά, να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ευστράτιο Δουκάκη, αφενός για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπό μου να αναλάβω την εργασία αυτή, αφετέρου για την συνεχή διαθεσιμότητά του στην επίλυση αποριών και την καθοδήγησή μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την διπλ. Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, κα. Αιμιλία Τσακίρη, για την παροχή ενός πολύτιμου εργαλείου, του λογισμικού Shev, το οποίο χρησιμοποίησα για τους υπολογισμούς μου.

Συνάμα, ευχαριστώ θερμά τον φίλο κ. Σταύρο Παπαβασιλείου, μηχανικό εργαζόμενο στο Κτηματολόγιο Ρόδου, που μερίμνησε για την προμήθεια κτηματολογικών χαρτών, τον φίλο μου Αθανάσιο Ηλιοδρομίτη, Α.Τ.Μ. και υποψήφιο διδάκτορα της Σ.Α.Τ.Μ (και expert στη Μ.Ε.Τ.), για την προμήθεια γεωπληροφορίας και την ανταπόκρισή του σε ερωτήσεις μου και σε προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διαδικασία υπολογισμών, τον Ευστράτιο Φονιά, φοιτητή του ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, για την προμήθεια μίας χρήσιμης εφαρμογής autocad στην εισαγωγή συντεταγμένων. Συνάμα, ευχαριστώ τον φίλο μου Ηλία Μπουρλή, Α.Τ.Μ., που ευχόμενος τις απαντήσεις των ερωτήσεων που ήθελα κάθε φορά να του κάνω να τις είχε ηχογραφημένες στον τηλεφωνητή, τον αγαπημένο Νίκο Τσερνοτόπουλο, Α.Τ.Μ. και Υποπλοίαρχο της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού, που ακόμη προσπαθεί να στείλει απόρρητους χάρτες με e-mail (γιατί δεν γνωρίζει από διαδίκτυο), την αγαπημένη μου Χρυσούλα Παλόγλου, φοιτήτρια Σ.Α.Τ.Μ., που με βοήθησε στις εργασίες πεδίου με GPS και μου υπενθύμιζε συνεχώς τα στενά χρονικά περιθώρια εκπόνησης της παρούσης εργασίας, τον φίλο μου Σάββα Καρτέρη, Α.Τ.Μ. και Υποπλοίαρχο της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού που μου δίδαξε πως με ένα ποτηράκι βγάζεις απλά ένα αποτέλεσμα, ενώ από το 2^ο και άνω αρχίζεις να αμφιβάλλεις ως σωστός ερευνητής και να ξεκινάς νέες υποθέσεις και επεξεργασίες... καθώς και το φίλο μου Γιώργο Χατζαντώνη, που μου έμαθε ότι ένα mini cooper μπορεί να ανταποκριθεί κάλλιστα στη μεταφορά τοπογραφικού εξοπλισμού (συμπεριλαμβανομένου και του τοπογράφου) πάνω στην άμμο.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και τον αγαπημένο μου παππού, για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
2	EXTENDED ABSTRACT	9
2.1	Introduction	9
2.2	Calculation methods of the coastal evolution	9
2.3	The study's application in two areas	9
2.4	Results	10
3	ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	11
3.1	Ιστορική αναδρομή	11
3.2	Η εξέλιξη μιας παγκόσμιας «περιβαλλοντικής αφύπνισης».....	11
3.3	Αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα	13
4	Η ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	18
4.1	Βιογεωφυσικοί παράγοντες που επιδρούν στην παράκτια ζώνη	19
5	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ.....	20
5.1	Παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της ακτογραμμής.....	20
5.2	Στρατηγικές προστασίας-προσαρμογής	20
5.3	Οι ελληνικές ακτές.....	21
6	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ	23
6.1	Σφάλματα που υπεισέρχονται στη συνολική διαδικασία	23
7	ΟΙ ΑΠΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΜΙΑΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	25
7.1	Η μέθοδος EPR (End of Point Rate – Ρυθμού Τελικού Σημείου)	25
7.2	Η μέθοδος AER (Average of Eras Rates – Μέσου Όρου Ρυθμών Περιόδων)	26
7.3	Η μέθοδος AOR (Average Of Rates – Μέσου Όρου Ρυθμών).....	26
7.4	Η μέθοδος OLS (Ordinary Least Squares – Συνήθη Ελάχιστα Τετράγωνα).....	27
7.5	Η μέθοδος Jackknife	29
8	ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ	30
8.1	Η μέθοδος MDL (Minimum Description Length)	30
8.2	Η μέθοδος RLS (Reweighted Least Squares).....	31
8.3	Η μέθοδος WLS (Weighted Least Squares - Ελάχιστα Τετράγωνα με Βάρη)	31
8.4	Η μέθοδος RWLS (Reweighted Weighted Least Squares)	33
8.5	Η μέθοδοι LAD (Least Absolute Deviation) και WLAD (Weighted Least Absolute Deviation) 33	
9	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ BINNING	35
9.1	Η μέθοδος Binning.....	35

10	ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SHEV.....	38
11	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΦΑΝΤΟΥ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	40
11.1	Γενικά στοιχεία της νήσου Ρόδου.....	40
11.2	Η περιοχή μελέτης Αφάντου	42
11.3	Συλλογή και επεξεργασία γεωπληροφορίας.....	43
11.4	Καθορισμός διατομών.....	45
11.5	Απεικόνιση ακτογραμμών.....	45
11.6	Μέτρηση αποστάσεων σε κάθε διατομή	46
12	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΦΑΝΤΟΥ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
12.1	Υπολογισμοί με τη χρήση 7 ακτογραμμών	47
12.2	Υπολογισμοί με τη χρήση 6 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμής του 1972	51
12.3	Υπολογισμός με τη χρήση 5 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμών του 1972 και 1991..	53
12.4	Υπολογισμός με τη χρήση 5 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμών του 1972 και 1932..	55
12.5	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	58
12.6	Σύγκριση της μεταβολής του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής σε σχέση με τη μεταβολή του τελικού σφάλματος	63
12.7	Εφαρμογή της μεθόδου WLAD για διαφορετικά εύρη τιμών των παραμέτρων b_0 και b_1	65
13	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ BINNING ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΦΑΝΤΟΥ.....	68
13.1	Εφαρμογή της binning για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών.....	68
14	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΝΕΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	72
14.1	Περιγραφή της περιοχής μελέτης	72
14.2	Συλλογή και επεξεργασία γεωπληροφορίας.....	74
15	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΝΕΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	76
15.1	Υπολογισμοί με τη χρήση 4 ακτογραμμών	76
15.2	Υπολογισμοί με τη χρήση 3 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμής του 1930	78
15.3	Υπολογισμοί με τη χρήση 3 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτ. του 1978	81
15.4	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	83
15.5	Σύγκριση της μεταβολής του σήματος του ρυθμού μεταβολής σε σχέση με τη μεταβολή του τελικού θορύβου.....	89
16	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ BINNING ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΝΕΣ.....	92
17	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	95

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

17.1	Γενικότερα συμπεράσματα για τη χρησιμότητα των μελετώμενων μεθόδων μελέτης της εξέλιξης της ακτογραμμής.....	95
17.2	Συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του τελικού θορύβου του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής που υπολογίζει κάθε μέθοδος.....	97
	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Οι θερμοκρασιακές μεταβολές των τελευταίων 1000 ετών.....	15
Εικόνα 2: Η μεταβολή της παγκόσμιας μ.σ.θ.	16
Εικόνα 3: Η εκτίμηση της παγκόσμιας μ.σ.θ. για διαφορετικά σενάρια.	17
Εικόνα 4: Η παράκτια ζώνη.....	18
Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση κατηγοριοποίησης των έργων προστασίας της παράκτιας ζώνης	21
Εικόνα 6: Η επιλογή των τεσσάρων πρώτων διατομών κατά τη μέθοδο Binning.	36
Εικόνα 7: Απεικόνιση με οριζόντιες γραμμές των σημείων όπου οι ρ.μ. των πλαισίων δε συμφωνούν με τον ρ.μ. των υπόλοιπων διατομών.....	36
Εικόνα 8: Η τελική ομαδοποίηση της μεθόδου binning έπειτα από την τελευταία εφαρμογή του student t-test. ...	37
Εικόνα 9: Το βασικό μενού του λογισμικού Shev.	38
Εικόνα 10: Η περιοχή μελέτης - Τμήμα της παραλίας Αφάντου	42
Εικόνα 11: Η διαίρεση της ακτογραμμής σε 96 διατομές.....	43
Εικόνα 12: Απεικόνιση όλων των διαθέσιμων ακτογραμμών σε δορυφορική εικόνα google.....	46
Εικόνα 13: 1 ^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 7 ακτογραμμών	69
Εικόνα 14: 4 ^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 5 ακτογραμμών (χωρίς τις 1932 και 1972).....	70
Εικόνα 15: 2 ^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 6 ακτογραμμών (αποκλεισμός της ακτογραμμής 1972)	71
Εικόνα 16: 3 ^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 5 ακτογραμμών (αποκλεισμός των ακτ. 1972 &1991).....	71
Εικόνα 17: Επισήμανση της περιοχής μελέτης στην κοινότητα Φάνες.....	72
Εικόνα 18: Άποψη της παραλίας Φάνες	73
Εικόνα 19: Αποτύπωση της ακτογραμμής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.....	74
Εικόνα 20: Η συσχέτιση των διαθέσιμων ακτογραμμών με το κτηματολογικό υπόβαθρο	75
Εικόνα 21: Η μέθοδος binning με χρήση όλων των ακτογραμμών.....	93
Εικόνα 22: Η μέθοδος binning με αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1978	94
Εικόνα 23: Η μέθοδος binning με αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930	94

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1: Η κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη Ρόδο, για το διάστημα 1955-1997.....	40
Διάγραμμα 2: Η κατανομή της μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου στη Ρόδο, διάστημα 1955-1997	41
Διάγραμμα 3: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 1 ^η φάση υπολογισμών	49
Διάγραμμα 4: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 1 ^η φάση υπολογισμών.....	50
Διάγραμμα 5: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 1 ^η φάση υπολογισμών	50
Διάγραμμα 6: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 2 ^η φάση υπολογισμών.....	52
Διάγραμμα 7: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 2 ^η φάση υπολογισμών	53
Διάγραμμα 8: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 3 ^η φάση υπολογισμών.....	54
Διάγραμμα 9: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 3 ^η φάση υπολογισμών	55
Διάγραμμα 10: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 4 ^η φάση υπολογισμών.....	56
Διάγραμμα 11: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 4 ^η φάση υπολογισμών	57
Διάγραμμα 12: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 4 ^η φάση υπολογισμών	58

Διάγραμμα 13: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο EPR· αποτελέσματα 1 ^{ης} και 4 ^{ης} φάσης υπολογισμών.....	59
Διάγραμμα 14: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· όλες οι φάσεις υπολογισμών	60
Διάγραμμα 15: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο OLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών	61
Διάγραμμα 16: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο RLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών	62
Διάγραμμα 17: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών	63
Διάγραμμα 18: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 5η φάση υπολογισμών	77
Διάγραμμα 19: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 5η φάση υπολογισμών	78
Διάγραμμα 20: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 5η φάση υπολογισμών	78
Διάγραμμα 21: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 6η φάση υπολογισμών	80
Διάγραμμα 22: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 6η φάση υπολογισμών	80
Διάγραμμα 23: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 6η φάση υπολογισμών	81
Διάγραμμα 24: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 7η φάση υπολογισμών	82
Διάγραμμα 25: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 7η φάση υπολογισμών	83
Διάγραμμα 26: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο EPR· αποτελέσματα 5 ^{ης} και 6 ^{ης} φάσης υπολογισμών.....	85
Διάγραμμα 27: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο AOR· αποτελέσματα 5 ^{ης} , 6 ^{ης} και 7 ^{ης} φάσης υπολογισμών.....	86
Διάγραμμα 28: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο WLS και RWLS· αποτελέσματα 5 ^{ης} , 6 ^{ης} και 7 ^{ης} φάσης υπολογισμών	87
Διάγραμμα 29: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο OLS· αποτελέσματα 5 ^{ης} , 6 ^{ης} και 7 ^{ης} φάσης υπολογισμών.....	88
Διάγραμμα 30: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο RLS· αποτελέσματα 5 ^{ης} , 6 ^{ης} και 7 ^{ης} φάσης υπολογισμών.....	89

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 7 ακτογραμμών	47
Πίνακας 2: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 6 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογραμμής 1972	51
Πίνακας 3: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 5 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογρ. 1972 και 1991	54
Πίνακας 4: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 5 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογρ. 1972 και 1932	56
Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας του ρυθμού μεταβολής για όλες τις μεθόδους κατά τις 4 φάσεις υπολογισμών	59
Πίνακας 6: Η μεταβολή του τελικού σφάλματος σε σχέση με τη μεταβολή του ρυθμού μεταβολής.....	64
Πίνακας 7: Η μεταβολή του σφάλματος σε σχέση με τη μεταβολή του σήματος του ρυθμού, κατά τη μέθοδο WLS και RWLS για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας	65
Πίνακας 8: Η εφαρμογή της WLAD για διαφορετικά εύρη τιμών των άγνωστων παραμέτρων	66
Πίνακας 9: Οι εφαρμογές της μεθόδου Binning για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών	68
Πίνακας 10: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 4 ακτογραμμών.....	76
Πίνακας 11: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 3 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτ. του 1930.....	79

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

Πίνακας 12: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 3 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτ. του 1978.....	81
Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός πίνακας του ρυθμού μεταβολής για όλες τις μεθόδους κατά 5 ^η , 6 ^η και 7 ^η φάση υπολογισμών	83
Πίνακας 14: Οι μεταβολές του σήματος του ρυθμού μεταβολής σε σχέση με τις μεταβολές του τελικού θορύβου	90
Πίνακας 15: Η μεταβολή του σφάλματος σε σχέση με την μεταβολή του τελικού ρυθμού κατά τις μεθόδους WLS και RWLS, για διαφορετικές αβεβαιότητες κλίμακας.....	91
Πίνακας 16: Αποτελέσματα της μεθόδου binning στην περιοχή Φάνες.....	92

1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη του ρυθμού μεταβολής μίας ακτογραμμής πραγματοποιείται μέσα από τη συλλογή γεωπληροφορίας που αντιστοιχεί σε θέσεις μίας ακτογραμμής κατά το παρελθόν, και την εφαρμογή μεθόδων που χρησιμοποιούν διαφορετικές διαδικασίες υπολογισμών.

Η συμπεριφορά του εξαγόμενου σφάλματος κάθε μίας από τις μεθόδους υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής μίας ακτογραμμής -EPR, AOR, AER, OLS, JK, RLS, WLS, RWLS, WLAD- στην μεταβολή της διαθέσιμης γεωπληροφορίας, εξετάστηκε με μία σειρά εφαρμογών του λογισμικού Shev, κατά τις οποίες ορίστηκαν διαφορετικές αρχικές αβεβαιότητες κλίμακας και διαφορετικοί συνδυασμοί των διαθέσιμων χρονικά ακτογραμμών.

Οι εφαρμογές του λογισμικού πραγματοποιήθηκαν σε δύο περιοχές μελέτης της νήσου Ρόδου, οι οποίες έχουν αντίθετο προσανατολισμό, και συνεπώς, διαφορετικό ανεμολογικό και υδροδυναμικό καθεστώς. Η πρώτη περιοχή ήταν η παραλία Αφάντου, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 6 ακτογραμμές που αναφέρονταν σε ένα εύρος 79 ετών, και η δεύτερη η παραλία Φάνες, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 4 ακτογραμμές που αναφέρονταν σε ένα εύρος 81 ετών.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων κατά τη μελέτη των δύο περιοχών, προέκυψαν σημαντικά πορίσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του τελικού σφάλματος θέσης του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής στις μεταβολές της διαθέσιμης γεωπληροφορίας.

2 EXTENDED ABSTRACT

2.1 Introduction

The aggravation of climate changes, which is caused mainly by the human activity, has brought important consequences to the coastal zones. The temperature modification of the wind and the hydrodynamic condition affect the transition of coastline's position, even if it is expressed as alluvion or as erosion. Moreover these transitions affect the coastal morphology as well as the human activity in the coastal area.

2.2 Calculation methods of the coastal evolution

There are many methods available for the study of coastline evolution, while each one of them uses different calculation procedure. The variety of those methods provides the ability to the person studying it to choose the one that corresponds better to the demands of the available data sample. The volume of data refers to an amount of coastlines, recorded in a different time period. Therefore, there are methods that require, either large data volume, or wide time range of coastlines, or small initial position error, or all these together.

In this project, the applications of simple methods are taking place, such as EPR (End of Point Range), AOR (Average of Rates), AER (Average of Eras Rates), and OLS (Ordinary Least Squares). At the same time, more complex methods are applied: RLS (Reweighted Least Squares), WLS (Weighted Least Squares), RWLS (Reweighted Weighted Least Squares), WLAD (Weighted Least Absolute Deviation) and Binning method. The main characteristic of OLS, RLS, WLS and RWLS methods is that they use the procedure of minimum squares, in order to use the geoinformation available in the best possible way. Furthermore, LAD method considers a Laplace distribution of the initial position errors, while the Binning method, groups the available data while performing constant statistic controls combined with the application of another selected method.

2.3 The study's application in two areas

The objective of this project was the study of the behavior of the final error of the coastline's transition rate, as it is calculated with each one of the above methods, and for different combinations of the available coastlines. More specifically, in a primary stage, applications of the methods studied were performed using all the available geoinformation. Next, the application of the same methods was performed, excluding some coastlines. Thus, with the exclusion from the calculation procedure of some time intermediate coastlines, or coastlines that have been determined with a big a priori error, we examined the behavior of the final noise of the transition rate.

This study was performed in two areas of the island of Rhodes, which have opposite orientation, and therefore, different wind and hydrodynamic condition. The first area was Afandou beach, in which 6 coastlines were used that referred to a range of 79 years, and the second was Fanes beach, to which 4 coastlines were used that referred to a range of 81 years.

2.4 Results

From the comparison of results during the study of both areas, some important conclusions were made concerning the behavior of the final error position of the coastline's transition rate in the transitions of the available geoinformation.

More specifically, in methods where minimum squares are used, it was noted that the exclusion of time intermediate coastlines does not affect in a great extent the error of the coastline's transition rate. On the contrary, the removal from the calculation procedure of older coastlines – which use increased the time range of the study – causes important transitions in the noise of the final transition rate.

Moreover, with the application of those different methods, important conclusions were made concerning the usefulness of each one of those in a specific sample of available data. Thus, in a final stage, the requirements are highlighted under which one method must be selected, in order for the exported results to correspond to reality and to represent, with the best possible way, one actual transition of the coastline's position.

3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Με τον όρο κλιματική αλλαγή αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα σε μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Τέτοιου τύπου μεταβολές περιλαμβάνουν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη μέση κατάσταση του κλίματος ή τη μεταβλητότητά του, που εκτείνονται σε βάθος χρόνου δεκαετιών ή περισσότερων ακόμα ετών. Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες, καθώς και σε ανθρώπινες δραστηριότητες με επιπτώσεις στο κλίμα, όπως η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια [1].

3.1 Ιστορική αναδρομή

Η κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη, από τα αρχαία χρόνια, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το φυσικό περιβάλλον και το κλίμα. Οι άνθρωποι επέλεξαν τις περιοχές όπου θα ανέπτυσσαν κοινωνίες βάσει μορφολογικών και κλιματολογικών χαρακτηριστικών, καθώς επίσης και βάσει στρατηγικής θέσης. Κατά κύριο, όμως, λόγο, οι άνθρωποι επέλεξαν παράκτιες περιοχές, ώστε να εκμεταλλεύονται το υγρό στοιχείο, είτε ως παραγωγικό πόρο, είτε αξιοποιώντας ενδεχομένως τη γεωστρατηγική θέση τους, γεγονός το οποίο αύξησε τα επίπεδα αλληλεπίδρασης της ανθρώπινης δραστηριότητας με τις κλιματικές μεταβολές. Έτσι, η κοινωνική, η οικονομική, η πνευματική και πολιτιστική ανάπτυξη, οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την τεχνολογική πρόοδο, επηρέασαν το κλίμα, μέσα από την επιβάρυνση του εδάφους και της ατμόσφαιρας με ρύπους.

3.2 Η εξέλιξη μιας παγκόσμιας «περιβαλλοντικής αφύπνισης»

Το πρόβλημα αλλαγής του κλίματος συζητήθηκε για πρώτη φορά επίσημα στην πρώτη συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον τον Ιούνιο του 1972 στη Στοκχόλμη. Στη σύσκεψη αυτή, στην οποία συμμετείχαν εκπρόσωποι διαφόρων οργανισμών του Ο.Η.Ε., μη κυβερνητικές οργανώσεις και αντιπρόσωποι από 113 χώρες, επισημάνθηκαν τα περιβαλλοντικά αδιέξοδα που δημιούργησε το παραδοσιακό μοντέλο ανάπτυξης, αφυπνίζεται η διεθνής κοινότητα για τα περιβαλλοντικά θέματα, αναλαμβάνονται πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και αναγνωρίζεται η ανάγκη ενός παγκόσμιου εκπαιδευτικού προγράμματος που να καλύπτει όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, να είναι διεπιστημονικό και να οδηγεί στην απόκτηση γνώσεων και στην ευαισθητοποίηση των ανθρώπων στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ωστόσο το περιεχόμενο και οι στρατηγικές για την πραγμάτωση ενός τέτοιου προγράμματος μέσα από το εκπαιδευτικό σύστημα, είναι, την εποχή εκείνη, ακόμη ασαφή. Καρπός της διεθνούς διάσκεψης της Στοκχόλμης θεωρείται η δημιουργία του προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP)

Το 1992 στο Ρίο Ντε Τζανέιρο στη συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, καταρτίζεται η σύμβαση -πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή. Η σύμβαση προβλέπει:

- την εκπόνηση και τη δρομολόγηση προγραμμάτων επιστημονικής και τεχνικής εκπαίδευσης και επιμόρφωσης για τον εντοπισμό, τη διατήρηση και την αειφόρο χρήση της βιοποικιλότητας και των συστατικών της, και τη στήριξη της εκπαίδευσης και της επιμόρφωσης για τις ειδικές ανάγκες των αναπτυσσόμενων χωρών,
- την ενθάρρυνση της έρευνας που συμβάλλει στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την εξασφάλιση της αειφόρου χρήσης της, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες,
- την προαγωγή της συνεργασίας και την αξιοποίηση της επιστημονικής προόδου που σημειώνεται στην έρευνα της βιοποικιλότητας, για την ανάπτυξη μεθόδων διατήρησης και αειφόρου χρήσης των βιολογικών πόρων.

Το 1995, στη συνδιάσκεψη στο Βερολίνο, η επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον εξέφρασε ανησυχίες για την επάρκεια των ικανοτήτων των χωρών για να ανταποκριθούν στις δεσμεύσεις του Φορέα Επιστημονικής και Τεχνολογικής Αρωγής (SBSTA). Έτσι, τον Ιούλιο του 1996 στη Γενεύη, η Επιτροπή αποδέχτηκε τα επιστημονικά πορίσματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), απέρριψε τις «εναρμονισμένες πολιτικές» υπέρ της ευελιξίας κάθε χώρας, και απηύθυνε έκκληση για «νομικά δεσμευτικούς μεσοπρόθεσμους στόχους».

Το 1997, πραγματοποιήθηκε η συνδιάσκεψη του Κιότο, στην Ιαπωνία. Ο στόχος της διάσκεψης του Κιότο ήταν η θέσπιση μιας νομικά δεσμευτικής διεθνούς συμφωνίας, σύμφωνα με την οποία όλες οι συμμετέχουσες χώρες θα δεσμεύονταν για την αντιμετώπιση του ζητήματος της υπερθέρμανσης του πλανήτη και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο στόχος που συμφωνήθηκε ήταν μια μέση μείωση κατά 5,2% από τα επίπεδα του 1990, μέχρι το έτος 2012. Το ποσοστό της υποχρεωτικής μείωσης των ρύπων ποίκιλλε για κάθε χώρα σχετικά με την τεχνολογική της πρόοδο. Τη σύμβαση δεν υπέγραψε η κυβέρνηση Κλίντον των Η.Π.Α., ενώ αργότερα οι όροι της σύμβασης απορρίφθηκαν από τη νέα κυβέρνηση Μπους.

Η 4^η συνδιάσκεψη των συμβαλλομένων χωρών (COP 4) πραγματοποιήθηκε το Νοέμβριο του 1998 στο Μπουένος Άιρες . Ήταν αναμενόμενο ότι τα υπόλοιπα ζητήματα που δεν έλυσαν το Κιότο θα έπρεπε να οριστικοποιηθούν κατά τη συνεδρίαση αυτή. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα και η δυσκολία εύρεσης συμφωνίας σχετικά με τα θέματα αυτά αποδείχθηκαν ανυπέρβλητα, και αντί αυτού, οι συμβαλλόμενες χώρες εξέδωσαν 2-ετές «Σχέδιο Δράσης» για να προωθήσει τις προσπάθειες και να θεσπίσει μηχανισμούς για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, που θα ολοκληρωνόταν μέχρι το 2000.

Η 5^η συνδιάσκεψη το 1999 στη Βόννη της Γερμανίας ήταν μία συνάντηση τεχνικής φύσεως, η οποία δεν εντρυφήσε ουσιαστικά στις δεσμεύσεις του Κιότο.

Η 6^η συνδιάσκεψη (COP 6) πραγματοποιήθηκε μεταξύ 13 Νοεμβρίου - 25 Νοεμβρίου του 2000, στη Χάγη της Ολλανδίας . Οι συζητήσεις εξελίχθηκαν γρήγορα σε μία υψηλού επιπέδου διαπραγμάτευση πάνω στα μεγάλα πολιτικά ζητήματα. Αυτή περιελάμβανε μεγάλες διαμάχες, διαφωνίες για τις συνέπειες σε περίπτωση μη συμμόρφωσης από τις χώρες που δεν πληρούν τους στόχους τους για μείωση, και δυσκολίες στην επίλυση σχετικά με τον τρόπο που οι αναπτυσσόμενες χώρες θα μπορούσαν να λάβουν οικονομική βοήθεια για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος και την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους ως προς το σχέδιο δράσης του Κιότο. Τελικά, πέρα από κάποιους συμβιβασμούς που συμφωνήθηκαν μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και ορισμένες χώρες της ΕΕ, οι χώρες της ΕΕ

ως σύνολο, υπό την ηγεσία της Δανίας και της Γερμανίας, απέρριψαν τις θέσεις που ελιχάν οριστεί στη συνδιάσκεψη, και οι διαπραγματεύσεις στη Χάγη κατέρρευσαν. Ο πρόεδρος της COP 6, Jan Pronk, ανάστειλε την COP-6, χωρίς συμφωνία, με την προσδοκία ότι οι διαπραγματεύσεις θα επαναλαμβάνονταν αργότερα.

Έτσι, το 2001 στη συνδιάσκεψη της Βόννης στη Γερμανία, επιτεύχθηκε συμφωνία για τα περισσότερα από τα μείζονα πολιτικά ζητήματα, προς έκπληξη των περισσότερων παρατηρητών, δεδομένων των χαμηλών προσδοκιών που προηγήθηκαν της συνάντησης. Οι συμφωνίες περιελάμβαναν «ευέλικτους μηχανισμούς», τη δημιουργία «καταβοθρών άνθρακα» (δάση & καλλιεργήσιμες εκτάσεις), τη συμμόρφωση των συμβεβλημένων χωρών ως προς τις δεσμεύσεις τους με την επιβολή συνεπειών μη τήρησης, καθώς και τρόπους χρηματοδότησης των χωρών για την επίτευξη των στόχων.

Τέσσερις μήνες αργότερα, τον Νοέμβριο του 2001 στο Μαρακές, στην 7^η συνδιάσκεψη (COP 7) οι κύριες αποφάσεις περιελάμβαναν Λειτουργικούς κανόνες για τη διεθνή εμπορία εκπομπών μεταξύ των μερών του πρωτοκόλλου, ένα καθεστώς συμμόρφωσης όπου περιγράφονταν οι συνέπειες σε περίπτωση μη υλοποίησης των στόχων των εκπομπών από κάθε χώρα, καθώς και λογιστικές διαδικασίες για τους μηχανισμούς ευελιξίας. Ουσιαστικά, στη συνδιάσκεψη αυτή επιβεβαιώθηκαν οι αποφάσεις της συνδιάσκεψης της Χάγης, ενώ οι ΗΠΑ διατήρησαν στάση παρατηρητή, αφού ούτε στη συνεδρίαση αυτή υπέγραψαν τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Ακολούθησαν έπειτα συνδιασκέψεις στο Νέο Δελχί (COP 8 - 2002), στο Μιλάνο (COP 9 - 2003), στο Μπουένος Άιρες (COP 10 - 2004), στο Μόντρεαλ του Καναδά (COP 11 - 2005), στο Ναϊρόμπι της Κένυας (COP 12 - 2006), στο Μπαλί της Ινδονησίας (COP 13 - 2007), στο Πόζναν της Πολωνίας (COP 14 - 2008), στην Κοπεγχάγη (COP 15 - 2009) και στο Κανκούν του Μεξικό (COP 16 - 2010).

Στην τελευταία συνδιάσκεψη δεν λήφθηκε ουσιαστικά κάποια δεσμευτική και ουσιαστική απόφαση, παρά μόνο σχεδιάστηκε η δημιουργία «πράσινου ταμείου για το κλίμα», το οποίο να χρηματοδοτείται με 100 δισ. δολάρια ετησίως μέχρι το 2020, προκειμένου να βοηθήσει τις φτωχότερες χώρες όσον αφορά τη χρηματοδότηση για τη μείωση των εκπομπών και την προσαρμογή στο πρόγραμμα και στους στόχους. Ωστόσο, δεν υπήρξε καμία συμφωνία σχετικά με τις δυνατότητες επέκτασης της συμφωνίας του Κιότο, όπως επίσης δεν υπήρξε αναφορά σχετικά με τη δεσμευτικότητα των μέτρων / στόχων των αναπτυσσόμενων χωρών σχετικά με τη μείωση των εκπομπών, ή εάν οι ανεπτυγμένες χώρες θα έπρεπε να ανταποκριθούν πρωτίστως στους δικούς τους στόχους.

3.3 Αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα

Συγκεντρώσεις αερίων στην ατμόσφαιρα

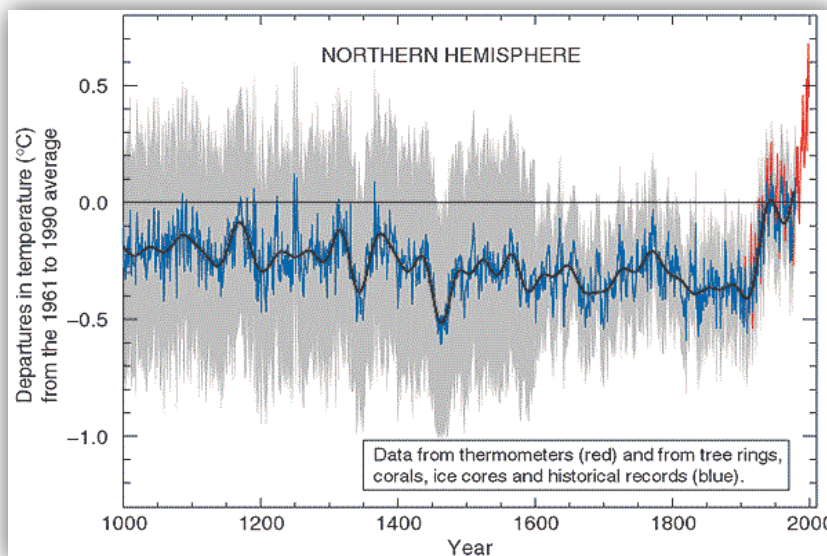
Η βίαιες αλλαγές του κλίματος οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ανθρώπινη δραστηριότητα που συνδέεται με τη χρήση νέων τεχνολογιών, μη φιλικών προς το περιβάλλον. Η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης στις βιομηχανίες και στις μεταφορές, σε συνδυασμό με τη χρήση ορυκτών καυσίμων ως τη συνηθέστερη μέθοδο παραγωγής ενέργειας, είχαν ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η επίδραση της αύξησης του CO₂ στην ατμόσφαιρα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της

αύξησης της θερμοκρασίας. Εκτός, όμως, από την αύξηση των συγκεντρώσεων CO_2 και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, σημαντικό ρόλο στις θερμοκρασιακές μεταβολές έχει και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το κλίμα παρουσίαζε, και θα παρουσιάζει πάντα, διακυμάνσεις που οφείλονται σε φυσικά αίτια. Η ενέργεια του ήλιου θερμαίνει την επιφάνεια της γης και, καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η θερμότητα αντανακλάται στην ατμόσφαιρα ως ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας. Ένα μέρος της ενέργειας απορροφάται στην ατμόσφαιρα από τα «αέρια του θερμοκηπίου» (*διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), οι υδρατμοί (H_2O), το μεθάνιο (CH_4), το οξείδιο του αζώτου (N_2O) και το όζον (O_3) κ.α.*). Η ατμόσφαιρα λειτουργεί όπως τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, αφήνοντας το ορατό ηλιακό φως να εισέλθει και απορροφώντας την εξερχόμενη ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας, διατηρώντας ζεστό το εσωτερικό του. Αυτή η φυσική διαδικασία ονομάζεται "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν $-8^{\circ}C$, ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους $+15^{\circ}C$.

Όμως, τα τελευταία 100 χρόνια, η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη αυξήθηκε κατά $0,74^{\circ}C$ παγκοσμίως και κατά σχεδόν $1^{\circ}C$ στην Ευρώπη, γεγονός που συνιστά ασυνήθιστα ταχεία θέρμανση. Μάλιστα, ο 20ός αιώνας ήταν ο θερμότερος αιώνας και η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία των τελευταίων 1.000 ετών [2]. Αυτή η τάση υπερθέρμανσης συνεχίζεται, καθώς τα έντεκα θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί την τελευταία δωδεκαετία. Η πρόσφατη έκθεση της IPCC (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή) στην τελευταία έκθεσή της [3] δηλώνει κατηγορηματικά ότι η παγκόσμια μέση θερμοκρασία της επιφάνειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά $1.4^{\circ}C$ με $5.8^{\circ}C$ κατά την περίοδο 1990 έως 2100. Επιπρόσθετα, συμπληρώνει πως η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας είναι πολύ μεγαλύτερη από οποιοσδήποτε αλλαγές που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα και είναι πολύ πιθανό να είναι, χωρίς προηγούμενο, τουλάχιστον τα τελευταία 10.000 χρόνια.



Εικόνα 1: Οι θερμοκρασιακές μεταβολές των τελευταίων 1000 ετών

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), μεθανίου και πρωτοξειδίου του αζώτου, τα οποία ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνουν τη θερμοκρασία.

Η επίδραση δευτερευόντων παραγόντων στις θερμοκρασιακές μεταβολές

Παράλληλα, υπάρχουν και δευτερογενείς παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας. Οι φυσικές αυτές αιτίες της κλιματικής αλλαγής συμπεριλαμβάνουν τις ανεπαίσθητες μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, τις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τη γη με σκόνη που ανακλά την ηλιακή θερμότητα στο διάστημα, καθώς και τις φυσικές αποκλίσεις του ίδιου του κλιματικού συστήματος. Όμως, οι φυσικές αιτίες μπορούν να εξηγήσουν μόνο ένα μικρό μέρος αυτής της θέρμανσης. Η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημόνων συμφωνεί ότι οφείλεται στην αυξανόμενη συγκέντρωση «αερίων του θερμοκηπίου» στην ατμόσφαιρα, τα οποία δεσμεύουν τη θερμότητα, και προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες.

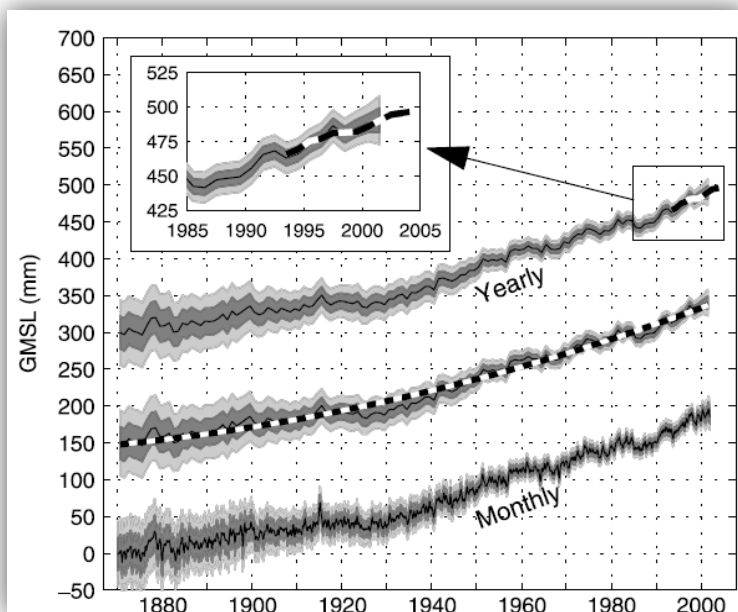
Η «τρύπα του όζοντος» και η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας

Η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (ΜΣΘ) είναι η ιδεατή επιφάνεια που προκύπτει από τις στάθμες της θάλασσας απομονώνοντας τις επιδράσεις της παλίρροιας, των κυματισμών και των θαλασσιών ρευμάτων. Η ΜΣΘ είναι μία ισοδυναμική επιφάνεια ως προς το δυναμικό της βαρύτητας. Θεωρητικά, αυτό σημαίνει πως σε κάθε σημείο της ΜΣΘ το διάνυσμα της βαρύτητας (g) είναι κάθετο στην επιφάνεια. Πρακτικά, σημαίνει πως δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ροή λόγω διαφοράς δυναμικού. Συνήθως, ως ΜΣΘ λαμβάνεται ο μέσος όρος των ωριαίων υψών κατά τη διάρκεια ενός έτους, επειδή έτσι περιέχεται όλος ο αριθμός των επιδράσεων των έλξεων Σελήνης και Ήλιου (που ο μέσος όρος τους είναι μηδενικός), και

προσδιορίζεται από την ανάλυση των στοιχείων που έχουν καταγραφεί από τοπικούς σταθμούς μέτρησης (παλιρροιογράφους) με ακρίβεια λίγων εκατοστών [4].

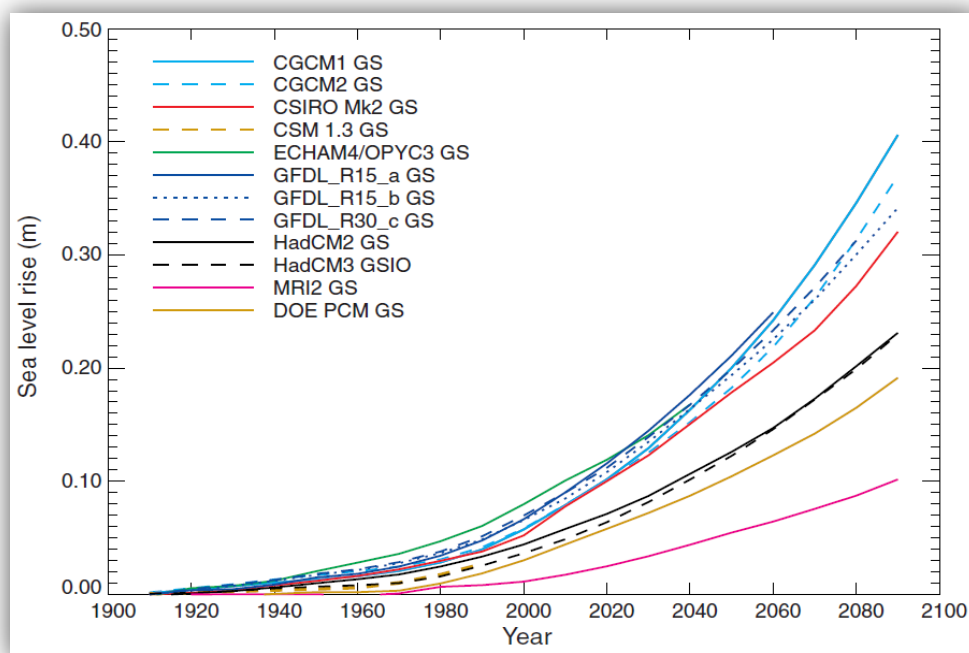
Η ΜΣΘ αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, αφού η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και η τρύπα του όζοντος συμβάλουν στο λιώσιμο των πάγων. Πιο συγκεκριμένα, επειδή το λεπτότερο σημείο της στοιβάδας του όζοντος είναι πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει σαν αποτέλεσμα την ονομαζόμενη "τρύπα". Λόγω του ότι το όζον (αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου, τριατομικό οξυγόνο, O₃) προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και βοηθάει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων. Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από υπερβολική χρήση χλωριοφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν σε κλιματιστικά και γενικά σε ψυκτικές συσκευές. Στην επέκταση του επίσης συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια (από την κυκλοφορία των οχημάτων) όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.

Σύμφωνα με τους Church *et al.* [5], η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας από το 1870 έως το 2004 αυξήθηκε συνολικά κατά 195 mm. Για τον 20^ο αιώνα, η μ.σ.θ. μεταβάλλεται κατά -1,44 mm/έτος και η γραμμική τάση των ελαχίστων τετραγώνων είναι $1,7 \pm 0,3$ mm/έτος, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



Εικόνα 2: Η μεταβολή της παγκόσμιας μ.σ.θ.

Οι Church *et al.* [6] το 2001 δημοσίευσαν μία μελέτη κατά την οποία επεξεργάστηκαν στοιχεία θερμοκρασιών και τιμών μ.σ.θ. του παρελθόντος και εφήρμοσαν πειράματα και διαφορετικά σενάρια που σχετίζονται με τη διαφορετικές τιμές παραγωγής «αερίων του θερμοκηπίου». Αποτέλεσμα ήταν η εκτίμηση της στάθμης της θάλασσας κατά τον 21^ο αιώνα, όπως αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 3: Η εκτίμηση της παγκόσμιας μ.σ.θ. για διαφορετικά σενάρια

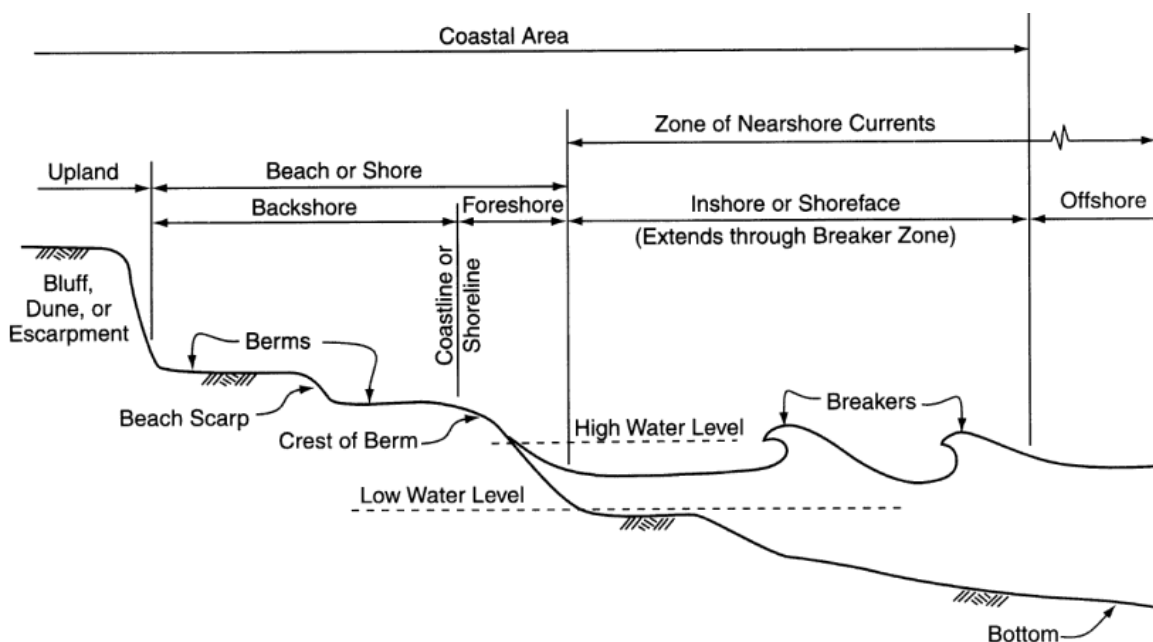
Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω παραγόντων είναι η άμεση επίδρασή τους στη μορφολογία της παράκτιας ζώνης, και κατά συνέπεια στον καθορισμό της ακτογραμμής, η οποία οριοθετεί την παράκτια περιοχή από τη μεριά της θάλασσας, επηρεάζοντας άμεσα ή έμμεσα την γεωμορφολογία της περιοχής καθώς και τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο κομμάτι αυτό.

4 Η ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

Υπάρχουν πάρα πολλοί ορισμοί για την παράκτια ζώνη. Είναι και αυτό μια ένδειξη για την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει αυτή τη στενή λωρίδα γης και θάλασσας.

Σύμφωνα με τους Gattuso *et al.* [7] οι παράκτιες περιοχές των ωκεανών είναι το τμήμα του παγκόσμιου ωκεανού, όπου οι φυσικές, βιολογικές και βιοχημικές διεργασίες επηρεάζονται άμεσα από τη στεριά. Ορίζεται ως το μέρος του παγκόσμιου ωκεανού που καλύπτει την υφαλοκρηπίδα και το ηπειρωτικό περιθώριο.

Ο Κονισπολιάτης [8] ορίζει την παράκτια ζώνη ως τη θαλάσσια περιοχή που εκτείνεται από την ακτογραμμή έως την ισοβαθή στην οποία γίνεται αισθητή η επίδραση των κυμάτων στον πυθμένα, το ακριβές βάθος της οποίας αυτή καταλήγει ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από τις κυματικές συνθήκες που επικρατούν.



Εικόνα 4: Η παράκτια ζώνη

Σύμφωνα με τους Beatley *et al.* [9], οι παράκτιες περιοχές είναι δυναμικές ζώνες διασύνδεσης, οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε μία εύθραυστη ισορροπία που συνεχώς μεταβάλλεται από φυσικά αίτια και τις ανθρώπινες επιδράσεις. Η ξηρή πλευρά της παράκτιας ζώνης (dry side) περιλαμβάνει σχηματισμούς του εδάφους, όπως είναι οι αμμοθίνες και τα αναχώματα, και για λόγους διαχείρισης μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει ορεινές λεκάνες απορροής και λεκάνες απορροής των ποταμών που εκβάλλουν στους ωκεανούς. Η υγρή πλευρά (wet side) περιλαμβάνει ρηγά νερά και τις παλιρροιακές περιοχές (Foreshore - αιγιαλός). Η υγρή πλευρά μπορεί επίσης να επεκταθεί στα βαθιά νερά των ωκεανών (Offshore). Γενικότερα, στην παράκτια ζώνη συναντώνται βράχια, αμμοθίνες, παλιρροιακά και υφάλμυρα νερά των υγροτόπων, έλη, κοραλλιογενείς ύφαλοι, καθώς και άλλα, μεγαλύτερης κλίμακας, παράκτια οικοσυστήματα, όπως οι εκβολές ποταμών.

Γενικότερα, δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός για το τι περιλαμβάνει η παράκτια ζώνη, αλλά υπάρχουν αρκετοί συμπληρωματικοί ορισμοί καθένας από τους οποίους εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Παρόλο που σε γενικές γραμμές αντιλαμβανόμαστε διαισθητικά τι εννοείται με τον όρο παράκτια ζώνη, είναι δύσκολο να καθορίσουμε την ακριβή έκταση της, είτε προς την ξηρά είτε προς τη θάλασσα. Ιδιαίτερα, το χερσαίο όριο της παράκτιας ζώνης είναι ιδιαίτερα ασαφές, καθώς οι ωκεανοί μπορεί να επηρεάσουν το κλίμα σε μεγάλη απόσταση από τη θάλασσα [9].

4.1 Βιογεωφυσικοί παράγοντες που επιδρούν στην παράκτια ζώνη

Εκτός από τους κλιματολογικούς παράγοντες, και από τις δυναμικές ωκεάνιες επιδράσεις, η γεωμορφολογία των παράκτιων περιοχών επηρεάζεται σημαντικά και από βιογεωφυσικούς παράγοντες. Σύμφωνα με τον Doukakis [10] αυτοί είναι:

- ✓ Οι αυξανόμενες συχνότητες πλημμύρας
- ✓ Η διάβρωση
- ✓ Οι καταιγίδες
- ✓ Τα επίπεδα των ταμιευτήρων νερού
- ✓ Η είσοδος υφάλμυρων υδάτων στα αποθέματα γλυκού-πόσιμου νερού
- ✓ Οι βιολογικές επιδράσεις

Παρά όλ' αυτά, οι παραπάνω βιογεωφυσικοί παράγοντες που συνδέονται με τη διαχείριση των αποθεμάτων νερού, την αλμυρότητα και τις βιολογικές δραστηριότητες -όπως είναι η αλιεία και η γεωργία- έχουν, έμμεσα, αντίκτυπο στην οικονομία και, γενικότερα, στην ποιότητα ζωής των κατοίκων των παράκτιων περιοχών.

5 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ

Ακτογραμμή είναι το φυσικό όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας. Η ακτογραμμή δεν είναι σταθερή, αλλά η θέση της μεταβάλλεται λόγω των κυματικών επιδράσεων και των παλιρροιών [8].

5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της ακτογραμμής

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη μεταβολή της ακτογραμμής διακρίνονται σε φυσικούς, αλλά και σε ανθρωπογενείς. Η ακτογραμμή κατά τη διάρκεια ενός έτους μεταβάλλεται «φυσικά», λόγω των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο παράκτιο περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά, η θέση της μπορεί να μεταβληθεί εξ αιτίας των ανθρώπινων παρεμβάσεων, που διαταράσσουν το φυσικό περιβάλλον.

Στους φυσικούς παράγοντες εντάσσονται η μορφολογία του πυθμένα και η σύσταση των ιζημάτων. Επίσης, οι κλιματολογικές συνθήκες επιδρούν άμεσα στη διαμόρφωση της ακτογραμμής. Οι άνεμοι, τα ρεύματα, οι παλίρροιες και οι κυματικές καταιγίδες, αποτελούν τις κύριες αιτίες που διαμορφώνουν τη φυσική εξέλιξη της ακτογραμμής.

Όμως, οι αυξημένες ανάγκες κοινωνικής, πολιτιστικής και τεχνολογικής ανάπτυξης, οδήγησαν τον άνθρωπο στην εκμετάλλευση της παράκτιας ζώνης κατά τρόπους που παρεμποδίζουν τις φυσικές διεργασίες σε αυτήν. Έτσι, η δημιουργία παράκτιων έργων, όπως είναι οι παράκτιοι δρόμοι και οι παραθαλάσσιες κατασκευές, η ναυσιπλοΐα, τα λιμενικά έργα, όπως επίσης και οι αμμοληψίες, συμβάλουν -θετικά ή αρνητικά- στη μεταβολή της θέσης της ακτογραμμής.

5.2 Στρατηγικές προστασίας-προσαρμογής

Στη διάβρωση των ακτογραμμών μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες στρατηγικές. Οι στρατηγικές αυτές διακρίνονται, είτε από ήπιες ανθρώπινες παρεμβάσεις στο παράκτιο περιβάλλον, είτε από «βίαιες» παρεμβάσεις, είτε από το μηδενικό σενάριο. Πιο συγκεκριμένα, οι στρατηγικές αυτές είναι οι κάτωθι [11]:

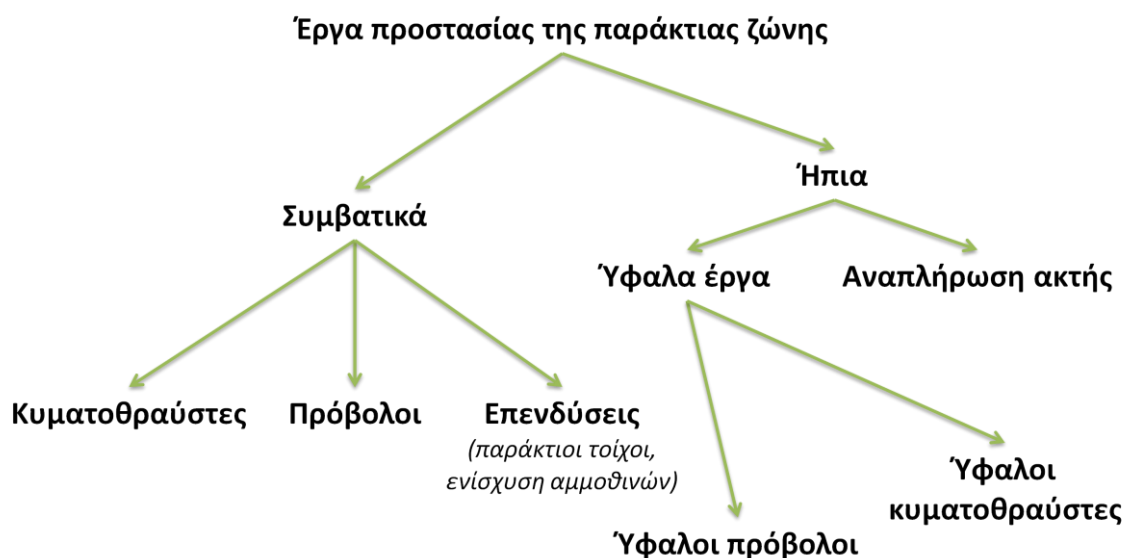
- Ελεγχόμενη – σχεδιασμένη οπισθοχώρηση
- Μέθοδοι προσαρμογής
- Μέτρα προστασίας

Κατά την ελεγχόμενη οπισθοχώρηση, πληθυσμοί και κατασκευές μετακινούνται προς την ενδοχώρα, σε σημεία μεγαλύτερου υψομέτρου, ώστε, αφενός να μην κινδυνεύουν από έντονα κυματικά φαινόμενα, αφετέρου να μην παρεμποδίζουν τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην παράκτια ζώνη (εναπόθεση ιζημάτων, «ανταλλαγή» φερτών, φυσική διάβρωση κ.α.). Στην περίπτωση αυτή, η όποια μετακίνηση του πληθυσμού προς το «εσωτερικό», θα πρέπει,

προκειμένου να υπάρχει γενικότερη πολιτιστική, κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, να συνοδεύεται από νέες συγκεκριμένες πολιτικές που περιορίζουν τη σχέση της κοινωνίας με την παράκτια ζώνη.

Η δεύτερη στρατηγική προϋποθέτει ανώτερο σχεδιασμό για να αποφευχθούν χειρότερες συνέπειες από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και περιλαμβάνει τη συνέχιση χρήσης των απειλούμενων εκτάσεων γης αλλά με διαφορετικό τρόπο. Χαρακτηριστικά, οι Σαμαράς *et al.* [12] απέδειξαν ότι η ελάχιστη στερεοπαροχή, μετά την αλλαγή χρήσης γης σε μία παράκτια ζώνη, προκειμένου αυτή να διατηρηθεί και να μην οπισθοχωρήσει, μπορεί να γίνει σημαντικά μικρότερη. Αυτό το πέτυχαν με τη χρήση του μοντέλου PELNCON-M και του παράγοντα φυτοκάλυψης και διαχείρισης του εδάφους “C”.

Τέλος, η διάβρωση μίας ακτής, που εκφράζεται με τη μεταβολή της θέσης της ακτογραμμής, μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορα μέτρα προστασίας. Τα έργα προστασίας της παράκτιας ζώνης κατηγοριοποιούνται σε ήπια και συμβατικά. Στα ήπια έργα εντάσσονται τα ύφαλα έργα (ύφαλοι πρόβολοι & κυματοθραύστες) και η αναπλήρωση της ακτής με δάνειο ίζημα. Τα συμβατικά έργα προστασίας είναι έξαλα έργα, και σε αυτά εντάσσονται οι πρόβολοι, οι κυματοθραύστες και οι επενδύσεις (παράκτιοι τοίχοι, ενίσχυση αμμοθινών).



Εικόνα 5: Σχηματική αναπαράσταση κατηγοριοποίησης των έργων προστασίας της παράκτιας ζώνης

5.3 Οι ελληνικές ακτές

Μεταβολή των «ελληνικών» ακτογραμμών είναι αποτέλεσμα της δράσης πολλών παραγόντων, τόσο βιοτικών όσο και της ανθρωπογενούς δράσης. Η ενεργός τεκτονική δραστηριότητα και η έντονη σεισμικότητα που χαρακτηρίζει τον ελληνικό χώρο, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση των ακτογραμμών. Τόσο οι μετακινήσεις του πυθμένα που οφείλονται στα ενεργά ρήγματα, που επηρεάζουν με τη σειρά τους το βαθμό

επίδρασης των κυματισμών στην ακτή, όσο και οι κατακρημνίσεις των βραχωδών παράκτιων σχηματισμών, επιδρούν άμεσα στις μεταβολές των ακτογραμμών. Παράλληλα, η ύπαρξη μεγάλων και σημαντικών ποταμών (Αξιός, Αλιάκμονας, Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Αχέροντας, Αχελώος, Αλφειός, Σπερχειός, Πηνειός κ.α.) στην Ελλάδα, αυξάνουν τη στερεοπαροχή, με την εναπόθεση ιζήματος στις ακτές, συμβάλλοντας σημαντικά στην εξέλιξη του σχήματος της ακτογραμμής. Επιπρόσθετα, το κλίμα αλλά και οι υδροδυναμικές διεργασίες της θάλασσας, επηρεάζουν με τη σειρά τους την «ανταλλαγή» ιζημάτων μεταξύ του πυθμένα και της ακτής, και κατά συνέπεια την πρόσχωση ή την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής.

Ο Δουκάκης [13] αναφέρει ότι η υποχώρηση-μετακίνηση της ακτογραμμής σε διάφορες περιοχές του ελληνικού χώρου οφείλεται:

- ✓ Στις σεισμογενείς καταβυθίσεις παράκτιων περιοχών, μέχρι βάθους 200 μέτρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Αιγιαλείας της Ν. Αχαΐας το 1962.
- ✓ Στη διάβρωση των ακτών από φυσικά αίτια, όπως οι αμμώδεις παραλίες της Κω.
- ✓ Στη διάβρωση λόγω παράκτιων τεχνικών έργων.
- ✓ Στην πρόσχωση από φυσικά αίτια, όπως π.χ. από τη μεταφορά φερτών από τους ποταμούς.
- ✓ Στην πρόσχωση από τεχνητά αίτια.

Είναι γεγονός, ότι πέρα από τις φυσικές αιτίες που επηρεάζουν την ακτογραμμή, οι παράκτιες δραστηριότητες και κατασκευές από τον άνθρωπο, συμμετέχουν ενεργά στη διαμόρφωση των ακτογραμμών. Για παράδειγμα, σε μία παράκτια περιοχή όπου έχει κατασκευαστεί ένας δρόμος, ενδεχομένως να επηρεάζεται αρνητικά η ανταλλαγή ιζήματος μεταξύ του πυθμένα και της ακτής, γεγονός που θα συμβάλλει με τη σειρά του στην οπισθοχώρηση/διάβρωση της ακτογραμμής. Ακόμη, όμως, και στην περίπτωση που εφαρμοστεί κάποιο έργο παράκτιας προστασίας, προκειμένου να επιτευχθεί η ζητούμενη φυσική αναπλήρωση, αυτό δεν εξασφαλίζει ομαλή μελλοντική εξέλιξη όλης της ακτογραμμής και επαναφορά στα αρχικά επίπεδα. Αυτό συμβαίνει γιατί, κάθε έργο στην παράκτια ζώνη μεταβάλλει την φυσική παράκτια κίνηση των ιζημάτων. Σε ακτές με μικρή ή μηδενική στερεομεταφορά, οι συνέπειες, κατά πάσα πιθανότητα, θα είναι περιορισμένες. Σε περιοχές με υψηλή στερεοπαροχή, κατά μια κυρίαρχη φορά κινήσεως, η διακοπή της διακινήσεως δημιουργεί απόθεση στα αμέσως ανάντη και διάβρωση στα κατάντη [14].

Συμπερασματικά, υφίσταται μία εύθραυστη σχέση μεταξύ της παράκτιας ζώνης και των φυσικών (κλιματολογικών και γεωλογικών) φαινομένων, που συμβάλλουν στην ανακατανομή του υλικού της ακτής. Εξίσου, όμως, σημαντικός παράγοντας στην ανάπτυξη της μορφολογίας των παράκτιων περιοχών και των ακτογραμμών, αποτελεί η ανθρώπινη δραστηριότητα. Συνεπώς, όλα τα αναπτυξιακά έργα (συμπεριλαμβανομένων και των έργων προστασίας) θα πρέπει να επιτελούνται αφού ληφθούν υπόψη οι φυσικές τάσεις και οι ιδιαιτερότητες κάθε παράκτιας περιοχής της Ελλάδας.

6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

Η μελέτη της εξέλιξης της ακτογραμμής είναι μείζονος σημασίας, αν αναλογιστεί κανείς ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων κατοικεί σε παράκτιες ζώνες, κι αυτό γιατί μία παράκτια περιοχή προσφέρει πολλαπλά οφέλη, σε σχέση με τις ηπειρωτικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, τα εύφορα εδάφη, η γεωστρατηγικής σημασίας θέση, οι προοπτικές τουριστικής εκμετάλλευσης, το φυσικό κάλλος, η αλιεία, η δυνατότητα ανάπτυξης μιας ευρύτερης διηπειρωτικής εμπορικής δραστηριότητας, αλλά και η άμεση επαφή του ανθρώπου με το υγρό στοιχείο, αποτελούν μερικούς παράγοντες που ωθούν τους ανθρώπους να αναπτύσσονται κοινωνικά σε παράκτιες περιοχές. Συνεπώς, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου παρατηρείται διαχρονική υποχώρηση ακτογραμμής, είτε αυτή οφείλεται σε φυσικά αίτια, είτε στην ανθρωπογενή δραστηριότητα, κρίνεται απαραίτητο η εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της, και η πρόβλεψη της μελλοντικής της εξέλιξης, και κατά πόσο αυτή θα επηρεάσει, τόσο το φυσικό περιβάλλον, όσο και τη ζωή των ανθρώπων στις παράκτιες κοινωνίες.

Η ανάλυση των μεθόδων μέσω των οποίων μπορεί να επιτευχθεί η πρόβλεψη της μελλοντικής θέσης μιας ακτογραμμής, καθιστά απαραίτητη και την αναφορά, και την μελέτη, και τα σφάλματα και τα στατιστικά στοιχεία της κάθε μεθόδου, καθώς τις περισσότερες φορές αποτελούν δείκτες για την υιοθέτηση ή την απόρριψη μιας μεθόδου [15].

Για τη μελέτη μιας ακτογραμμής, πρέπει να προσδιοριστεί το όριο μεταξύ της υδρόσφαιρας και της λιθόσφαιρας, δηλαδή να προσδιοριστούν οι θέσεις όπου η θάλασσα «συναντά» την ακτή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται κάθε είδους διαθέσιμη γεωπληροφορία, όπως τοπογραφικά διαγράμματα, δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, ορθοφωτοχάρτες, ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που δύναται να αξιοποιηθεί. Κατά τη χρήση της γεωπληροφορίας αυτής λαμβάνεται υπόψη η μέση στάθμη της θάλασσας [4] καθώς και ενδεχόμενα φαινόμενα παλίρροιας (High-Low water tides).

6.1 Σφάλματα που υπεισέρχονται στη συνολική διαδικασία

Ο προσδιορισμός και η καταγραφή μιας ακτογραμμής σε μία δεδομένη στιγμή δεν είναι μία απλή διαδικασία. Υπεισέρχονται σφάλματα, τόσο κατά τη λήψη της πληροφορίας, όσο και κατά την απόσπαση ακτογραμμών δεδομένης χρονικής στιγμής, και κατά τη διαδικασία των μαθηματικών υπολογισμών.

Ένα μεγάλο πρόβλημα είναι ο προσδιορισμός της ακριβούς ημερομηνίας και ώρας που καταγράφηκε μία δεδομένη γεωπληροφορία. Εάν η πληροφορία σχετικά με τη λήψη της γεωπληροφορίας είναι ακριβής, τότε θα υπάρχει και η δυνατότητα να συνυπολογιστούν στις αβεβαιότητες οι ισχύουσες κυματικές συνθήκες τη δεδομένη χρονική στιγμή, οι παλίρροιες και οι κυματικές καταγίδες, και τα ρεύματα. Μολονότι τις περισσότερες φορές η δράση των παραγόντων αυτών είναι παροδική ή περιοδική (κατά συνέπεια, μπορούν να εκτιμηθούν τα

αρχικά σφάλματα), υπάρχουν φορές που η περίοδός τους ή το εύρος τους είναι άγνωστα. Εξαιρέση στα παραπάνω αποτελούν κάποια πολύ έντονα καιρικά φαινόμενα, των οποίων η επίδραση στην ακτογραμμή μπορεί να υπολογισθεί χονδρικά και μόνο εφόσον είναι γνωστό ότι αυτά τα φαινόμενα έλαβαν χώρα (κάτι που είναι δύσκολο για παρελθούσες χρονικές περιόδους). Αυτά τα φαινόμενα, όμως, μπορούν να επηρεάσουν την ακτογραμμή μόνιμα και όχι προσωρινά, κάτι που πρέπει να επισημανθεί κατά την μελέτη μιας ακτογραμμής που πιθανώς να έχει επηρεαστεί από τέτοιου είδους φαινόμενα [16].

Σημαντικά σφάλματα, τα οποία μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και να «εισαχθούν» κατά τη διάρκεια των υπολογισμών κατά τον προσδιορισμό του ρυθμού μεταβολής μία ακτογραμμής, υπεισέρχονται και κατά την απόσπαση της ακτογραμμής από τις διάφορες πηγές γεωπληροφορίας. Ο συνηθέστερος και πλέον σύγχρονος τρόπος απόσπασης μίας ακτογραμμής είναι η ψηφιοποίησή της και η επεξεργασία της σε κάποιο σχεδιαστικό περιβάλλον τύπου CAD ή GIS. Εντούτοις, η παλαιότητα ορισμένων διαθέσιμων χαρτών, το πάχος της γραμμής της υπό κλίμακας ακτογραμμής, όπως επίσης και η εμπειρία του μελετητή στην ψηφιοποίηση, προσθέτουν σφάλματα που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα ως προς την ακρίβειά του.

Επειδή κατά τη χρήση παλαιών αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και ορθοφωτοχαρτών, τα σημεία όπου η υδρόσφαιρα «συναντά» την ακτή ενδεχομένως να μην είναι ευδιάκριτα, ενδείκνυται η χρήση φίλτρων από ειδικά προγράμματα επεξεργασίας εικόνων (όπως π.χ. το ER Mapper), ώστε να ενισχυθούν χρωματικές αντιθέσεις που υποδεικνύουν αλλαγή στο ανάγλυφο ή την σύσταση της εδαφοκάλυψης. Παράλληλα, μία αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού της ακτογραμμής είναι η χρήση τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου εδάφους και η επεξεργασία του σε περιβάλλον GIS (π.χ. ArcGIS), όπου δύναται να προσδιοριστεί η ακμή της επίπεδης επιφάνειας του νερού με την κεκλιμένη επιφάνεια της ακτής. Στη μέθοδο αυτή υπεισέρχονται σφάλματα που αναφέρονται στην ψηφιοποίηση, αλλά και στο ενδεχόμενο η ακτή να παρουσιάζει πολύ μικρή κλίση. Αν και η τελευταία αυτή μέθοδος είναι περισσότερο αποτελεσματική και αξιόπιστη, δεν μπορεί να εφαρμόζεται συχνά, αφού σε περιπτώσεις που χρειαζόμαστε γεωπληροφορία πολλών ετών πριν, δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

Τέλος, τα σφάλματα κατά τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής, συνδέονται άρρηκτα και με τους μαθηματικούς υπολογισμούς που χρησιμοποιεί κάθε μέθοδος. Έτσι, υπάρχουν απλές μέθοδοι οι οποίες, συνήθως υιοθετώντας την υπόθεση της γραμμικής μεταβολής, οι οποίες, είτε χρησιμοποιούν απλούς υπολογισμούς, είτε μελετούν την ακτογραμμή ως ενιαία, ενώ παράλληλα υπάρχουν και πιο σύνθετες μέθοδοι (με μικρότερο σφάλμα) που μελετούν την ακτογραμμή τμηματικά, εξετάζοντας την εξέλιξη της ακτογραμμής ανά συγκεκριμένα διαστήματα. Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει αναλυτικά η παρουσίαση κάθε χρησιμοποιούμενης μεθόδου, και των σφαλμάτων τους.

Τα αρχικά σφάλματα (a priori ή σφάλματα μέτρησης) εξαρτώνται από την κλίμακα απεικόνισης της γεωπληροφορίας καθώς και από την αβεβαιότητα κλίμακας που ορίζεται από τον μελετητή. Έτσι, για γεωπληροφορία κλίμακας μεγαλύτερης από 1:24000, η US Army Engineer Waterways Experiment Station [16] προτείνει μία ελάχιστη αρχική αβεβαιότητα 0,5 mm της κλίμακας απεικόνισης, χωρίς ωστόσο αυτό να αποτελεί δέσμευση όταν ο σκοπός μίας μελέτης είναι η εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων.

7 ΟΙ ΑΠΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΜΙΑΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

7.1 Η μέθοδος EPR (End of Point Rate – Ρυθμού Τελικού Σημείου)

Η μέθοδος αυτή, αποτελεί την απλούστερη μέθοδο πρόβλεψης μιας μελλοντικής ακτογραμμής. Το μόνο που προϋποθέτει είναι η ύπαρξη δύο μόνο προγενέστερων ακτογραμμών. Κατά τη μέθοδο αυτή, ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής, υπολογίζεται σύμφωνα με την νεότερη και την παλαιότερη ακτογραμμή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι ενδιάμεσες χρονικά μεταβολές. Μπορεί όμως να γίνει υπολογισμός και ανάμεσα σε δύο άλλες οποιεσδήποτε ακτογραμμές.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$P.M._{EPR} = \frac{\left(\frac{D}{\Delta T}\right)_{d1} + \left(\frac{D}{\Delta T}\right)_{d2} + \dots + \left(\frac{D}{\Delta T}\right)_{dv}}{v} \quad (Eξ. 7.1)$$

Όπου

$d1 - dv$	διατομές
D	Η απόσταση δύο ακτογραμμών σε δεδομένη διατομή
ΔT	Η χρονική περίοδος που μεσολαβεί μεταξύ δύο ακτογραμμών
v	Αριθμός των διατομών

Η υπόθεση γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεγεθών, έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα δημιουργίας μιας εξίσωσης της μορφής $y = ax + b$ με βάση την οποία προκύπτει θεωρητικά το κάθε σημείο της μελλοντικής ακτογραμμής.

Το σφάλμα απόστασης της ακτογραμμής, στην κλίμακα που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ακτογραμμή, μας δίνει την αβεβαιότητα θέσης του σημείου. Έτσι, εάν A_1 και A_2 οι αβεβαιότητες θέσης ενός σημείου στις δύο ακτογραμμές, το σφάλμα που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του EPR υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_{P.M._{EPR}} = \frac{A_1 + A_2}{\Delta T_{2-1}} \quad (Eξ. 7.2)$$

Ενώ η μέθοδος αυτή είναι η απλούστερη στον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής μίας ακτογραμμής, έχει ένα βασικό μειονέκτημα, κατά το οποίο, εάν οι δύο διαθέσιμες χρονικά ακτογραμμές που θα χρησιμοποιηθούν έχουν μεγάλη αβεβαιότητα (λόγω παλαιότητας χαρτών, μεγάλης κλίμακας κλπ), τότε ο υπολογισθείς τελικός ρυθμός μεταβολής θα είναι ανακριβής [17].

Επιπρόσθετα, σε κάποιες περιπτώσεις, καταγεγραμμένα δεδομένα τα οποία εκφράζουν σημαντικές ενδιάμεσες μεταβολές στην ακτογραμμή, δεν χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της δυναμικής της ακτογραμμής, με αποτέλεσμα να μην περιγράφεται η πραγματική συμπεριφορά του παράκτιου συστήματος.

7.2 Η μέθοδος AER (Average of Eras Rates – Μέσου Όρου Ρυθμών Περιόδων)

Η μέθοδος AER στηρίζεται στην EPR με τη διαφορά ότι υπολογίζει τον μέσο όρο των ρυθμών μεταβολών της ακτογραμμής ανά ζεύγη μεταβολών. Έτσι, προκειμένου να υπολογιστεί ο τελικός ρυθμός μεταβολής, υπολογίζονται οι επιμέρους EPR για τα διαδοχικά ζεύγη ακτογραμμών και στη συνέχεια προκύπτει ο μέσος όρος. Δηλαδή,

$$P.M.AER = \frac{1}{v} \left[\left(\frac{P.M.EPR_{C1} + P.M.EPR_{C2} + P.M.EPR_{Cn}}{n} \right)_{d1} + \left(\frac{P.M.EPR_{C1} + P.M.EPR_{C2} + P.M.EPR_{Cn}}{n} \right)_{d2} + \dots + \left(\frac{P.M.EPR_{C1} + P.M.EPR_{C2} + P.M.EPR_{Cn}}{n} \right)_{dv} \right] \quad (Εξ. 7.3)$$

Όπου

$d1, d2, \dots, dn$	Διατομές
$C1, C2, \dots, Cn$	Χρονικά διαστήματα (διαδοχικά μεταξύ τους)
n	Ο αριθμός των χρονικών διαστημάτων
D	Η απόσταση των δύο ακτογραμμών στην δεδομένη διατομή
ΔT	Η χρονική περίοδος που μεσολαβεί μεταξύ των δύο ακτογραμμών
v	Ο αριθμός των διατομών

Το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, καθώς και ότι μπορούν να προκύψουν αρκετά στατιστικά στοιχεία, μεταξύ των οποίων και η τυπική απόκλιση [16]. Παρά όλ' αυτά, δε χρησιμοποιείται ευρέως, επειδή δεν περιέχει κάποιο κριτήριο επιλογής δεδομένων, ενώ δεν ενσωματώνει βάρη στις παρατηρήσεις, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία, αφιltrάριστη, ενσωματώνοντας πιθανά χονδροειδή σφάλματα που περιέχονται στα πρωτογενή δεδομένα, και τα οποία έχουν προκύψει από διάφορους παράγοντες (όπως η μεγάλη κλίμακα, εσφαλμένη ψηφιοποίηση, μεγάλη παλαιότητα χαρτών κ.α.) [16],[19].

7.3 Η μέθοδος AOR (Average Of Rates – Μέσου Όρου Ρυθμών)

Στη μέθοδο AOR, πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία/μεθοδολογία με την AER, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούνται όλα τα πιθανά ζεύγη των ακτογραμμών. Επιπρόσθετα, στη μέθοδο AOR υπεισέρχεται το κριτήριο του ελάχιστου χρόνου T_{min} , δηλ. η ελάχιστη χρονική διάρκεια μεταξύ δύο διαδοχικών ακτογραμμών. Εάν η χρονική διαφορά δύο διαδοχικών ακτογραμμών είναι μικρότερη από αυτή που ορίζει το κριτήριο, τότε δε λαμβάνουμε υπ' όψιν στις μετρήσεις μας τη συγκεκριμένη διατομή. Το κριτήριο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_{\min} = \sqrt{(E_1^2 + E_2^2)} / R_1 \quad (\text{Εξ. 7.4})$$

Όπου,

E_1, E_2 Τα σφάλματα μέτρησης σημείου στη μία ακτογραμμή και του ομολόγου του στην άλλη ακτογραμμή αντίστοιχα

R_1 EPR που υπολογίζεται μεταξύ των ακτογραμμών με τη μεγαλύτερη χρονική διαφορά

Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι φιλτράρει τα διαθέσιμα δεδομένα, εφαρμόζοντας το κριτήριο της ελάχιστης επιτρεπτής χρονικής απόκλισης δύο ακτογραμμών. Παρά, όμως, τους απλούς υπολογισμούς και την εφαρμογή κριτηρίου, η μη μοντελοποίηση της εξίσωσης του T_{\min} αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην εφαρμογή της μεθόδου [18]. Επιπρόσθετα, το γεγονός ότι τα σφάλματα E_1, E_2 ορίζονται από τον μελετητή ανάλογα με την εμπειρία και τις μετρήσεις του, προσθέτει ένα ακόμη αρνητικό στοιχείο, καθώς αυτά τα μεγέθη, ουσιαστικά, καθορίζουν ποιες τιμές θα απορριφθούν και ποιες θα γίνουν αποδεκτές.

7.4 Η μέθοδος OLS (Ordinary Least Squares – Συνήθη Ελάχιστα Τετράγωνα)

Η μέθοδος OLS βασίζεται στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και με βάση όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, υπολογίζεται η ευθεία η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα της κάθε διατομής.

Για να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής, που είναι και το ζητούμενο αφού γίνουν οι διατομές και μετρηθούν τα διαθέσιμα στοιχεία, για κάθε διατομή ξεχωριστά υπολογίζεται με βάση τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων [19] και ένας ρυθμός μεταβολής. Αυτός ο ρυθμός μεταβολής θα προκύψει ως η κλίση της ελαχιστοτετραγωνικής ευθείας. Ως τελικός ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής θα ληφθεί ο μέσος όρος των επιμέρους ρυθμών μεταβολής της κάθε διατομής. Έτσι, η εξίσωση που υπολογίζει τον τελικό ρυθμό μεταβολής είναι:

$$\rho = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (\text{Εξ. 7.5})$$

Όπου,

n Το πλήθος των ακτογραμμών

x_i Η χρονολογική διαφορά των ετών παρατήρησης

y_i Η απόσταση των ακτογραμμών

Είναι απαραίτητο για την μέθοδο αυτή να υπολογίζεται ένας δείκτης ο οποίος θα δείχνει το βαθμό κατά τον οποίο η ευθεία παλινδρόμησης προσαρμόζεται στα δεδομένα. Ο δείκτης αυτός

είναι ο συντελεστής συσχέτισης R^2 που είναι απαραίτητο να υπολογίζεται κάθε φορά που χρησιμοποιείται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων.

Έτσι,

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (\text{Εξ. 7.6})$$

Όπου

- n Το πλήθος των διαθέσιμων ακτογραμμών
- y_i Η απόσταση των ακτογραμμών
- \bar{y}_i Ο μέσος όρος της απόστασης των ακτογραμμών

Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τιμές από το μηδέν ως το ένα ($0 < R^2 < 1$). Εάν η τιμή του συντελεστή συσχέτισης είναι ίση με τη μονάδα, αυτό συνεπάγεται ότι τα δεδομένα προσαρμόζονται κατά το βέλτιστο στο μοντέλο που έχει επιλεγεί.

Η απόκλιση της ελαχιστοτετραγωνικής ευθείας δίνεται από τον τύπο:

$$OLS_{unc} = \frac{MSE}{\sum (time_i - mean(time))^2} \quad \text{οπου} \quad MSE = \frac{\sum (\bar{y} - y)^2}{n - 2} \quad (\text{Εξ. 7.7})$$

Η διαδικασία μελέτης της εξέλιξης της ακτογραμμής με τη μέθοδο OLS, προϋποθέτει την ύπαρξη ανεξάρτητων σφαλμάτων που κατανέμονται σύμφωνα με την κατανομή Gauss. Εάν υπάρχει κάποια ακραία τιμή, που αντιπροσωπεύει ένα γεγονός εκδήλωσης μίας κυματικής καταιγίδας που διαταράσσει την υπόθεση Gaussian κατανομής, τότε αυτή επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα του ρυθμού μεταβολής. Για το σκοπό αυτό, κρίνεται απαραίτητος ο εκ των προτέρων προσδιορισμών τέτοιων σημείων.

Η μέθοδος OLS είναι μία σχετικά απλή διαδικασία υπολογισμών, με αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα χρονικά δεδομένα. Παρά όλ' αυτά, είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στις ακραίες τιμές, αφού αυτές επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα [19].

7.5 Η μέθοδος Jackknife

Η μέθοδος Jackknife βασίζεται στην μέθοδο της Γραμμικής Παλινδρόμησης με την διαφορά, ότι εφαρμόζεται κάθε φορά για όλες τις διαθέσιμες ακτογραμμές, πλην μιας. Είναι δηλαδή μια επαναληπτική διαδικασία που σε κάθε επανάληψη συμπεριλαμβάνει έναν διαφορετικό συνδυασμό ακτογραμμών. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς ακτογραμμών και ο τελικός ρυθμός μεταβολής είναι ο μέσος όρος των επιμέρους ρυθμών μεταβολής που έχουν προκύψει.

Βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου Jackknife είναι πως χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, και, σε αντίθεση με την μέθοδο OLS, δεν είναι επιρρεπής σε ακραίες τιμές [19], αφού ο αποκλεισμός κάθε φορά μίας διαθέσιμης ακτογραμμής στην κάθε επαναληπτική διαδικασία, την αποτρέπει από τυχόν επιδράσεις από τα μεμονωμένα αυτά συμβάντα.

Παρά, όμως, τα σημαντικά της αυτά πλεονεκτήματα, η μέθοδος Jackknife, απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων ώστε να προκύψει κάποιο αξιόπιστο αποτέλεσμα, γεγονός που αυξάνει τη διαδικασία των υπολογισμών, αφού, ουσιαστικά, υπολογίζεται ένα ρυθμός μεταβολής για κάθε πιθανό συνδυασμό ακτογραμμών.

8 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

Εκτός από τις απλές μεθόδους οι οποίες υπολογίζουν τον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής, υπάρχουν και μέθοδοι πιο σύνθετοι, που χρησιμοποιούν βάρη στα χρονικά δεδομένα των διαθέσιμων ακτογραμμών.

8.1 Η μέθοδος MDL (Minimum Description Length)

Στηριζόμενοι στην αρχή της μεθόδου MDL (Rissanen [20]), οι Fenster *et al.* [21] εφάρμοσαν μία απλουστευμένη εκδοχή της στον προσδιορισμό της εξέλιξης της ακτογραμμής.

Η μέθοδος MDL προσδιορίζει το γραμμικό ή πολυωνυμικό μοντέλο που προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα δεδομένα, χρησιμοποιώντας το κριτήριο της ελάχιστης απόστασης (minimum description length). Πιο συγκεκριμένα, εάν τα δεδομένα δεν ακολουθούν μία γραμμική τάση, αλλά ένα μοντέλο δευτέρου ή και μεγαλύτερου βαθμού, τότε, παράγονται δύο γραμμές: Η γραμμή μηδενικού βάρους (MDL Zero), η οποία χρησιμοποιεί πρόσφατα δεδομένα, και η γραμμή χαμηλού βάρους (MDL Low), για την επιλογή της οποίας έχουν δοθεί βάρη (με τιμές από 0 έως 1) σε δεδομένα παλαιότερων ετών.

Η απλοποιημένη εκδοχή του κριτηρίου MDL, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους Fenster *et al.* [22] είναι η παρακάτω σχέση:

$$MDL_K = MSE_K + \frac{\ln N \cdot K \cdot \sigma_p^2}{N} \quad (\text{Εξ. 8.1})$$

Όπου το MDL_K αντιπροσωπεύει το κριτήριο της ελάχιστης απόστασης, το οποίο προκύπτει ως το άθροισμα δύο παραμέτρων: του μέσου τετραγωνικού σφάλματος MSE_K , και του όρου «πολυπλοκότητας» $\frac{\ln N \cdot K \cdot \sigma_p^2}{N}$. Επιπρόσθετα, N είναι ο αριθμός των σημείων της ακτογραμμής, K είναι ο αριθμός των όρων του μοντέλου (π.χ. 1=σταθερό, 2=γραμμικό, 3=τετραγωνικό, 4=κυβικό), και σ_p^2 η a priori εκτίμηση της διακύμανσης του θορύβου. Η μέθοδος υπολογίζει ένα ελάχιστο μήκος MDL_K για κάθε τιμή του K . Αυτό, πρακτικά, σημαίνει πως, όσο αυξάνεται ο βαθμός του μοντέλου, αυξάνεται και η τιμή της «ποινής πολυπλοκότητας» [22]. Έτσι, τελικά, επιλέγεται το μοντέλο με τη μικρότερη τιμή MDL_K .

8.2 Η μέθοδος RLS (Reweighted Least Squares)

Η μέθοδος RLS, είναι, ουσιαστικά, μία εξέλιξη της μεθόδου OLS, με τη διαφορά ότι είναι λιγότερο επιρρεπής στις ακραίες τιμές. Έτσι, κατά τη μέθοδο αυτή, εντοπίζονται τυχόν ακραίες τιμές (που αποκλίνουν από μία ευθεία παλινδρόμησης) και «απομακρύνονται», αφού εισάγεται σε αυτές μηδενικό βάρος, ενώ σε όλες τις υπόλοιπες τιμές εισάγεται βάρος ίσο με τη μονάδα.

Σε πρώτο στάδιο της μεθόδου RLS, εφαρμόζεται η μέθοδος LMS (Least Median of Squares) (Rousseeuw *et al.* [23]) σύμφωνα με την οποία γίνεται προσδιορισμός των ακραίων τιμών, και εν συνεχεία, ορίζονται τα αντίστοιχα βάρη («0» για τις ακραίες τιμές και «1» για τις υπόλοιπες). Σύμφωνα με τους δημιουργούς της, η μέθοδος LMS έχει ανθεκτικότητα 50%, δηλαδή, εξάγει αξιόπιστα αποτελέσματα μέχρι το σημείο που οι ακραίες τιμές σε ένα σύνολο σημείων δεν υπερβαίνουν το 50%. Έπειτα, εφαρμόζεται η μέθοδος OLS στα φιλτραρισμένα, πλέον, δεδομένα.

Η μέθοδος RLS, αν και φιλτράρει τα διαθέσιμα δεδομένα από ένα σύνολο ακτογραμμών, σε περιπτώσεις όπου σε μία ακτογραμμή δεν υφίστανται ακραίες τιμές για την ίδια χρονολογία, ενδέχεται να αναγνωρίσει ως ακραίες τιμές σημεία που θα επιθυμούσαμε να συμπεριλαμβάνονται στον τελικό ρυθμό μεταβολής, έπειτα από σύγκριση των τιμών αυτών με τις τιμές σε διαφορετικές χρονικά ακτογραμμές σε μία συγκεκριμένη διατομή. Δεδομένου ότι οι περισσότεροι μελετητές έχουν περιορισμένο όγκο δεδομένων για τον υπολογισμό του ρυθμού εξέλιξης μιας ακτογραμμής, η απομάκρυνση, ακόμη και λίγων, σημείων, θα αποτελούσε ρίσκο στην ορθή εκτίμηση του τελικού ρυθμού μεταβολής.

Συμπερασματικά, η μέθοδος RLS, κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλος όγκος δεδομένων, ώστε να μην επηρεάζεται σημαντικά ο τελικός ρυθμός μεταβολής, από την πιθανή απομάκρυνση μη ακραίων τιμών. Επίσης, εάν χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου ο αριθμός των δεδομένων είναι περιορισμένος, μία ομαδοποίηση των δεδομένων αυτών σε γειτονικές διατομές, θα μπορούσε να υποδείξει πιο καθαρά τις ακραίες τιμές, ώστε αυτές να απομακρυνθούν από τις διαδικασίες υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής.

8.3 Η μέθοδος WLS (Weighted Least Squares - Ελάχιστα Τετράγωνα με Βάρη)

Η μέθοδος WLS είναι ουσιαστικά μία OLS, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούνται βάρη. Μία ακτογραμμή σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, μπορεί να έχει διαφορετική αβεβαιότητα θέσης σε σχέση με μία άλλη ακτογραμμή σε κάποια άλλη στιγμή. Έτσι, ανάλογα με το a priori σφάλμα θέσης, ορίζεται και κάποιο βάρος· όσο μεγαλύτερη είναι η αβεβαιότητα θέσης, τόσο μικρότερο είναι το βάρος που θα έχει το στοιχείο αυτό στη διαμόρφωση του τελικού ρυθμού μεταβολής.

Για να υπολογιστούν τα βάρη γίνεται χρήση είτε του τυπικού σφάλματος (σ) είτε της μεταβλητότητας (σ^2) καθώς το βάρος της κάθε παρατήρησης υπολογίζεται από τη σχέση :

$$P_i = \frac{1}{\sigma_i} \quad (\text{Εξ. 8.2})$$

Πρόκειται για εφαρμογή της μεθόδου των Ελαχίστων Τετραγώνων με n παρατηρήσεις διαφορετικής βαρύτητας και γνωστής τυπικής απόκλισης. Επομένως, ο πίνακας βαρών θα είναι της μορφής:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{pmatrix} \quad (\text{Εξ. 8.3})$$

Και το σύστημα εξισώσεων σε μορφή πινάκων θα είναι :

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P Y \quad (\text{Εξ. 8.4})$$

Όπου,

- A ο πίνακας που περιέχει μια μοναδιαία στήλη και μια στήλη με τα χρονικά δεδομένα
- Y ο πίνακας που περιέχει τις θέσεις των ακτογραμμών
- P ο πίνακας βαρών

Όπως είναι φανερό από τον πίνακα βαρών και τη σχέση μεταξύ βάρους και μεταβλητότητας, όσο μεγαλύτερη αβεβαιότητα έχει κάποια μέτρηση, τόσο πιο μικρό βάρος έχει και τόσο λιγότερο συμμετέχει στη διαμόρφωση της τελικής τάσης μεταβολής της ακτογραμμής. Με αυτόν τον τρόπο τα πιο πρόσφατα δεδομένα, που έχουν, σχετικά, μικρότερες αβεβαιότητες από ότι τα παλαιότερα, συμβάλουν περισσότερο στον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής.

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιώντας τους πίνακες μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας, μπορούμε από τα a priori σφάλματα θέσης κάθε ακτογραμμής, να υπολογίσουμε τα τελικά a posteriori τυπικά σφάλματα.

Η μέθοδος WLS, συγκριτικά με τη μέθοδο OLS, μπορεί να δώσει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα, καθώς δε θεωρεί όλα τα δεδομένα ισοβαρή, αλλά τα διαχωρίζει ανάλογα με την a priori αβεβαιότητά τους. Παρά όλ' αυτά, στα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής συγκαταλέγονται, αφενός η παραδοχή της γραμμικής μεταβολής της ακτογραμμής αφετέρου, το γεγονός ότι ο είναι επιρρεπής στις ακραίες τιμές, αφού αυτές δεν αποκλείονται από την υπολογιστική διαδικασία [19].

8.4 Η μέθοδος RWLS (Reweighted Weighted Least Squares)

Η μέθοδος αυτή συνδυάζει τις προαναφερθείσες μεθόδους RLS και WLS. Έτσι, σε πρώτο στάδιο της μεθόδου αυτής πραγματοποιείται φιλτράρισμα των διαθέσιμων δεδομένων θέσης ακτογραμμής από τις ακραίες τιμές, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο LMS (Least Median Squares), και στη συνέχεια εφαρμόζεται η μέθοδος WLS, κατά την οποία ορίζονται βάρη στα δεδομένα, ανάλογα με το a priori σφάλμα τους.

Όπως και οι περισσότερες από τις προαναφερθείσες μεθόδους, έτσι και η μέθοδος RWLS προϋποθέτει την παραδοχή μίας γραμμικής μεταβολής της ακτογραμμής. Όμως, παρά το γεγονός ότι απομακρύνονται οι ακραίες τιμές από τη διαδικασία υπολογισμού, κατά όμοιο τρόπο με τη μέθοδο RLS, υφίσταται μεγάλο ρίσκο κατά την εφαρμογή της σε περιπτώσεις περιορισμένου όγκου δεδομένων σε ό,τι αφορά την αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος. Επιπρόσθετα, βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι απομακρύνει ορισμένες τιμές που αναγνωρίζονται ως «ακραίες», πριν προσδιοριστεί η ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης. Κατά συνέπεια, ενδέχεται να απομακρύνονται τιμές που πρέπει να συμπεριληφθούν στη διαδικασία υπολογισμών [19].

8.5 Η μέθοδοι LAD (Least Absolute Deviation) και WLAD (Weighted Least Absolute Deviation)

Η μέθοδος LAD διαφέρει από τις υπόλοιπες μεθόδους κατά πολύ, αφού είναι η μοναδική η οποία δεν προϋποθέτει κανονική κατανομή των σφαλμάτων, αλλά κατανομή Laplace ή εκθετική κατανομή. Επιπρόσθετα, δε χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς το ελάχιστο των τετραγώνων των υπολοίπων (όπως συμβαίνει στις περισσότερες μεθόδους που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα), αλλά το άθροισμα των απόλυτων τιμών των υπολοίπων. Κατά συνέπεια, περιορίζεται ακόμη περισσότερο η επίδραση ακραίων τιμών στο τελικό αποτέλεσμα [19].

Εάν θέσουμε x_i τη χρονική διαφορά δύο διαθέσιμων ακτογραμμών και $f(x_i)$ την μεταξύ τους απόσταση, τότε η μέθοδος LAD θα αναζητήσει τις εκτιμώμενες τιμές των αγνώστων παραμέτρων της $f(x_i)$ που ελαχιστοποιούν το άθροισμα των απόλυτων τιμών των υπολοίπων τους:

$$S = \sum_{i=1}^n |y_i - f(x_i)| \quad (\text{Εξ. 8.5})$$

Οπότε, στην παραδοχή ότι τα σφάλματα στην LAD κατανέμονται γραμμικά, δηλαδή

$$f(x_i) = b_1 x_i + b_0 \quad (\text{Εξ. 8.6})$$

Τότε αναζητούνται οι παράμετροι b_1 (κλίση) και b_0 (σταθερός όρος) που ελαχιστοποιούν το ως άνω άθροισμα S .

Στην παραδοχή ότι τα σφάλματα κατανέμονται σύμφωνα με μία εξίσωση δευτέρου βαθμού:

$$f(x_i) = ax_i^2 + bx_i + c \quad (\text{Εξ. 8.7})$$

Τότε θα πρέπει να αναζητηθούν τρεις παράμετροι.

Στη συνέχεια της μεθόδου, ακολουθείται μία πολύπλοκη διαδικασία, μέσα από τον ορισμό συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας, στην οποία εφαρμόζονται τα στοιχεία που επιλέχθηκαν προηγουμένως.

Ως επέκταση της μεθόδου LAD, είναι η WLAD, κατά την οποία οι αβεβαιότητες θέσης δεν είναι ισοβαρείς, αλλά κατανομονται σε αυτές διαφορετικά βάρη.

Αν και οι μέθοδοι LAD και WLAD δεν είναι επιρρεπείς στις ακραίες τιμές, ωστόσο δείχνουν να μην εξάγουν «σταθερά» αποτελέσματα, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τιμές των παραμέτρων b_0 και b_1 , που ουσιαστικά καθορίζουν την ευθεία που προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα δεδομένα, δεν είναι σταθερές, μιας και ο καλύτερος συνδυασμός τους οφείλεται στο εύρος τιμών, καθώς και το βήμα αύξησης, που θα ορίσει ο μελετητής για «ανίχνευση» [19]. Συνεπώς, ένα μεγάλο εύρος τιμών προς αναζήτηση σε συνδυασμό με ένα μικρό βήμα αύξησης, ενδεχομένως να εξήγαγε αξιόπιστα αποτελέσματα, θα προϋπέθετε, όμως, ένα βαρύ όγκο υπολογισμών.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην παρούσα εργασία, για πρακτικούς λόγους (χρήση συμβατικών υπολογιστών) δεν χρησιμοποιήθηκε μεγάλο εύρος συνδυασμών. Παρ' όλα αυτά, πραγματοποιήθηκαν κάποιες εφαρμογές για συγκεκριμένη τιμή αβεβαιότητας για ορισμένα εύρη τιμών, σε συγκεκριμένο συνδυασμό ακτογραμμών.

9 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ BINNING

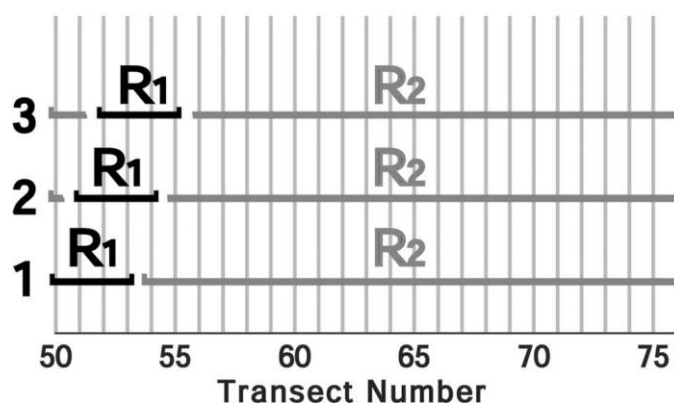
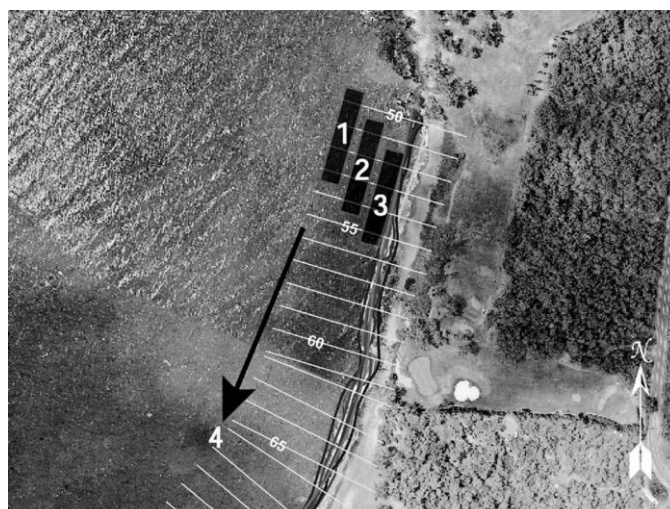
Μία ακτογραμμή συνήθως δε μεταβάλλεται ομοιόμορφα. Έτσι, σε ορισμένα σημεία μπορεί να οπισθοχωρεί λιγότερο ή περισσότερο, και σε άλλα ενδεχομένως να παρατηρείται πρόσκωση. Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκε η μέθοδος Binning, η οποία ομαδοποιεί τα δεδομένα ανά συγκεκριμένο αριθμό διατομών, εξετάζοντας τμηματικά τη συμπεριφορά μίας ακτογραμμής. Ουσιαστικά, η Binning αποτελεί ένα φίλτρο μία επιλεγείσας μεθόδου μελέτης του ρυθμού μεταβολής μίας ακτογραμμής, το οποίο πραγματοποιεί συνεχείς στατιστικούς ελέγχους.

9.1 Η μέθοδος Binning

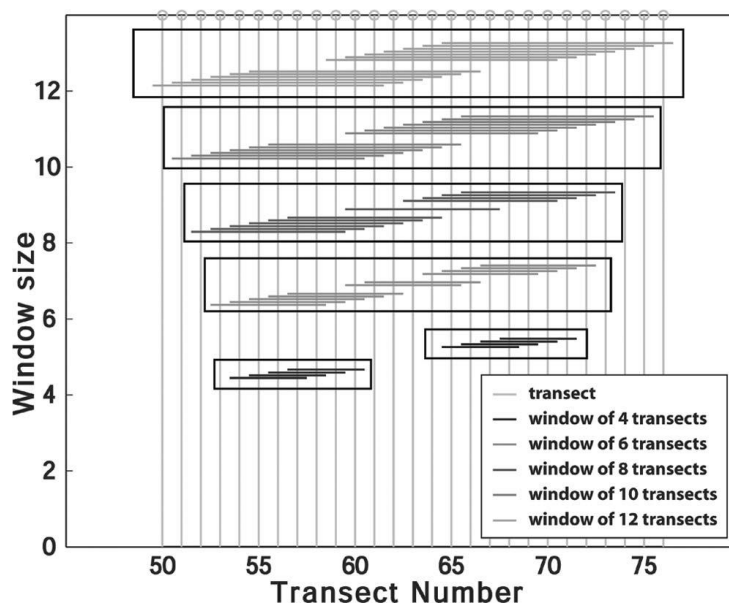
Στη μέθοδο Binning, αρχικά, γίνεται ομαδοποίηση κατά αριθμό πολλαπλάσιο της απόστασης των αρχικών διατομών. Έτσι, για παράδειγμα, εάν η αρχική απόσταση που ορίστηκαν διατομές σε ένα σύνολο ακτογραμμών είναι 10 μέτρα, η απόσταση στη binning μπορεί να είναι 20 μέτρα, 30 μέτρα κοκ. Έπειτα, επιλέγονται οι 4 πρώτες διατομές σε ένα πλαίσιο, υπολογίζεται ο ρυθμός μεταβολής, και στη συνέχεια συγκρίνεται με τον ρυθμό μεταβολής των υπόλοιπων ομαδοποιημένων διατομών. Η σύγκριση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το Student t-test για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% [24]. Έπειτα, η διαδικασία επαναλαμβάνεται, εξαιρώντας κάθε φορά την πρώτη ακτογραμμή της ομάδας των τεσσάρων και συμπεριλαμβάνοντας την αμέσως επόμενη, έως ότου η τελευταία ομάδα ακτογραμμών (το τελευταίο πλαίσιο) να αποτελείται από τις τέσσερις τελευταίες.

Στη συνέχεια, επιλέγονται οι 6 πρώτες ακτογραμμές και επαναλαμβάνεται η διαδικασία έως ότου η τελευταία ομάδα να συμπεριλαμβάνει τις 6 τελευταίες. Η επιλογή των ομάδων επαναλαμβάνεται έως ότου στην τελευταία φορά των επαναλήψεων, ο αριθμός των ακτογραμμών που συμμετέχουν στο πλαίσιο του υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής να είναι ίσος με το ήμισυ του συνόλου των διαθέσιμων ακτογραμμών (Εικόνα 6).

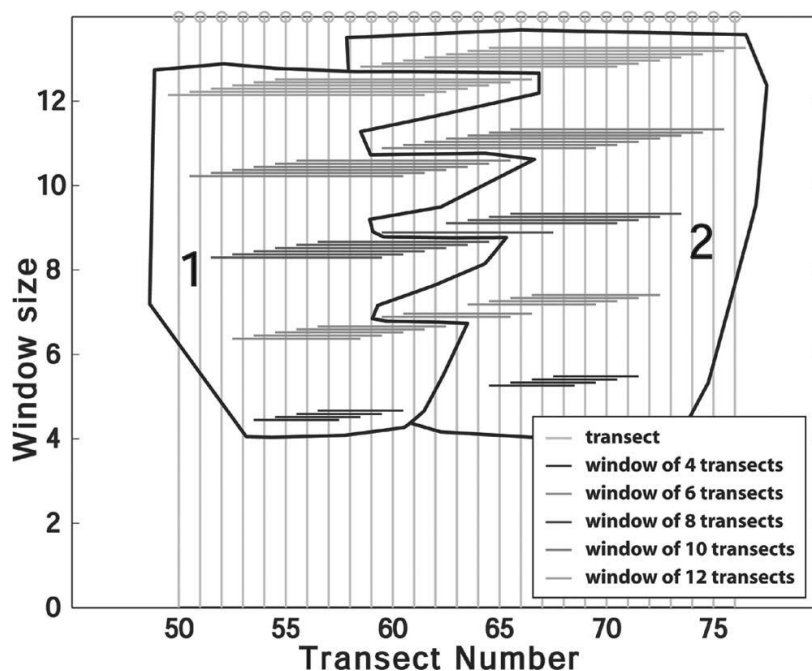
Στην διάγραμμα της εικόνας 7, ο οριζόντιος άξονας υποδεικνύει τον αριθμό των διατομών και ο κατακόρυφος άξονας υποδεικνύει τον αριθμό των διατομών που περιλαμβάνει κάθε φορά το πλαίσιο που επιλέγεται, ώστε αυτό να συγκριθεί με το Student t-test με τις υπόλοιπες διατομές. Εάν η τιμή του ρυθμού μεταβολής που υπολογίζεται για κάθε πλαίσιο δε συμφωνεί στατιστικά με τον ρυθμό μεταβολής των υπόλοιπων διατομών, αυτό εμφανίζεται στο διάγραμμα ως μία οριζόντια γραμμή (Εικόνα 7). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ένα ακόμη t-test μεταξύ των διαφορετικών πλαισίων, ώστε να προκύψουν τυχόν στατιστικές αποκλίσεις μεταξύ τους (Εικόνα 8). Εάν δεν υπάρχουν αποκλίσεις, τότε τα δεδομένα ομαδοποιούνται και υπολογίζεται ένας μέσος ρυθμός μεταβολής. Διαφορετικά, διαχωρίζονται σε διαφορετική κατηγορία και υπολογίζεται ένας διαφορετικός μέσος ρυθμός μεταβολής.



Εικόνα 6: Η επιλογή των τεσσάρων πρώτων διατομών κατά τη μέθοδο Binning



Εικόνα 7: Απεικόνιση με οριζόντιες γραμμές των σημείων όπου οι ρ.μ. των πλαισίων δε συμφωνούν με τον ρ.μ. των υπόλοιπων διατομών



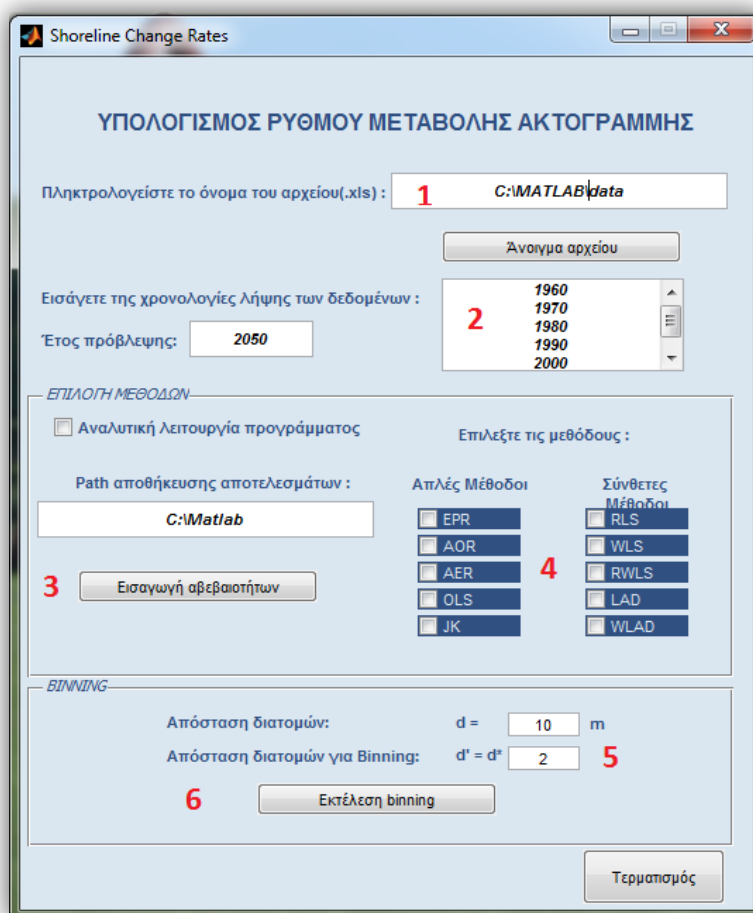
Εικόνα 8: Η τελική ομαδοποίηση της μεθόδου binning έπειτα από την τελευταία εφαρμογή του student t-test

Η μέθοδος binning μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής μίας ακτογραμμής. Στην παρούσα εργασία, θα εφαρμοστεί η μέθοδος binning στην μέθοδο OLS (Ordinary Least Squares), με τη χρήση του προγράμματος Shev, η παρουσίαση του οποίου θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

10 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SHEV

Για τον υπολογισμό των ρυθμών μεταβολής χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους, στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκε η χρήση του προγράμματος Shev (Τσακίρη [25]). Το πρόγραμμα αυτό αναπτύχθηκε και λειτουργεί σε περιβάλλον Matlab, γεγονός που επιτρέπει στον μελετητή να επεξεργαστεί, εάν αυτό κριθεί απαραίτητο, τον κώδικα, ώστε να τον προσαρμόσει στα δικά του δεδομένα.

Πριν από την εισαγωγή των δεδομένων που επεξεργάζεται το πρόγραμμα, απαιτείται η δημιουργία διατομών στις μελετηθείσες ακτογραμμές, και ο υπολογισμός των αποστάσεων (με θετικό ή αρνητικό πρόσημο, ανάλογα με το αν υπάρχει πρόσκωση ή οπισθοχώρηση ακτογραμμής αντίστοιχα) για κάθε πιθανό ζεύγος ακτογραμμών.



Εικόνα 9: Το βασικό μενού του λογισμικού Shev.

Έτσι, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, πραγματοποιούμε με τη σειρά τα παρακάτω βήματα, όπως αυτά φαίνονται και στην εικόνα 9:

1. Εισαγωγή των δεδομένων από ένα υπολογιστικό φύλλο excel, όπου έχουν αποθηκευτεί οι μετρημένες αποστάσεις
2. Εισαγωγή των χρονολογιών που αντιστοιχούν στο υλικό που φέρει τη διαθέσιμη γεωπληροφορία (χάρτης, αεροφωτογραφία, δορυφορική εικόνα, ορθοφωτοχάρτης, μετρήσεις)
3. Εισαγωγή αβεβαιότητας (a priori σφάλμα) για κάθε χρονολογία που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη γεωπληροφορία
4. Επιλογή των μελετώμενων μεθόδων
5. Επιλογή της απόστασης ομαδοποίησης των διατομών (μέθοδος Binning)
6. Εκτέλεση Binning

Το λογισμικό Shev διαθέτει και τη δυνατότητα ομαδοποίησης (Binning), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο OLS, επιτρέποντας στον μελετητή να ορίσει τόσο το διάστημα των διατομών όσο και το διάστημα (πολλαπλάσιο του διαστήματος της μία διατομής) ομοδοποίησής τους (βήμα 5).

Στην παρούσα εργασία έγινε μελέτη της εξέλιξης ακτογραμμών με τη χρήση των μεθόδων EPR, AER, AOR, OLS, JK, RLS, WLS, RWLS και WLAD.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι, προκειμένου να διευρύνουμε τους συνδυασμούς των άγνωστων παραμέτρων κατά την εφαρμογή της μεθόδου WLAD, πραγματοποιήσαμε μικρές αλλαγές στον κώδικα του λογισμικού, αυξάνοντας το εύρος των τιμών τους, και διαφοροποιώντας το βήμα αύξησης.

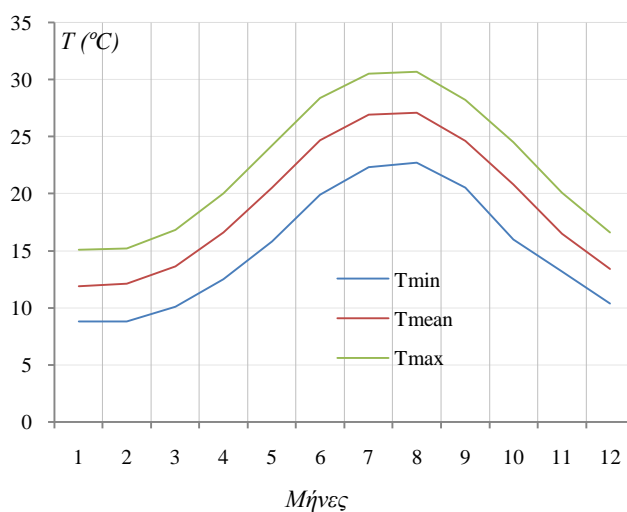
11 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΦΑΝΤΟΥ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

11.1 Γενικά στοιχεία της νήσου Ρόδου

Το νησί της Ρόδου βρίσκεται στη νοτιοανατολική πτέρυγα του Αιγαίου και είναι το μεγαλύτερο σε μέγεθος του συμπλέγματος των νησιών της Δωδεκανήσου και το τέταρτο σε όλη την Ελλάδα. Καλύπτει έκταση περίπου 1385,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ η ακτογραμμή του υπολογίζεται στα 220 χιλιόμετρα. Το ρομβοειδές σχήμα του νησιού ακολουθεί έναν άξονα με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση.

Κλιματολογικά στοιχεία

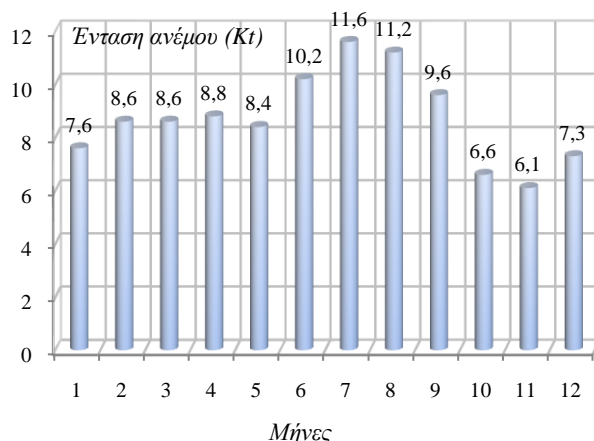
Το κλίμα της Ρόδου είναι Μεσογειακό: τα καλοκαίρια παρατηρείται έντονη ηλιοφάνεια (χωρίς πολλές βροχοπτώσεις), ενώ το χειμώνα τα καιρικά φαινόμενα είναι ήπια. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες πνέουν, κυρίως, βόρειοι άνεμοι, ενώ οι τιμές υγρασία παραμένουν υψηλές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Διάγραμμα 1: Η κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στη Ρόδο, για το διάστημα 1955-1997 (πηγή: ΕΜΥ)

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα κατανομής των μέσων θερμοκρασιών στο νησί, για το διάστημα 1955-1997, σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Στο διάγραμμα 2 απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της έντασης των ανέμων που πνέουν στο νησί, για το ίδιο χρονικό διάστημα, 1955-1997. Όπως έχει προαναφερθεί, τόσο η θερμοκρασία, όσο και το ανεμολογικό καθεστώς σε μία περιοχή μελέτης, επηρεάζουν τις

παράκτιες μετακινήσεις ιζημάτων. Παράλληλα, για το νησί της Ρόδου, δεν υπάρχει κάποια επίσημη καταγραφή και αναφορά φαινομένου παλίρροιας.



Διάγραμμα 2: Η κατανομή της μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου στη Ρόδο, διάστημα 1955-1997 (πηγή: ΕΜΥ)

Γεωλογικά στοιχεία

Στη γεωλογική διαμόρφωση της νήσου Ρόδου συμβάλλουν τρεις γεωλογικές ενότητες. Έτσι, η στρωματογραφία της Ρόδου χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη αυτόχθονος σειράς από Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους φλύσχη και τεταρτογενείς αποθέσεις, και από την εμφάνιση ελλόχθονος επωθημένης σειράς τριών τεκτονικών ζωνών: της Πίνδου, του Παρνασσού και του Γαβρόβου [26].

Τεκτονικά στοιχεία

Στη Ρόδο διακρίνονται τρεις μεγάλες τεκτονικές ενότητες:

- ✓ Την ανώτερη ενότητα (νεαυτόχθονη) που αποτελείται από πόρο, τον σχηματισμό Σγούρου, τα λεβαντίνια ιζήματα και τους στρωματογραφικούς ορίζοντες της ομάδας «Βάτι».
- ✓ Την ενδιάμεση ενότητα, που με τη σειρά της, αποτελείται από τρεις διακριτές επωθήσεις:
 - Την ανώτερη επωθημένη σειρά της ομάδας του Προφήτη Ηλία. Αποτελείται από ασβεστόλιθους του σχηματισμού Μαλόνας, της ζώνης της Πίνδου.
 - Την ενδιάμεση επωθημένη σειρά από τους ασβεστόλιθους της Λίνδου, που ανήκουν στη ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως φλύσχη Αρχιπόλεως, και
 - Την κατώτερη επωθημένη σειρά της ομάδας Αρχαγγέλου, που αποτελείται από τον φλύσχη Αρχιπόλεως και τους ασβεστόλιθους του Σάλακα και Κουμούλι, που ανήκουν στη ζώνη Παρνασσού.
- ✓ Την κατώτερη επωθημένη αυτόχθονη ενότητα που αποτελείται από τον φλύσχη Κατταβιάς και τα ανθρακικά πετρώματα της ομάδας Ατταβύρου.

11.2 Η περιοχή μελέτης Αφάντου

Η παραλία Αφάντου βρίσκεται 18 χιλιόμετρα μακριά από την πόλη της Ρόδου, στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, και απέχει μόλις 2 χιλιόμετρα από την πόλη Αφάντου. Το μήκος της ξεπερνά τα 7 χιλιόμετρα, και η παράκτια ζώνη της διαφοροποιείται από τμήμα σε τμήμα της. Έτσι, συναντώνται παράκτιοι δρόμοι, το Golf Αφάντου, τουριστικές/ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, καθώς και «καθαρά» τμήματα.

Στην παρούσα εργασία, το πρώτο τμήμα παραλίας που μελετάται, είναι μεταξύ του Golf Αφάντου και ένα μέρος της γειτονικής παραλίας Τραουνού. Η ακτή χαρακτηρίζεται από χονδρόκοκκη άμμο και χαλίκι, και σχετικά μικρή κλίση, ενώ το βάθος του πυθμένα αυξάνει απότομα. Η μέγιστη κλίση παρατηρείται για ελάχιστη απόσταση παραλίας 120 μ. και μέγιστη υψομετρική διαφορά 6,8 μ., όπως αυτό επιβεβαιώνεται από το τοπογραφικό διάγραμμα 8819_8 της Γ.Υ.Σ. του 1969 (εικόνα παραρτήματος III), καθώς και από τις επί τόπου μετρήσεις με GPS. Έτσι, σε όλα τα σημεία της μελετώμενης ακτογραμμής, η κλίση της ακτής δεν υπερβαίνει το 5,6%. Στο τμήμα της ακτής, και σε απόσταση που κυμαίνεται από 60 έως 100 μέτρα από την υφιστάμενη ακτογραμμή, υπάρχει αραιή θαμνώδης βλάστηση και κροκάλες. Η εικόνα 10 είναι άποψη της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 10: Η περιοχή μελέτης - Τμήμα της παραλίας Αφάντου

Το συνολικό μήκος της (υφιστάμενης) μελετηθείσας ακτογραμμής είναι 950 μέτρα, το ποίο διαιρέθηκε σε 96 διατομές των 10 μέτρων η καθεμία, ξεκινώντας την αρίθμηση από νότια προς βόρεια. Στην εικόνα 11, απεικονίζεται η περιοχή μελέτης, το πλήθος των 7 διαθέσιμων

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

ακτογραμμών, με διαφορετικό χρώμα η κάθε διαθέσιμη ακτογραμμή, καθώς και οι διατομές που σχεδιάστηκαν.



Εικόνα 11: Η διαίρεση της ακτογραμμής σε 96 διατομές

11.3 Συλλογή και επεξεργασία γεωπληροφορίας

Προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη της ακτογραμμής στην περιοχή Αφάντου, με τη χρήση των διαφορετικών μεθόδων (EPR, AER, AOR, OLS, JK, RLS, WLS, RWLS, WLAD), ήταν απαραίτητη η συλλογή γεωπληροφορίας σχετική με τη θέση της μελετώμενης ακτογραμμής κατά τα προηγούμενα χρόνια. Για το σκοπό αυτό συγκεντρώθηκαν τοπογραφικά διαγράμματα, αεροφωτογραφίες, ορθοφωτοχάρτες, ενώ πραγματοποιήθηκαν και επί τόπου μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, η συλλεχθείσα γεωπληροφορία αποτελείται από:

<u>Υλικό</u>	<u>Χρονολογία</u>	<u>Κλίμακα</u>	<u>Πηγή</u>
Κτηματολογικό χάρτη 10Π γαιών Αφάντου	1932	1:5000	Κτηματολόγιο Ρόδου
Τοπογραφικό διάγραμμα 8819_8	1969	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Χάρτης 328 - 1:50000	1972	1:50000	Γ.Υ.Σ.
Αεροφωτογραφία 102509	1978	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Αεροφωτογραφία 15268	1991	1:8000	Γ.Υ.Σ.
Ορθοφωτοχάρτη 872_023	1997	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Ορθοφωτοχάρτη 872_026	1997	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Ορθοφωτοχάρτη 876_026	1997	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Επί τόπου μετρήσεις (E.M.)	2011	E.M.	GPS (RTK)

Επίγειες μετρήσεις

Ε.Μ.Π., Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Προκειμένου να επιτύχουμε τη μέγιστη ακρίβεια στη θέση της ακτογραμμής, ώστε να τη χρησιμοποιήσουμε ως σημείο αναφοράς σε σχέση με τις υπόλοιπες διαθέσιμες ακτογραμμές, πραγματοποιήσαμε επί τόπου μετρήσεις. Οι μετρήσεις έγιναν με χρήση του διπλόσυχνου GPS Rover δέκτη Pro Mark 200 της εταιρείας Ashtech, με τη μέθοδο Real Time Kinematic (RTK). Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή, το όργανο παρέχει ονομαστική ακρίβεια θέσης $\pm 0,01$ m. Ως σημείο αναφοράς επιλέχθηκε το ROD1 του δικτύου JGC Net, και η βάση που επιλύθηκε υπολογίστηκε περίπου στα 7,5 χιλιόμετρα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες άπνοιας, ώστε να είναι ευδιάκριτη η στιγμιαία ακτογραμμή, ανεπηρέαστη από κυματισμούς. Επιπρόσθετα, οι παρατηρήσεις ελήφθησαν τον Απρίλιο, ώστε, η διαδικασία «ανταλλαγής» ιζήματος μεταξύ της ακτής και του πυθμένα να βρίσκεται στο μισό της περιόδου της. Τέλος, οι συντεταγμένες των σημείων ήταν στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87).

Συνόρθωση χαρτών

Η συνόρθωση του τοπογραφικού διαγράμματος 8819_8, καθώς και του χάρτη ΓΥΣ 328, πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα σημεία του καννάβου που είναι χαραγμένος σε καθεμία, και στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση στο σχεδιαστικό περιβάλλον Autocad. Έπειτα, η ψηφιοποιημένη ακτογραμμή σε Hatt (που χρησιμοποιούν οι χάρτες ΓΥΣ), μετατράπηκε στο ΕΓΣΑ '87.

Συνόρθωση και γεωαναφορά αεροφωτογραφιών

Η βέλτιστη συνόρθωση των αεροφωτογραφιών συνεπάγεται χρήση φωτοσταθερών σημείων, με στερεοσκοπική παρατήρηση, αποκλειστικά στην επικαλυπτόμενη περιοχή ενός ζεύγους αεροφωτογραφιών. Σε αυτήν την περίπτωση, όμως, θα χρειαζόταν ένας μεγάλος αριθμός ζευγών, προκειμένου να καλυφθεί μία ακτογραμμή μήκους 950 μέτρων, γεγονός που καθιστούσε αδύνατη την εργασία, από πλευράς διαθεσιμότητας χρόνου και οικονομικού κόστους. Επιπρόσθετα, ακόμη και μία άρτια συνόρθωση, σε μία αεροφωτογραφία κλίμακας 1:8000, με αβεβαιότητα κλίμακας μόλις 1 mm, θα μας παρείχε ακρίβεια τελικής θέσης $\pm 8,0$ m.

Προκειμένου, λοιπόν, να αντιμετωπίσουμε τις δυσκολίες αυτές που συναντήσαμε, πραγματοποιήθηκε συνόρθωση κάθε αεροφωτογραφίας με τη χρήση 8 φωτοσταθερών σημείων, κατανομημένα σε όλη την περιοχή που καλύπτει. Δεδομένου, όμως, ότι η τελική θέση δε θα αποκλίνει μόνο ± 8 m για αεροφωτογραφία κλίμακας 1:8000, ή ± 5 m για κλίμακα 1:5000, εφαρμόσαμε τις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής για αβεβαιότητες θέσης μεγαλύτερες από την αβεβαιότητα κλίμακας 1 mm. Έτσι, όσο αυξάνεται το σφάλμα της προσδιορισθείσας αρχικής θέσης, τόσο μειώνεται το βάρος της κατά τη διαδικασία υπολογισμού, συνεπώς, επηρεάζει λιγότερο τη μεταβολή και απόκλιση της τελικής θέσης.

Η γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών πραγματοποιήθηκε αυτόματα με τη συνόρθωσή τους, αφού τα φωτοσταθερά σημεία είχαν συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87, ενώ η ψηφιοποίηση της ακτογραμμής τους, έγινε στο σχεδιαστικό περιβάλλον Autocad.

Συνόρθωση κτηματολογικού διαγράμματος

Ο κτηματολογικός χάρτης, είναι, ουσιαστικά, η κατανομή των ιδιοκτησιών μίας περιοχής, στην οποία αποτυπώνονται και σταθερά σημεία (όπως τριγωνομετρικά σημεία, κτίρια, και δρόμοι), το έτος 1932, λίγα χρόνια μετά τη δημιουργία του Κτηματολογίου στη Ρόδο από τους Ιταλούς. Προκειμένου, λοιπόν, να πραγματοποιηθεί η καλύτερη δυνατή συνόρθωση του χάρτη, αυτός σαρώθηκε από σαρωτή στο οποίο είχαμε ενσωματώσει με διαφανές χαρτί κάρναβο με σημεία ανά 5 cm. Έτσι, επιτύχαμε να ανάγουμε τον χάρτη ψηφιακά στη σωστή του κλίμακα.

Έπειτα, προκειμένου να γεωαναφερθεί, συσχετίστηκε με τον χάρτη κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ και με τους διαθέσιμους ορθοφωτοχάρτες, χρησιμοποιώντας κοινά σταθερά σημεία. Στη συνέχεια, ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή σε περιβάλλον Autocad.

11.4 Καθορισμός διατομών

Για τον ορισμό των διατομών, επιλέχθηκε ως ακτογραμμή αναφοράς η πιο πρόσφατη, του 2011, η οποία προέκυψε ύστερα από επίγειες παρατηρήσεις με GPS. Εξασφαλίζοντας τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια (E.M. ή κλίμακα 1:1), θα έχουμε την ευκαιρία να εξετάσουμε το βαθμό στον οποίο, η παλαιότητα του διαθέσιμου υλικού και το σφάλμα της αρχικής θέσης, επηρεάζουν την αβεβαιότητα του τελικού ρυθμού μεταβολής.

Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 11, ορίστηκαν 96 διατομές σε ακτογραμμή μήκους 950 μέτρων, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει σημεία από 7 ακτογραμμές (1932, 1969, 1972, 1978, 1991, 1997, 2011). Με αυτόν τον τρόπο ήταν δυνατή, τόσο η μελέτη της εξέλιξης όλης της ακτογραμμής ως σύνολο, όσο και η «συμπεριφορά» κάθε τμήματος που εμπεριέχεται μεταξύ δύο διατομών (μέθοδος binning).

11.5 Απεικόνιση ακτογραμμών

Όπως φαίνεται και στην εικ. 12, η ακτογραμμή στα Αφάντου δεν παρουσιάζει μία ενιαία και ομαλή μεταβολή. Σε κάποια σημεία της, παρατηρείται διαχρονικά μία οπισθοχώρηση, ενώ σε άλλα σημεία παρατηρείται πρόσχωση. Πιο συγκεκριμένα, στο νότιο κομμάτι, από τη διατομή 1 έως 58, φαίνεται η ακτογραμμή να έχει οπισθοχωρήσει συγκριτικά με τη θέση της το 1932, ενώ από τη διατομή 58 έως 96 παρατηρείται μία τάση πρόσχωσης. Αυτή η «διαφοροποίηση» μπορεί να δικαιολογηθεί, καθ' ότι, αφενός, στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, εκβάλλει ένας χείμαρρος (δίπλα από το φυλάκιο Ερημοκάστρου), αφετέρου, οι βραχώδεις σχηματισμοί στο βόρειο τμήμα της ακτής της παραλίας Τραουνού, λειτουργούν ως «καταστροφείς» της κυματικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να ευνοείται η απόθεση ιζήματος.



Εικόνα 12: Απεικόνιση όλων των διαθέσιμων ακτογραμμών σε δορυφορική εικόνα google

11.6 Μέτρηση αποστάσεων σε κάθε διατομή

Επόμενο στάδιο της μελέτης ήταν η μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των ακτογραμμών για κάθε διατομή. Έτσι, εισάγοντας τις συντεταγμένες κάθε σημείου τομής μιας ακτογραμμής και της διατομής, και εφαρμόζοντας την απλή εξίσωση απόστασης μεταξύ δύο σημείων, σε κάθε διατομή, μετρήθηκαν, καταγράφηκαν και ταξινομήθηκαν σε υπολογιστικό φύλλο excel οι αποστάσεις μεταξύ όλων των πιθανών συνδυασμών ακτογραμμών. Εάν η απόσταση αφορούσε χρονική οπισθοχώρηση ακτογραμμής, τότε αυτή έπαιρνε αρνητικό πρόσημο. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου υπήρχε πρόσχωση, η απόσταση είχε θετικό πρόσημο.

12 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΦΑΝΤΟΥ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

12.1 Υπολογισμοί με τη χρήση 7 ακτογραμμών

Προκειμένου να συγκρίνουμε τα σφάλματα στον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής που υπολογίζει κάθε μία από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους, χρησιμοποιήσαμε, αρχικά, το πρόγραμμα Shev εισάγοντας σε αυτό δεδομένα αποστάσεων ακτογραμμών κάθε διατομής και για τις 7 διαθέσιμες ακτογραμμές. Έτσι, υπολογίστηκε ένα ρυθμός μεταβολής για κάθε μέθοδο, και ένα σφάλμα, τα οποία ανταποκρίνονταν στη χρήση όλης της διαθέσιμης πληροφορίας. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας κλίμακας, ώστε να εξεταστεί η «συμπεριφορά» της τελικής αβεβαιότητας σε σχέση με το αρχικό σφάλμα προσδιορισμού της ακριβούς θέσης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πίνακα 1 που ακολουθεί:

Πίνακας 1: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 7 ακτογραμμών

Αρ.Εφ.	ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ Χύ. Της κλίμακας	ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 7 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ (m/year)								
		EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS	WLAD
1	0,25	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294			-1
	σ :	$\pm 0,015823$	$\pm 0,22835$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$			
2	0,5	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,031652$	$\pm 0,45671$		$\pm 0,000339$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,002623$	$\pm 0,002623$	
3	0,7	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,044313$	$\pm 0,63939$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,003672$	$\pm 0,003673$	
4	0,8	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,050643$	$\pm 0,73073$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,004197$	$\pm 0,004197$	
5	1	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,063304$	$\pm 0,91341$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,005246$	$\pm 0,005247$	
6	1,2	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,075965$	$\pm 1,0961$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,006296$	$\pm 0,006296$	
7	1,5	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,094956$	$\pm 1,3701$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,00787$	$\pm 0,00787$	
8	1,7	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,10762$	$\pm 1,5528$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,008919$	$\pm 0,00892$	
9	1,8	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,11395$	$\pm 1,6441$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,009443$	$\pm 0,009444$	
10	2	-0,46199	-0,44101	-0,1942	-0,49282	-0,48303	-0,92294	-0,33769	-0,33757	0,325
	σ :	$\pm 0,12661$	$\pm 1,8268$		$\pm 0,000338$		$\pm 0,024243$	$\pm 0,010493$	$\pm 0,010494$	

Ο λόγος για τον οποίο διατηρήσαμε 5 δεκαδικά ψηφία, τόσο στο σήμα του τελικού ρυθμού μεταβολής, όσο και στο σφάλμα αυτού, είναι το γεγονός ότι οι τιμές αυτές πρόκειται να επεξεργαστούν ώστε να προκύψουν στατιστικά συμπεράσματα. Έτσι, ενώ η διατήρηση μίας ακρίβειας εκατοστών θα απεικόνιζε μία εξέλιξη της ακτογραμμής, ωστόσο, όπως αποδεικνύεται και στη συνέχεια της παρούσας εργασίας, κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αυτή δε θα ήταν αρκετή ώστε να συμβάλλει στην εξαγωγή στατιστικών πληροφοριών που συνδέονται με τη συμπεριφορά του σήματος του ρυθμού μεταβολής και του τελικού θορύβου.

Όπως παρατηρούμε και στον πίνακα 1, οι ρυθμοί μεταβολής που υπολογίζουν οι μέθοδοι EPR, AOR, OLS και JK, κινούνται στα ίδια επίπεδα, σε ό,τι αναφέρεται στα μέτρα ετήσιας μετακίνησης της ακτογραμμής. Η μέθοδος EPR υπολογίζει τη μεταβολή χρησιμοποιώντας μόνο δύο ακτογραμμές· την ακτογραμμή του 1932 και του 2011, χωρίς να συνυπολογίζει την εξέλιξη της ακτογραμμής διαχρονικά, χρησιμοποιώντας και ακτογραμμές που αντιστοιχούν σε ενδιάμεσες χρονολογίες.

Αφού μέθοδος AOR χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, αυτό συνεπάγεται και την εισαγωγή σημαντικών αβεβαιοτήτων στη διαδικασία του υπολογισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση του χάρτη της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000, όπου, στις περιπτώσεις που ικανοποιείται το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου (για μακρινές χρονικά ακτογραμμές), εισάγεται μία μεγάλη τιμή σφάλματος στους υπολογισμούς, επηρεάζοντας την τελική αβεβαιότητα θέσης.

Αντίθετα, η μέθοδος OLS παρέχει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα, αφού εφαρμόζει μία ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία προσαρμόζεται στα διαθέσιμα δεδομένα. Επιπρόσθετα, η μέθοδος OLS, ενδείκνυται περισσότερο σε σχέση με άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούν τα ελάχιστα τετράγωνα, αφού είναι περιορισμένη η διαθέσιμη γεωπληροφορία, γεγονός που δεν επιτρέπει να γίνει αναζήτηση ακραίων τιμών και αφαίρεση αυτών, καθώς αυτές ενδεχομένως να αποτελούν σημαντικό μέρος της χρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής (μέθοδος RLS). Μία βελτιστοποίηση της μεθόδου OLS, είναι η μέθοδος JK, η οποία εφαρμόζει μία επαναληπτική διαδικασία της OLS χρησιμοποιώντας κάθε φορά όλες τις ακτογραμμές πλην μίας, εφαρμόζοντας όλους του πιθανούς συνδυασμούς των (7-1) ακτογραμμών.

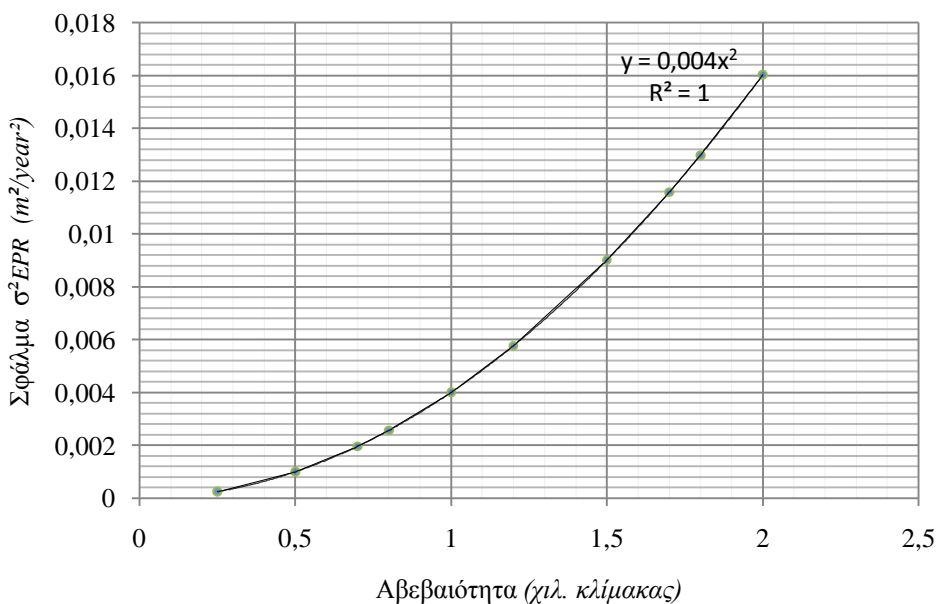
Η μέθοδος AER, φαίνεται να μην συμβαδίζει με τις υπόλοιπες απλές μεθόδους υπολογισμού, ενώ, όπως και στη μέθοδο JK, ήταν αδύνατος ο υπολογισμός του σφάλματος μέσω του λογισμικού Shev.

Ο ρυθμός μεταβολής που υπολογίζεται από τη μέθοδο RLS ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλος όγκος διαθέσιμων δεδομένων, ώστε να είναι ευδιάκριτες οι ακραίες τιμές, προκειμένου αυτές να εξαιρεθούν από τη διαδικασία υπολογισμού. Έτσι, ενδέχεται η μέθοδος αυτή να έχει αφαιρέσει «αυθαίρετα» σημαντικά χρονικά στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη της μελετηθείσας ακτογραμμής στα Αφάντου.

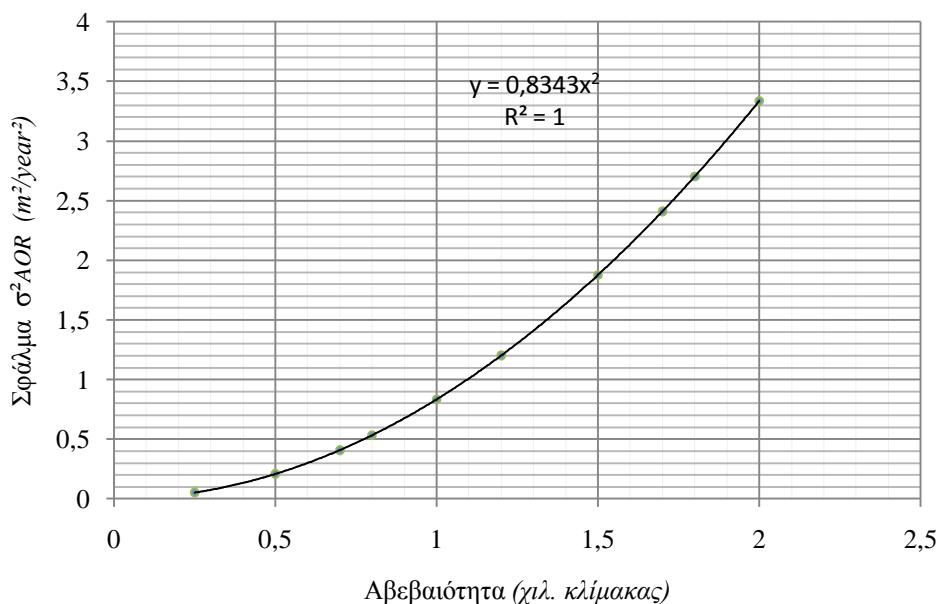
Οι μέθοδοι WLS και RWLS υπολογίζουν έναν ρυθμό μεταβολής θέτοντας βάρη στα διαθέσιμα δεδομένα, ανάλογα με την αρχική αβεβαιότητα θέσης που ορίστηκε για κάθε διαθέσιμο σημείο. Αυτός είναι και ο λόγος που τα αποτελέσματά τους διαφοροποιούνται από τις υπόλοιπες απλές μεθόδους.

Τέλος, η μέθοδος WLAD, φαίνεται ότι δεν παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τιμές των παραμέτρων b_0 και b_1 , που ουσιαστικά καθορίζουν την ευθεία που προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα δεδομένα, δεν είναι σταθερές, μιας και ο καλύτερος συνδυασμός τους οφείλεται στο εύρος τιμών, καθώς και το βήμα αύξησης, που θα ορίσει ο μελετητής για «ανίχνευση». Έτσι, χωρίς να έχουμε τη δυνατότητα να θέσουμε ένα μεγάλο εύρος τιμών με ένα μικρό ρυθμό αύξησης, δεν κατέστη δυνατός ο υπολογισμός ενός αξιόπιστου ρυθμού μεταβολής.

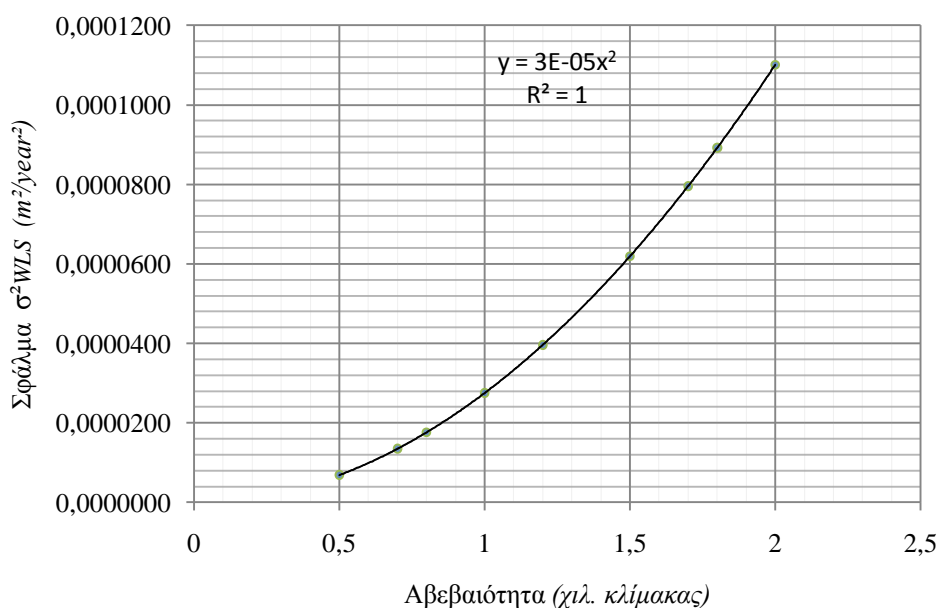
Συνεπώς, το σφάλμα στην τελική τιμή του ρυθμού μεταβολής για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας κατανέμεται εκθετικά στις περιπτώσεις υπολογισμού με EPR, AOR και WLS, σύμφωνα με τα κάτωθι διαγράμματα:



Διάγραμμα 3: Η κατανομή της τελική αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 1^η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 4: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 1^η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 5: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 1^η φάση υπολογισμών

Η τελική αβεβαιότητα στον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής, όταν αυτός υπολογιστεί με τις μεθόδους OLS και RLS παραμένει σταθερή και δεν επηρεάζεται από τις διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας. Αυτό συμβαίνει γιατί οι διαδικασίες υπολογισμού των μεθόδων αυτών, θεωρούν τα διαθέσιμα στοιχεία θέσης ισοβαρή (δεν επηρεάζονται από διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας που ορίζει ο μελετητής).

Συνεπώς, στα αρνητικά στοιχεία της μεθόδου RLS, εκτός από το γεγονός ότι απορρίπτει ενδεχόμενες ακραίες τιμές (που, όπως έχει αναφερθεί, στην περίπτωσή μας, επειδή υπάρχει περιορισμένος όγκος διαθέσιμων δεδομένων, αποτελεί μειονέκτημα), συνάμα θεωρεί τα δεδομένα ισοβαρή. Έτσι, οι τιμές που απομένουν δεν φιλτράρονται ως προς το σφάλμα τους, και τελικά, η τιμή του ρυθμού μεταβολής που προκύπτει δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη.

Επιπρόσθετα, αν και η μέθοδος OLS δεν κατανέμει βάρη στα διαθέσιμα δεδομένα, ωστόσο δεν απορρίπτει κάποια από αυτά. Έτσι, όλες οι γνωστές χρονικές θέσεις των ακτογραμμών συμβάλλουν ισοβαρώς στη διαδικασία υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής.

12.2 Υπολογισμοί με τη χρήση 6 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμής του 1972

Κατά τη δεύτερη φάση υπολογισμών, αφαιρέσαμε την ακτογραμμή του 1972, κλίμακας 1:50000. Έτσι, αποκλείοντας μία ακτογραμμή με μεγάλο αρχικό σφάλμα θέσης, εξετάστηκε η «συμπεριφορά» του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν όμοια με την αρχική· εφαρμόσαμε τις απλές και σύνθετες μεθόδους με το λογισμικό Shen, για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας κλίμακας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 6 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογραμμής 1972

Αρ.Εφ.	ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 6 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ (m/year)									
	Χλ.Της κλίμακας	EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS	WLAD
	11	0,5	-0,46199 σ: ±0,03165	-0,33464 ±0,066412	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,002625	-0,33723 ±0,002625
12	0,8	-0,46199 σ: ±0,050643	-0,33464 ±0,10626	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,0042	-0,33723 ±0,0042	0,325
13	1	-0,46199 σ: ±0,063304	-0,33464 ±0,13282	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,005251	-0,33723 ±0,005251	0,325
14	1,5	-0,46199 σ: ±0,094956	-0,33464 ±0,19924	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,007876	-0,33723 ±0,007876	0,325
15	2	-0,46199 σ: ±0,12661	-0,33464 ±0,26565	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,010501	-0,33723 ±0,010501	0,325
16	2,5	-0,46199 σ: ±0,15826	-0,33464 ±0,33206	-0,42484	-0,47013 ±0,000391	-0,43406	-0,92301 ±0,027283	-0,33723 ±0,013126	-0,33723 ±0,013126	0,325

Αποκλείοντας την ακτογραμμή του έτους 1972, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλο a priori σφάλμα θέσης, παρατηρούμε σημαντικές αλλαγές στα αποτελέσματα των μεθόδων AOR και AER, ενώ τα αποτελέσματα των υπόλοιπων μεθόδων δεν επηρεάζονται από τη μεταβολή αυτή στα δεδομένα.

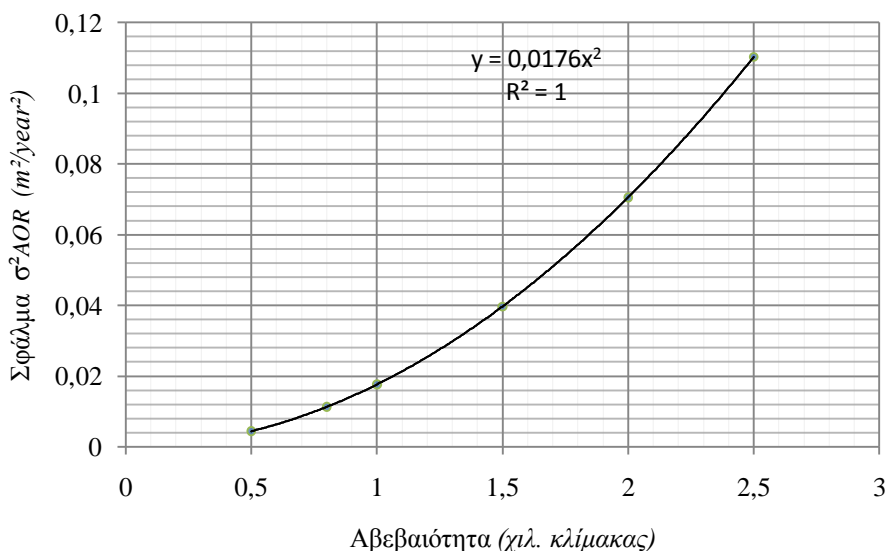
Πιο αναλυτικά, ο ρυθμός EPR παραμένει ίδιος, με το ίδιο τελικό σφάλμα, καθώς χρησιμοποιεί μόνο την πρώτη και την τελευταία χρονικά ακτογραμμές, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται από χρονικά ενδιάμεσες μεταβολές της ακτογραμμής.

Η μέθοδος AER, αποκλείοντας την ακτογραμμή με το μεγαλύτερο σφάλμα, εξάγει αποτελέσματα που συμβαδίζουν με αυτά των υπόλοιπων μεθόδων. Το γεγονός αυτό ελαχιστοποιεί την αξιοπιστία της μεθόδου αυτής, αφού διαπιστώνεται ότι είναι επιρρεπής σε μεγάλα σφάλματα και ενδεχόμενες ακραίες τιμές.

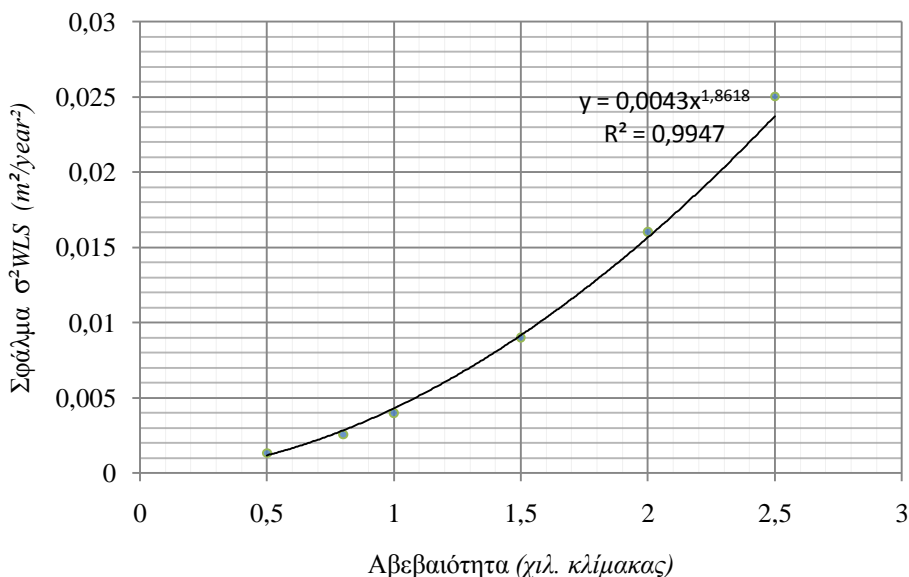
Η μέθοδος AOR, στην 2^η αυτή εφαρμογή του Shev, αποκλείοντας μία ακτογραμμή με μεγάλη αβεβαιότητα, υπολογίζει τη μεταβολή της με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, ενώ η χρήση 7 ακτογραμμών απέφερε a posteriori σφάλμα $\pm 0,22$ έως $\pm 1,82$ (ανάλογα με την αρχική αβεβαιότητα κλίμακας), η χρήση 6 ακτογραμμών, αποκλείοντας αυτήν του 1972, εξάγει ρυθμό μεταβολής με σφάλμα μεταξύ $\pm 0,06$ και $\pm 0,33$, απόκλιση σημαντικά μικρότερη.

Ο ρυθμός μεταβολής που υπολογίζεται με τη μέθοδο OLS, διαφέρει λίγο από αυτόν που προκύπτει με τη χρήση όλων των διαθέσιμων δεδομένων, χωρίς, όμως, να αλλάζει σημαντικά η τελική αβεβαιότητα του ρυθμού μεταβολής. Αυτό συμβαίνει επειδή οι παρατηρήσεις στη μέθοδο αυτή θεωρούνται ισοβαρείς. Συνεπώς, αφού ο τελικός ρυθμός μεταβολής δε διαφέρει σημαντικά από την προηγούμενη διαδικασία υπολογισμών (χρήση 7 ακτογραμμών), ήταν αναμενόμενο να μην διαφοροποιηθεί πολύ και το τελικό σφάλμα. Στα ίδια επίπεδα κινήθηκε και η JK, η οποία αποτελεί μία βελτιστοποιημένη εκδοχή της OLS.

Επίσης, οι μέθοδοι RLS, WLS και RWLS, δεν επηρεάζονται σημαντικά από το γεγονός του αποκλεισμού μίας ακτογραμμής σε ό,τι σχετίζεται με το τελικό σφάλμα θέσης, αφού το φιλτράρισμα των τιμών (RLS, RWLS) καθώς και η χρήση βαρών (WLS, RWLS) καθιστά τις μεθόδους αυτές λιγότερο επιρρεπείς σε μεγάλες αρχικές αβεβαιότητες και ακραίες τιμές. Τέλος, όπως και κατά την προηγούμενη εφαρμογή του Shev, έτσι και τώρα, τα αποτελέσματα του ρυθμού WLAD δεν συμβαδίζουν με αυτά που εξάγονται με τη χρήση των υπόλοιπων μεθόδων.



Διάγραμμα 6: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR: 2^η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 7: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 2^η φάση υπολογισμών

12.3 Υπολογισμός με τη χρήση 5 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμών του 1972 και 1991

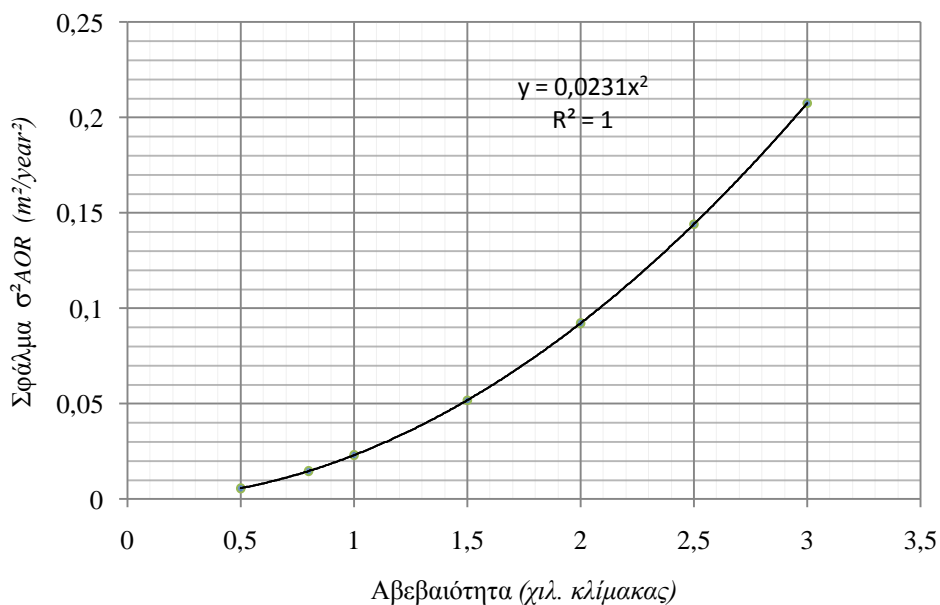
Κατά την τρίτη φάση υπολογισμών, εφαρμόσαμε τις απλές και σύνθετες μεθόδους μελέτης της εξέλιξης της ακτογραμμής, αποκλείοντας τις ακτογραμμές με τη μεγαλύτερη κλίμακα, και συνεπώς, με το μεγαλύτερο α priori σφάλμα θέσης. Έτσι, αφαιρώντας από τους υπολογισμούς την ακτογραμμή του 1972, κλίμακας 1:50000, και την ακτογραμμή του 1991, κλίμακας 1:8000, παρατηρήσαμε ότι η μέθοδος AER εξήγαγε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες εφαρμογές, ενώ οι υπόλοιπες μέθοδοι κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα, με μία ελαφριά προσαύξηση στην αβεβαιότητα της τελικής θέσης. Εξάιρεση αποτελεί η EPR, η οποία, από τη στιγμή που δε μεταβλήθηκαν η αρχική και η τελική ακτογραμμή, δεν εξήγαγε διαφορετικά αποτελέσματα.

Η μικρή αύξηση του α posteriori σφάλματος, οφείλεται στο γεγονός ότι, αφενός μειώθηκε ο (ήδη μικρός) όγκος των διαθέσιμων δεδομένων (AOR, OLS, RLS, WLS, RWLS), αφετέρου στις μεθόδους RLS και WLS, τα στοιχεία των ακτογραμμών αυτών (που χρησιμοποιήθηκαν τις δύο προηγούμενες φορές) συμβάδισαν με την ομαλή εξέλιξη της ακτογραμμής και δεν αντιμετωπίζονταν ως ακραίες τιμές. Έτσι, ο αποκλεισμός τους, επηρέασε τα τελικά αποτελέσματα αυξάνοντας σε έναν μικρό βαθμό το τελικό σφάλμα. Αναλυτικότερα, τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται παρακάτω:

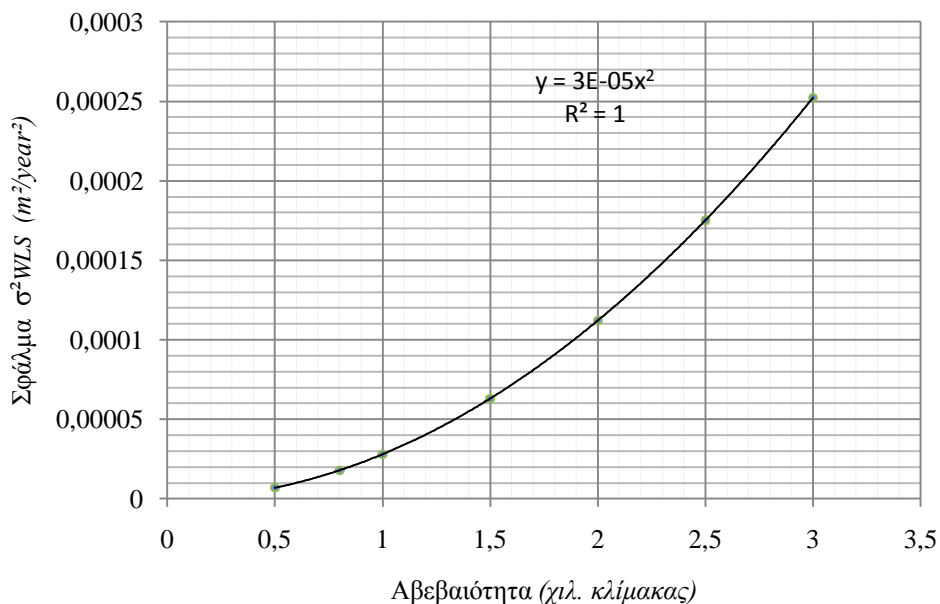
Πίνακας 3: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 5 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογρ. 1972 και 1991

Αρ.Εφ.	ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ Χιλ.Της κλίμακας	ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 5 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ (m/year)								
		EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS	WLAD
17	0,5	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,031652	±0,075934		±0,000503		±0,031979	±0,002647	±0,002647	
18	0,8	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,050642	±0,12149		±0,000503		±0,031979	±0,004236	±0,004236	
19	1	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,063304	±0,15187		±0,000503		±0,031979	±0,005295	±0,005295	
20	1,5	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,094956	±0,2278		±0,000503		±0,031979	±0,007942	±0,007942	
21	2	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,12661	±0,30374		±0,000503		±0,031979	±0,010589	±0,010589	
22	2,5	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,15826	±0,37967		±0,000503		±0,031979	±0,013236	±0,013236	
23	3	-0,46199	-0,48298	-0,62846	-0,46766	-0,42954	-0,93474	-0,34159	-0,34159	0,325
	σ:	±0,18991	±0,45561		±0,000503		±0,031979	±0,015884	±0,015884	

Τα αντίστοιχα διαγράμματα που παρουσιάζουν τη σχέση της αβεβαιότητας με το τελικό σφάλμα για τις μεθόδους AOR και WLS (και RWLS) παρουσιάζονται παρακάτω.



Διάγραμμα 8: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 3^η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 9: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 3^η φάση υπολογισμών

12.4 Υπολογισμός με τη χρήση 5 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμών του 1972 και 1932

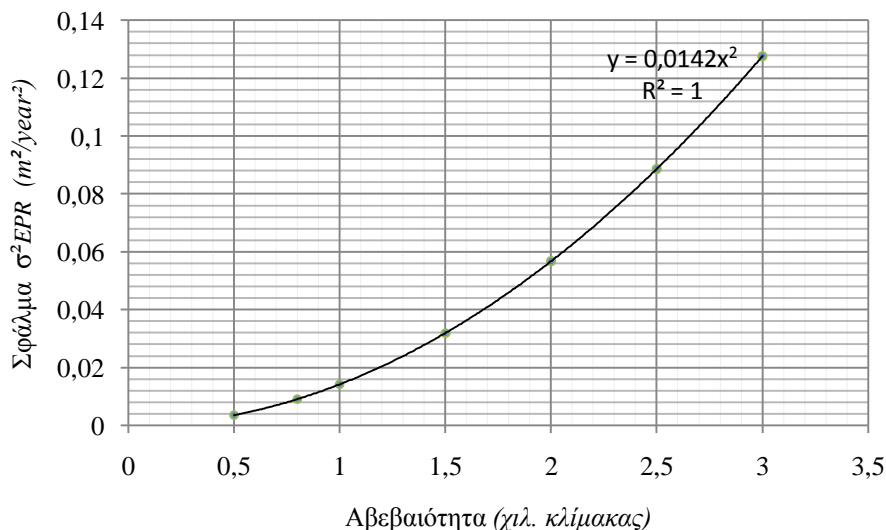
Κατά την 4^η φάση υπολογισμών, χρησιμοποιήσαμε όλες τις διαθέσιμες ακτογραμμές, αποκλείοντας την ακτογραμμή του 1972, η οποία έχει και το μεγαλύτερο σφάλμα, καθώς και εκείνη του 1932, η οποία, αν και η κλίμακά της δεν είναι μεγάλη (γεγονός που δεν μεγιστοποιεί την αρχική αβεβαιότητα), ωστόσο ενδέχεται να «περικλείει» κάποιο σημαντικό σφάλμα, αφού δεν είναι γνωστές οι μέθοδοι κατά τις οποίες οι Ιταλοί την αποτύπωσαν το 1932 για το Κτηματολόγιο το οποίο οι ίδιοι ίδρυσαν τότε στο νησί της Ρόδου. Συνεπώς, χωρίς να είναι γνωστή η εμπειρία του μηχανικού κατά την αποτύπωση της ακτογραμμής και το σφάλμα του θεοδόλιχου που χρησιμοποιήθηκε, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η ακτογραμμή του 1932 επιφέρει σφάλμα πολύ μεγαλύτερο από αυτό που ουσιαστικά αντιστοιχεί σε μία κλίμακα 1:5000. Για τους λόγους αυτούς, αποκλείσαμε και την ακτογραμμή αυτή, και εξετάσαμε τα εξαγόμενα σφάλματα στους υπολογισθέντες ρυθμούς μεταβολής, όπως αυτοί υπολογίστηκαν με τις απλές και σύνθετες μεθόδους, τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και στις προηγούμενες φάσεις υπολογισμών.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε ό,τι αφορά στον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής, είναι τελείως διαφορετικά σε σχέση με τους ρυθμούς μεταβολής που υπολογίστηκαν κατά τις προηγούμενες φάσεις/εφαρμογές του Shev. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι απομακρύνθηκε μία ακτογραμμή πολλών ετών πριν, η οποία μας παρείχε σημαντικές πληροφορίες για την διαχρονική εξέλιξη της ακτογραμμής. Είναι φυσιολογικό, λοιπόν, να αναμένουμε μεγαλύτερο θόρυβο στο τελικό αποτέλεσμα, αφού χρησιμοποιούνται πλέον δεδομένα των τελευταίων 42 ετών, σε σχέση με τις προηγούμενες φάσεις υπολογισμών, όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα 79 ετών.

Πίνακας 4: Οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής – Χρήση 5 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτογρ. 1972 και 1932

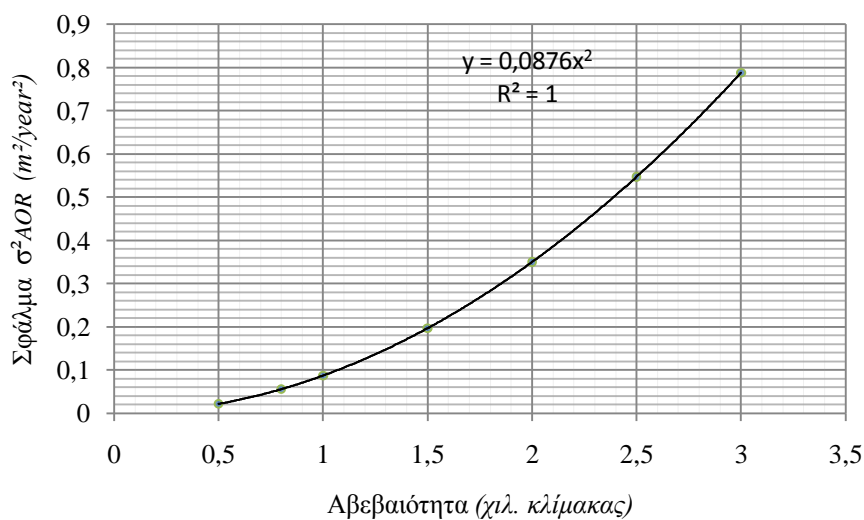
Αρ.Εφ.	ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ Χιλ.Της κλίμακας	ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 5 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ (m/year)								
		EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS	WLAD
24	0,5	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,059536	±0,14795		±0,00113		±0,029259	±0,004507	±0,004543	
25	1	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,11907	±0,29591		±0,00113		±0,029259	±0,009014	±0,009086	
26	1,5	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,17861	±0,44386		±0,00113		±0,029259	±0,013521	±0,013629	
27	2	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,23814	±0,59182		±0,00113		±0,029259	±0,018027	±0,018172	
28	2,5	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,29768	±0,73977		±0,00113		±0,029259	±0,022534	±0,022715	
29	0,8	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,095257	±0,23673		±0,00113		±0,029259	±0,007211	±0,007269	
30	3	-0,28717	-0,18256	-0,36594	-0,12123	-0,09849	-0,1817	-0,09429	-0,10061	-0,035
	σ:	±0,35721	±0,88772		±0,00113		±0,029259	±0,027041	±0,027258	

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, συμπεραίνουμε ότι το τελικό σφάλμα θέσης, που υπολογίζει η μέθοδος EPR, είναι κατά πολύ μικρότερο. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν χρησιμοποιηθεί δύο ακτογραμμές (1969 και 2011) με την ίδια θεωρητική ακρίβεια σε σχέση με τις 3 προηγούμενες φάσεις (που χρησιμοποιούσαν τις 1932 και 2011), αφού η κλίμακα της ακτογραμμής του 1969 είναι όμοια με αυτήν του 1932. Έτσι, μειώνοντας την χρονική απόκλιση των διαθέσιμων ακτογραμμών, μειώνεται και ο τελικός θόρυβος στο ρυθμό μεταβολής.



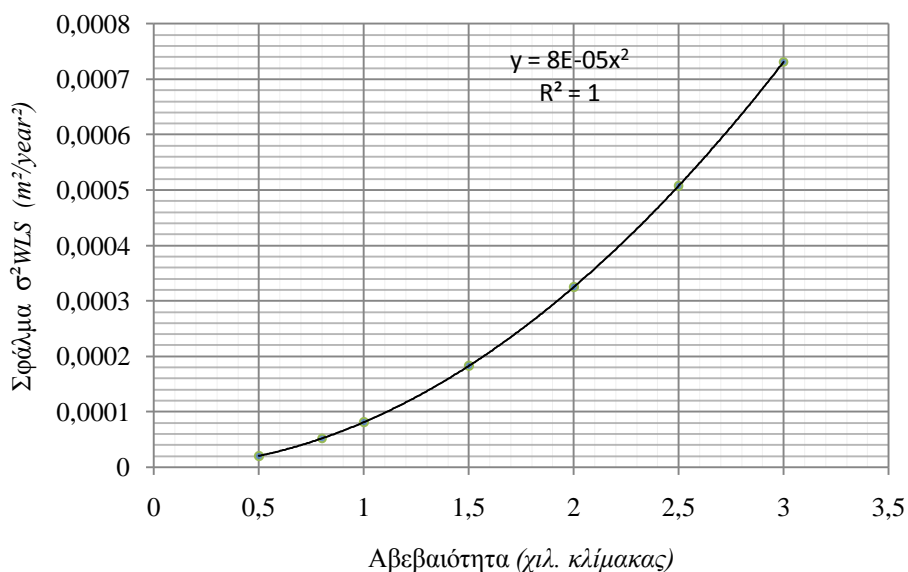
Διάγραμμα 10: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR· 4^η φάση υπολογισμών

Αποκλείοντας τις ακτογραμμές του 1932 και του 1972, η μέθοδος AER εξάγει αποτέλεσμα τελείως διαφορετικό σε σχέση με τις προηγούμενες εφαρμογές, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο αυτή επιρρεπή στα σφάλματα που οφείλονται στον όγκο των δεδομένων και στις αρχικές αβεβαιότητες, ενώ παράλληλα, η μέθοδος AOR εξάγει μεγαλύτερο θόρυβο στον προσδιορισμό του τελικού ρυθμού μεταβολής. Αυτό συμβαίνει επειδή, η αποκοπή της ακτογραμμής του 1932, η οποία απέχει χρονικά πολλά έτη από τις υπόλοιπες ακτογραμμές, συνεπάγεται το γεγονός ότι πολλοί συνδυασμοί των υπόλοιπων διαθέσιμων ακτογραμμών με την ακτογραμμή του 1932, οι οποίοι ικανοποιούσαν (λόγω μεγάλου ΔT) το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου, δεν συμπεριλαμβάνονται πλέον στους υπολογισμούς. Έτσι, μειώθηκε σε αυτήν την περίπτωση ο όγκος των δεδομένων, και κατά συνέπεια, αυξήθηκε ο θόρυβος στον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής.



Διάγραμμα 11: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· 4^η φάση υπολογισμών

Επιπρόσθετα, το τελικό σφάλμα θέσης που υπολογίζει η μέθοδος RLS, είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με τις προηγούμενες φάσεις υπολογισμών, ενώ στις μεθόδους WLS και RWLS αυξήθηκε σημαντικά. Η κατανομή βαρών σε ένα περιορισμένο εύρος δεδομένων (WLS, RWLS) εμπεριέχει την πιθανότητα σφάλματος, ιδιαίτερα όταν τα δεδομένα αυτά φιλτράρονται και ορισμένα εξ' αυτών απομακρύνονται (RWLS). Συνεπώς, η ελάττωση των δεδομένων αυτών, και κυρίως μίας ακτογραμμής που παρέχει σημαντικά στοιχεία μίας διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής, σε συνδυασμό με την κατανομή βαρών σε παρατηρήσεις που πλησιάζουν χρονικά μεταξύ τους, είναι αναμενόμενο ότι θα αυξήσει το θόρυβο του τελικού ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής. Έτσι, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται δεδομένα που δεν αφορούν πολλά χρόνια πριν, είναι προτιμότερη η χρήση της μεθόδου OLS, η οποία θεωρεί τις παρατηρήσεις ισοβαρείς, και η οποία, τελικά, έχει αισθητά μικρότερο θόρυβο στα αποτελέσματα που εξάγει.



Διάγραμμα 12: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· 4^η φάση υπολογισμών

Τέλος, η μέθοδος WLAD, δεν επηρεάζεται ούτε από την αλλαγή αυτή στα δεδομένα που συμμετέχουν στους υπολογισμούς, καθώς, όπως έχει προαναφερθεί, καθοριστικός παράγοντας για την ορθή λειτουργία της μεθόδου αυτής είναι ο ακριβής προσδιορισμός των παραμέτρων που ορίζει την ευθεία στην οποία προσαρμόζονται καλύτερα τα δεδομένα. Έτσι, σε επόμενο κεφάλαιο, θα τεκμηριώσουμε τη θέση αυτή, μέσα από ορισμένες αλλαγές που πραγματοποιήσαμε στον κώδικα του Shen, και οι οποίες αναφέρονται στη διεύρυνση του πίνακα από τον οποίο αναζητούνται οι άγνωστες παράμετροι που χρησιμοποιεί η μέθοδος WLAD.

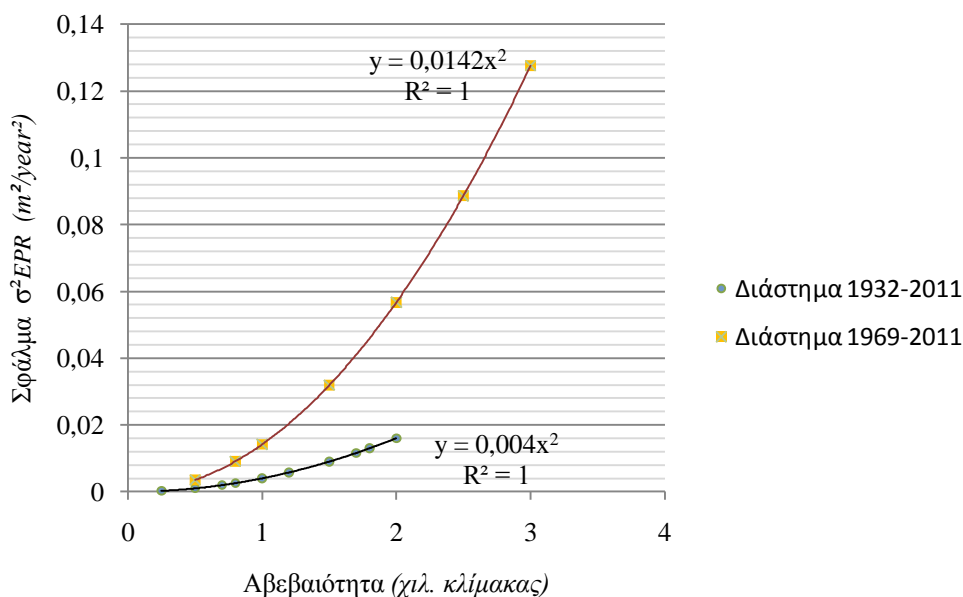
12.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής Αφάντου, όπως αυτοί υπολογίστηκαν με τη χρήση των διαφορετικών μεθόδων, ως μία συγκεντρωτική καταγραφή τους, ενώ στα ακόλουθα διαγράμματα απεικονίζεται η κατανομή του θορύβου (τετραγωνικού σφάλματος θέσης) σε σχέση με τις διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας που ορίστηκαν στις 4 φάσεις υπολογισμών που αναλύθηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας του ρυθμού μεταβολής για όλες τις μεθόδους κατά τις 4 φάσεις υπολογισμών

ΜΕΘΟΔΟΣ	7 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	6 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	5 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	5 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ
	ΟΛΕΣ ΟΙ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ 1972	ΧΩΡΙΣ ΤΙΣ 1972 & 1991	ΧΩΡΙΣ ΤΙΣ 1932 & 1972
EPR	-0,462	-0,462	-0,462	-0,287
AOR	-0,441	-0,335	-0,483	-0,183
AER	-0,194	-0,425	-0,628	-0,366
OLS	-0,493	-0,470	-0,468	-0,121
JK	-0,483	-0,434	-0,430	-0,098
RLS	-0,923	-0,923	-0,935	-0,182
WLS	-0,338	-0,337	-0,342	-0,094
RWLS	-0,338	-0,337	-0,342	-0,101
WLAD	0,325	0,325	0,325	-0,035

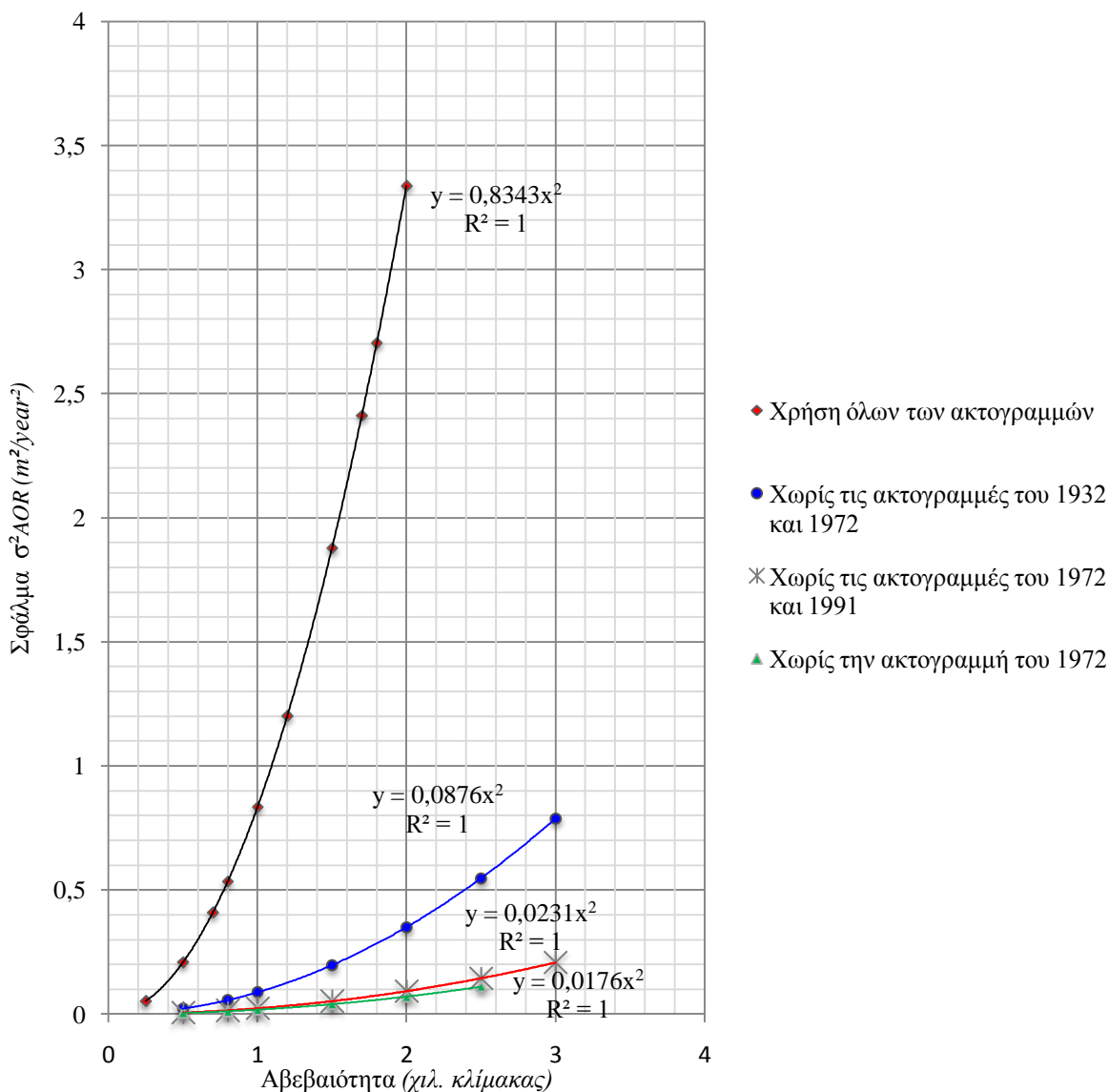
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η κατανομή του τετραγωνικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής, συναρτήσει της αβεβαιότητας κλίμακας.



Διάγραμμα 13: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο EPR· αποτελέσματα 1^{ης} και 4^{ης} φάσης υπολογισμών

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι η απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1932, συμβάλλει στην αύξηση του θορύβου του τελικού ρυθμού μεταβολής. Διαπιστώνουμε, δηλαδή, πως ο περιορισμός του χρονικού εύρους των χρησιμοποιούμενων ακτογραμμών, στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, συμβάλλει σε μεγαλύτερο σφάλμα του υπολογισθέντος ρυθμού μεταβολής.

Στο παρακάτω διάγραμμα 14 απεικονίζεται συγκεντρωτικά η κατανομή του τετραγωνικού σφάλματος συναρτήσει της αβεβαιότητας κλίμακας, όπως αυτό υπολογίστηκε στις 4 φάσεις υπολογισμών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο AOR.

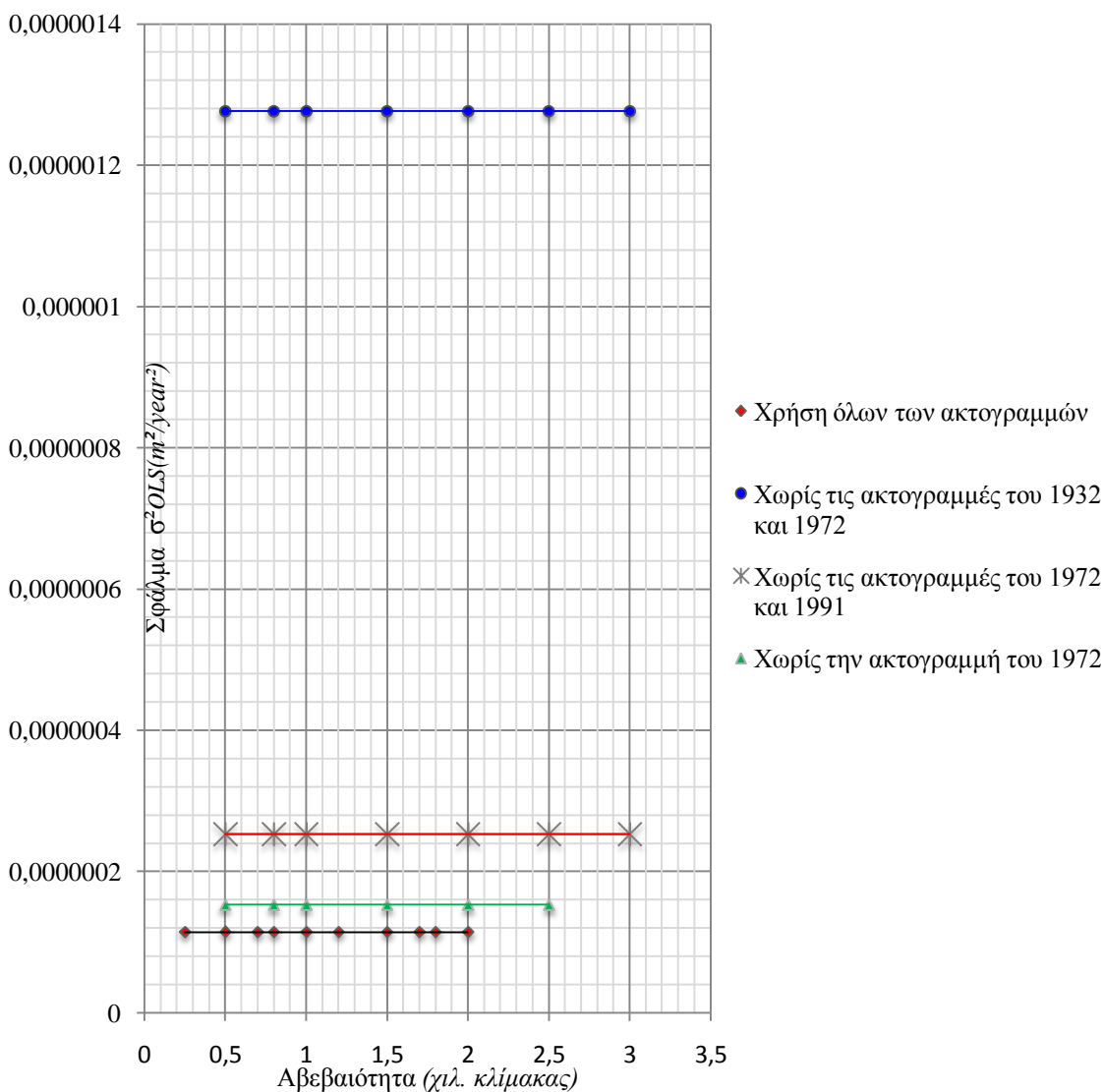


Διάγραμμα 14: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR· όλες οι φάσεις υπολογισμών. Από την παραπάνω συγκεντρωτική απεικόνιση των σφαλμάτων του ρυθμού μεταβολής, διαπιστώνουμε ότι η μέθοδος AOR επηρεάζεται από τα αριστερά σφάλματα θέσης, ειδικά όταν αυτά αναφέρονται σε παλιές ακτογραμμές (όπου το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου θα ικανοποιηθεί πιο εύκολα), ενώ παράλληλα, εξάγει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται μεγάλος όγκος δεδομένων.

Επιπρόσθετα, το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου αποδεικνύεται ανεπαρκές, καθώς στις περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται σε ακτογραμμές παλιές και με σχετικά καλή ακρίβεια, ενδέχεται να εισάγει σφάλμα (αφού θα έχει ικανοποιηθεί το κριτήριο) το οποίο δεν οφείλεται στην

κλίμακα, αλλά στις συνθήκες αποτύπωσης της παλιάς ακτογραμμής. Συνεπώς, για να θεωρηθεί αξιόπιστος ο ελάχιστος χρόνος ως κριτήριο, πρέπει να συνδυάζεται με την εμπειρία του μελετητή σχετικά τον προσδιορισμό της αρχικής αβεβαιότητας των ακτογραμμών στις οποίες εφαρμόζεται.

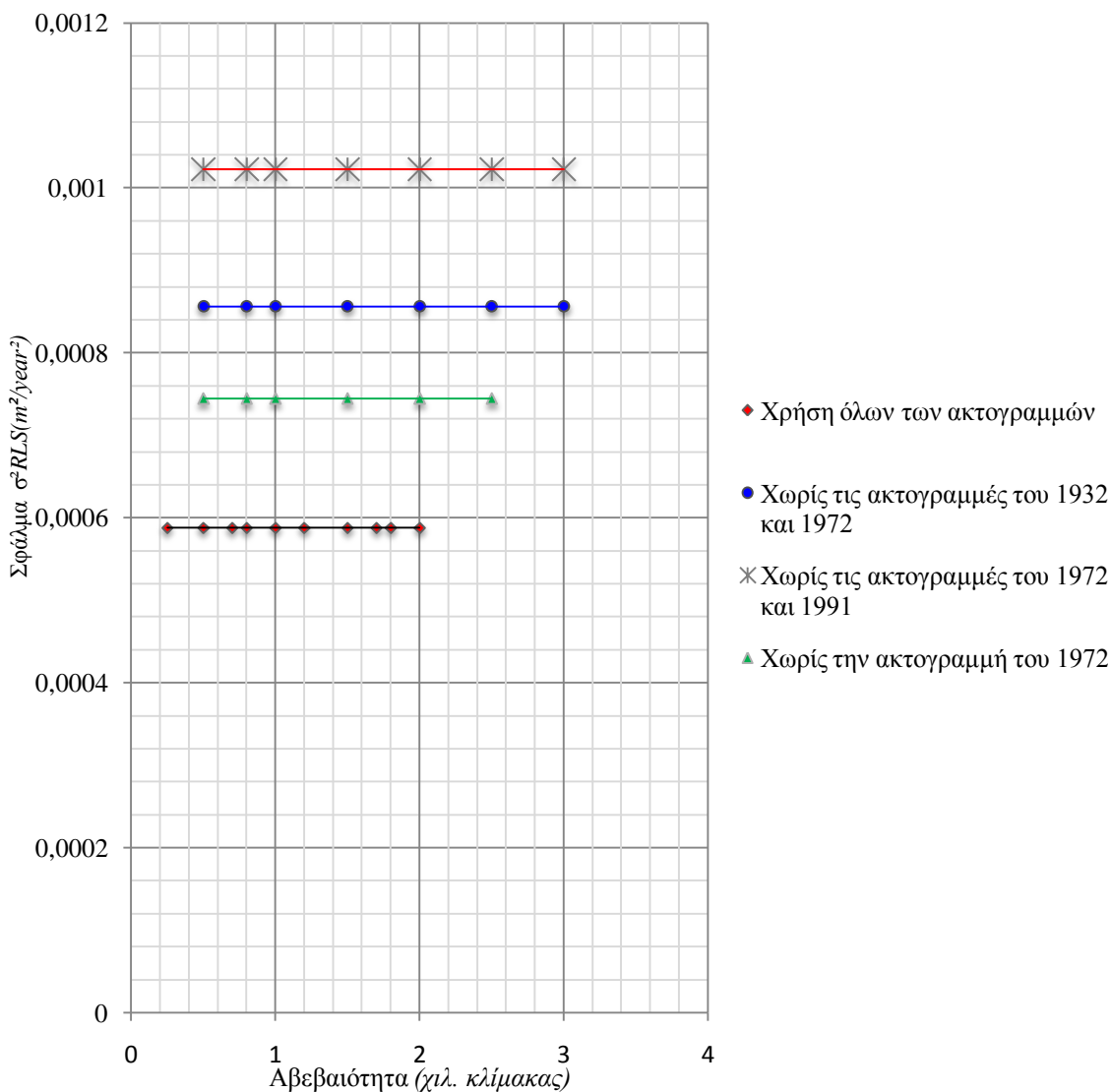
Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται συγκεντρωτικά η κατανομή του τετραγωνικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής, όπως αυτό υπολογίστηκε με τη μέθοδο OLS, συναρτήσει της αβεβαιότητας κλίμακας.



Διάγραμμα 15: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο OLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών

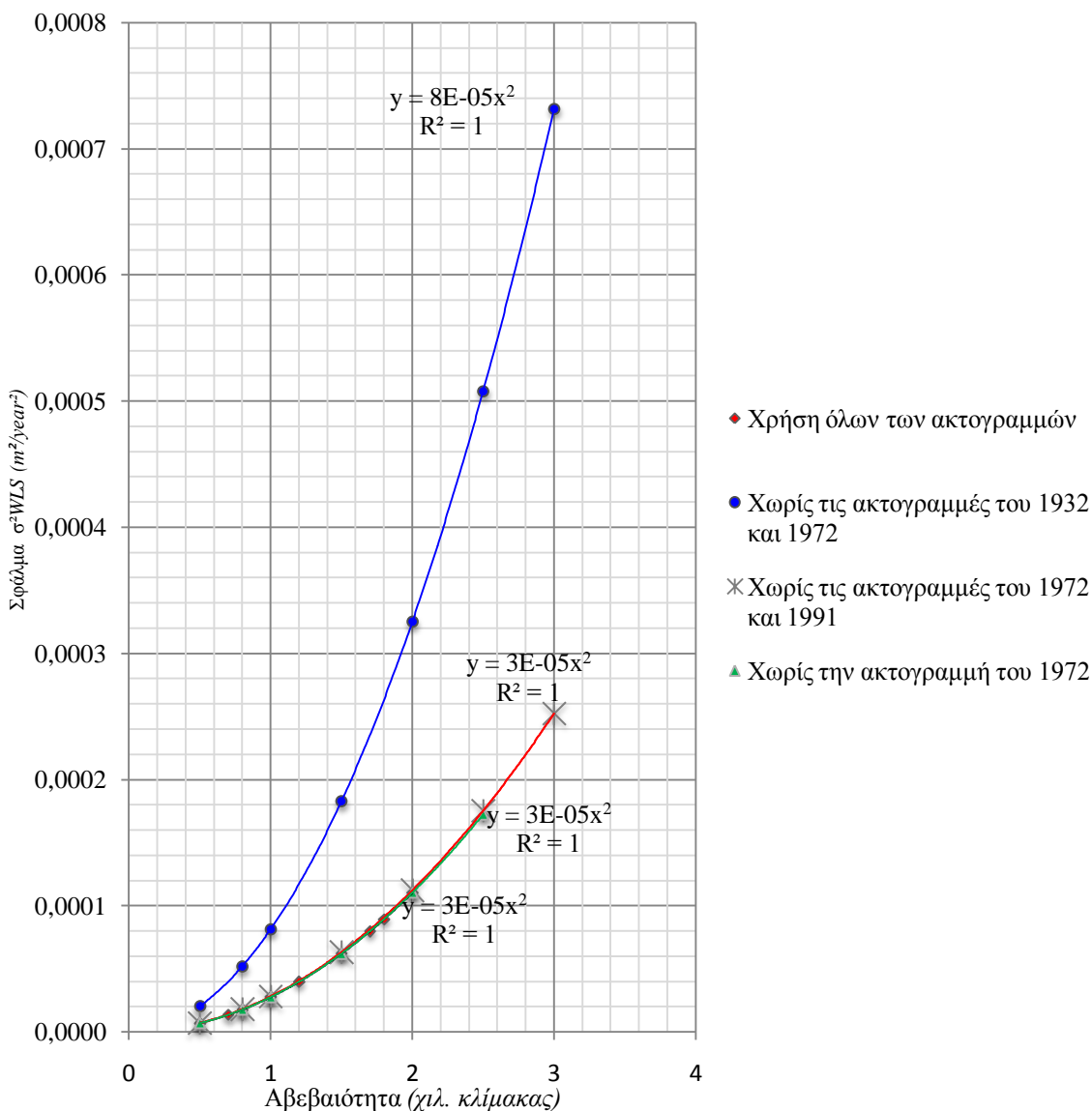
Από το παραπάνω διάγραμμα, διαπιστώνουμε ότι η μέθοδος OLS εξάγει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα, με μικρότερο θόρυβο, εάν χρησιμοποιείται μεγάλος όγκος δεδομένων ο οποίος να αναφέρεται σε μία μακρά περίοδο εξέλιξης, απαλλαγμένος από χρονικές θέσεις ακτογραμμής με μεγάλη αβεβαιότητα.

Επιπρόσθετα, από το διάγραμμα 16, συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος RLS, η οποία φιλτράρει τα διαθέσιμα δεδομένα, αναζητώντας και απομακρύνοντας ακραίες τιμές, ενδείκνυται μόνο στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλος όγκος διαθέσιμων δεδομένων.



Διάγραμμα 16: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο RLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών

Τέλος, στο διάγραμμα 17, απεικονίζεται η κατανομή του τετραγωνικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής, όπως αυτό υπολογίζεται με τις μεθόδους WLS και RWLS (το οποίο τυγχάνει να είναι σχεδόν όμοιο· αυτός είναι και ο λόγος που ταυτίσαμε το σφάλμα των δύο αυτών μεθόδων), συναρτήσει της αβεβαιότητας κλίμακας. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι οι μέθοδοι αυτοί επηρεάζονται σημαντικά εάν μεταβληθεί το χρονικό εύρος μελέτης μίας ακτογραμμής. Έτσι, διαπιστώνουμε πως, η απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1972, ή της ακτογραμμής του 1991, δε μεταβάλλει σημαντικά τον θόρυβο του τελικού ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής. Όταν, όμως, απομακρύνουμε και την ακτογραμμή του 1932, ελαττώνοντας τα έτη μελέτης από 79 σε 42, ο θόρυβος του τελικού ρυθμού μεταβολής αυξήθηκε σημαντικά.



Διάγραμμα 17: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS· όλες οι φάσεις υπολογισμών

12.6 Σύγκριση της μεταβολής του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής σε σχέση με τη μεταβολή του τελικού σφάλματος

Προκειμένου να αποκτήσουμε μία καλύτερη εικόνα σχετικά με τη συμπεριφορά του τελικού σφάλματος θέσης συναρτήσει της μεταβολής της τιμής του ρυθμού μεταβολής, κατά την απομάκρυνση χρονικά ακραίων ακτογραμμών, πινακοποιήσαμε τις μεταβολές αυτές εκφρασμένες σε ποσοστιαίες μονάδες. Έτσι, θεωρώντας ως τιμή αναφοράς τον ρυθμό μεταβολής που προκύπτει με τη χρήση κάθε μίας από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους για τις 7 ακτογραμμές, καθώς και το αντίστοιχο a posteriori σφάλμα του, υπολογίσαμε τους λόγους της αντίστοιχης τιμής του ρυθμού μεταβολής, όπως προκύπτει μετά από την αφαίρεση των χρονικά ενδιάμεσων ακτογραμμών του 1972 και 1991, και στη συνέχεια της ακτογραμμής του 1932, για κάθε μέθοδο, προς την τιμή αναφοράς. Κατά όμοιο τρόπο ενεργήσαμε και στα σφάλματα. Με δεδομένο ότι η τιμή του ρυθμού δε μεταβάλλεται με τις μεταβολές της αρχικής αβεβαιότητας

κλίμακας, καθώς και το γεγονός ότι η ποσοστιαία μεταβολή του σφάλματος για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας παρέμενε σταθερή (πίνακας 7), τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται σε μία αρχική αβεβαιότητα θέσης 1mm της κλίμακας.

Πίνακας 6: Η μεταβολή του τελικού σφάλματος σε σχέση με τη μεταβολή του ρυθμού μεταβολής

EPR							
<i>α.κ.:</i> <i>1mm</i>	EPR1 7 AKT	EPR2 6 AKT (X. 1972)	EPR3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	EPR4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	EPR2/EPR1	EPR3/EPR1	EPR4/EPR1
P.M.:	-0,46199	-0,46199	-0,46199	-0,28717	1,00	1,00	0,62
σ	±0,063304	±0,063304	±0,063304	±0,11907	1,00	1,00	1,88

AOR							
<i>α.κ.:</i> <i>1mm</i>	AOR1 7 AKT	AOR2 6 AKT (X. 1972)	AOR3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	AOR4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	AOR2/AOR1	AOR3/AOR1	AOR4/AOR1
P.M.:	-0,44101	-0,33464	-0,48298	-0,18256	0,76	1,10	0,41
σ	±0,91341	±0,13282	±0,15187	±0,29591	0,15	0,17	0,32

OLS							
<i>α.κ.:</i> <i>1mm</i>	OLS1 7 AKT	OLS2 6 AKT (X. 1972)	OLS3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	OLS4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	OLS2/OLS1	OLS3/OLS1	OLS4/OLS1
P.M.:	-0,49282	-0,47013	-0,46766	-0,12123	0,95	0,95	0,25
σ	±0,00033816	±0,00039092	±0,00050268	±0,0011298	1,16	1,49	3,34

RLS							
<i>α.κ.:</i> <i>1mm</i>	RLS 7 AKT	RLS2 6 AKT (X. 1972)	RLS3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	RLS4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	RLS2/RLS1	RLS3/RLS1	RLS4/RLS1
P.M.:	-0,92294	-0,92301	-0,93474	-0,1817	1,00	1,01	0,20
σ	±0,024243	±0,027283	±0,031979	±0,029259	1,13	1,32	1,21

WLS / RWLS							
<i>α.κ.:</i> <i>1mm</i>	WLS1 7 AKT	WLS2 6 AKT (X. 1972)	WLS3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	WLS4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	WLS2/WLS1	WLS3/WLS1	WLS4/WLS1
P.M.:	-0,33769	-0,33723	-0,34159	-0,094291	1,00	1,01	0,28
σ	±0,0052463	±0,0052505	±0,0052945	±0,0090137	1,00	1,01	1,72

Από τον παραπάνω πίνακα εύκολα παρατηρούμε πως η μεταβολή του ρυθμού μεταβολής κατά τον αποκλεισμό κάποιων από τις διαθέσιμες ακτογραμμές συνεπάγεται με αύξηση του τελικού θορύβου σε όλες τις μεθόδους, εκτός από την AOR όπου παρατηρείται μείωση, χωρίς ωστόσο να ακολουθείται κάποια συγκεκριμένη κατανομή. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη μέθοδο OLS, η απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1932 συμβάλλει στον τριπλασιασμό του αρχικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής. Στις υπόλοιπες μεθόδους, αν και ο αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1932 από τη διαδικασία υπολογισμών μπορεί να επιφέρει μεταβολή στο σήμα του ρυθμού μεταβολής έως και 80% (όπως συμβαίνει στην RLS), ωστόσο η μεταβολή του τελικού σφάλματος δεν υπερβαίνει το 88% (EPR). Συνεπώς, η μέθοδος OLS, παρόλο που χρησιμοποιεί όλη τη διαθέσιμη γεωπληροφορία, κατά τη μελέτη της παραλίας Αφάντου, φαίνεται να επηρεάζεται περισσότερο από τον περιορισμό του χρονικού εύρους των χρησιμοποιηθέντων ακτογραμμών, ως προς την αύξηση του a posteriori σφάλματος θέσης.

Πίνακας 7: Η μεταβολή του σφάλματος σε σχέση με τη μεταβολή του σήματος του ρυθμού, κατά τη μέθοδο WLS και RWLS για διαφορετικές τιμές αβεβαιότητας

		WLS / RWLS						
A.K.		WLS1 7 AKT	WLS2 6 AKT (X. 1972)	WLS3 5 AKT (X. 1972 & 1991)	WLS4 5 AKT (X. 1972 & 1932)	WLS2/WLS1	WLS3/WLS1	WLS4/WLS1
0,5	P.M.:	-0,33769	-0,33723	-0,34159	-0,094291	1,00	1,01	0,28
	σ	±0,0026232	±0,0026253	±0,0026473	±0,0045068	1,00	1,01	1,72
1	P.M.:	-0,33769	-0,33723	-0,34159	-0,094291	1,00	1,01	0,28
	σ	±0,0052463	±0,0052505	±0,0052945	±0,0090137	1,00	1,01	1,72
1,5	P.M.:	-0,33769	-0,33723	-0,34159	-0,094291	1,00	1,01	0,28
	σ	±0,0078695	±0,0078758	±0,0079418	±0,013521	1,00	1,01	1,72

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η μεταβολή του σφάλματος στις μεθόδους WLS και RWLS παραμένει ανεξάρτητη από την μεταβολή της αρχικής αβεβαιότητας (πίνακας 7). Έτσι, ενώ στις υπόλοιπες μεθόδους που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα, δεν υπάρχει μεταβολή του σφάλματος συναρτήσει της αύξησης της αβεβαιότητας, στις μεθόδους που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα με βάρη, ο αποκλεισμός μίας χρονικά ενδιάμεσης διαθέσιμης ακτογραμμής, αφενός δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο σήμα του τελικού ρυθμού μεταβολής και στο σφάλμα του, αφετέρου, η απομάκρυνση της ακραίας χρονικά ακτογραμμής του 1932 συμβάλλει στην μεταβολή του ρυθμού μεταβολής κατά 72 % και στην ποσοστιαία μεταβολή του τελικού θορύβου κατά το ίδιο ποσοστό. Εντούτοις, η μεταβολή του σφάλματος δείχνει ανεπηρέαστη από την αύξηση ή μείωση της αβεβαιότητας κλίμακας.

12.7 Εφαρμογή της μεθόδου WLAD για διαφορετικά εύρη τιμών των παραμέτρων b_0 και b_1

Στη μέθοδος WLAD, όπως συμβαίνει και στην απλούστερη μέθοδο LAD, αναζητείται η καλύτερη ευθεία που προσαρμόζεται στα διαθέσιμα δεδομένα. Οπότε, στην παραδοχή ότι τα σφάλματα στην LAD κατανέμονται γραμμικά, δηλαδή

$$f(x_i) = b_1 x_i + b_0 \quad (\text{Εξ. 12.1})$$

Τότε αναζητούνται οι παράμετροι b_1 (κλίση) και b_0 (σταθερός όρος) που ελαχιστοποιούν το άθροισμα

$$S = \sum_{i=1}^n |y_i - f(x_i)| \quad (\text{Εξ. 12.2})$$

Όπου,

x_i η χρονική διαφορά δύο διαθέσιμων ακτογραμμών και

$f(x_i)$ η μεταξύ τους απόσταση

Η αναζήτηση των παραμέτρων αυτών πραγματοποιείται από ένα εύρος τιμών που ορίζεται από τον μελετητή και με καθορισμένο βήμα αύξησης κατά την αναζήτηση. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται τη χρήση σύγχρονων υπολογιστών για την εφαρμογή των μεθόδων αυτών, προκειμένου να οριστεί ένα μεγάλο εύρος τιμών και ένα πολύ μικρό βήμα αύξησης. Παρά όλ' αυτά, προκειμένου να αποδειχθεί η περαιτέρω αναξιοπιστία της μεθόδου WLAD σε ό,τι αναφέρεται στα αποτελέσματα που εξήγαγε στην παρούσα μελέτη, λόγω των τεχνικών δυσκολιών που αναφέρθηκαν πώς αντιμετωπίσαμε, εφαρμόσαμε τη μέθοδο αυτή, εκτός από το εύρος τιμών που ορίζεται από το λογισμικό Shen, για τρία διαφορετικά εύρη τιμών με διαφορετικά βήματα αύξησης. Έτσι, με δεδομένη αβεβαιότητα κλίμακας 0,5 χιλιοστά της εκάστοτε κλίμακας της διαθέσιμης γεωπληροφορίας, και χρησιμοποιώντας και τις 7 ακτογραμμές, τα αποτελέσματα εφαρμογής της WLAD για διαφορετικά εύρη τιμών των άγνωστων παραμέτρων, παρουσιάζονται στον πίνακα παρακάτω:

Πίνακας 8: Η εφαρμογή της WLAD για διαφορετικά εύρη τιμών των άγνωστων παραμέτρων

	<u>Από</u>	<u>Έως</u>	<u>Βήμα</u>	P.M. (WLAD) (m/year)
b1	-2	2	0,005	0,325
b0	-250	250	1	
b1	-2	2	0,005	0,23
b0	-250	250	0,5	
b1	-2	2	0,005	0,125
b0	-500	500	0,8	
b1	-3	3	0,005	0,23
b0	-1000	1000	0,5	

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων εξαρτάται, αφενός από την εμπειρία του μελετητή στον καθορισμό του εύρους των τιμών των άγνωστων παραμέτρων, αφετέρου, στη διαθεσιμότητα υπολογιστικών μηχανημάτων εφοδιασμένα με αρκετή μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) που να δύναται να εκτελέσουν έναν μεγάλο όγκο υπολογισμών.

Επιπρόσθετα, η χρήση δύο παραμέτρων, πραγματοποιήθηκε με δεδομένη την γραμμική κατανομή των σφαλμάτων. Έτσι, στην περίπτωση παραδοχής εκθετικής μεταβολής αυτών, θα έπρεπε να αναζητηθούν τρεις παράμετροι, γεγονός που θα αύξανε το επίπεδο δυσκολίας των υπολογισμών, όσο και την προϋπόθεση εφαρμογής τους από έναν έμπειρο μελετητή.

13 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ BINNING ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΦΑΝΤΟΥ

Η μέθοδος Binning, υπολογίζει επί μέρους ρυθμούς μεταβολής για διαφορετικούς συνδυασμούς διατομών, εφαρμόζοντας ένα πλαίσιο το οποίο ξεκινά αποτελούμενο από 4 διατομές και καταλήγει να συμπεριλαμβάνει το ήμισυ των σχεδιασθέντων διατομών. Έτσι, εφαρμόζοντας συνεχώς στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των ρυθμών μεταβολής, χρησιμοποιώντας το student t-test, ομαδοποιεί τα αποτελέσματα και εξάγει ρυθμούς που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο αριθμό διατομών (οι οποίες φαίνεται να παρουσιάζουν μία κοινή «τάση»).

Στην παρούσα εργασία, η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία υπολογισμών που εφήρμοσε η Binning ήταν η OLS, αφού η απλή μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων θεωρεί τις διαθέσιμες παρατηρήσεις ισοβαρείς. Έτσι, έχοντας έναν περιορισμένο όγκο δεδομένων, και χωρίς να υπάρχει η ευχέρεια αποκλεισμού τιμών, θεωρώντας αυτές ως ακραίες, η μέθοδος OLS χρησιμοποιεί όλα τα δεδομένα, παρέχοντας ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

13.1 Εφαρμογή της binning για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών

Η μέθοδος Binning εφαρμόστηκε για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών, προκειμένου να κρίνουμε τελικά το βαθμό κατά τον οποίο αυτή επηρεάζεται από την προσθήκη ή τον αποκλεισμό γεωπληροφορίας. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εφαρμογές: η 1^η αφορούσε τη χρήση όλων των διαθέσιμων ακτογραμμών, στη 2^η αποκλείστηκε η ακτογραμμή του 1972 (κλίμακας 1:50000), κατά την 3^η εφαρμογή αποκλείστηκαν οι ακτογραμμές του 1972 και του 1991 (που είχαν τη μεγαλύτερη αρχική αβεβαιότητα), και στην 4^η εφαρμογή αποκλείστηκαν οι ακτογραμμές του 1932 και του 1972.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των εφαρμογών binning, όπως αυτές εκτελέστηκαν με ενιαία αρχική αβεβαιότητα θέσης 0,7 mm της κλίμακας, και αποστάσεις $d = 2 \times 10m = 20 m$, διπλάσιες, δηλαδή, της αρχικής, μεταξύ των διατομών, απόστασης.

Πίνακας 9: Οι εφαρμογές της μεθόδου Binning για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών

Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας - 7 ακτογραμμές

Διατομές:	1 έως 22	-0,908	$\pm 0,00074$
	23 έως 69	-0,584	$\pm 0,00048$
	70 έως 96	-0,00615	$\pm 0,00068$

Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας- 6 ακτογραμμές (χωρίς την 1972)

Διατομές:	1 έως 22	-0,906	± 0,00086
	23 έως 69	-0,565	± 0,00055
	70 έως 96	0,0385	± 0,00078

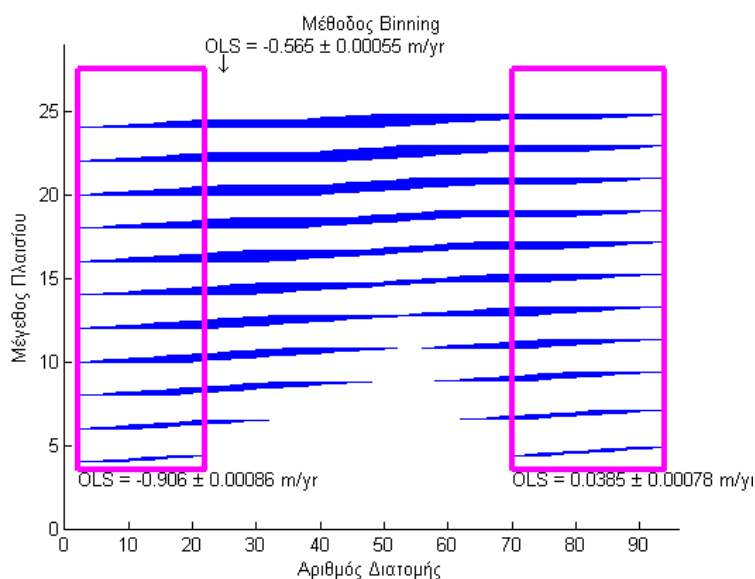
Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας - 5 ακτογραμμές (χωρίς τις 1972 και 1991)

Διατομές:	1 έως 22	-0,912	± 0,0011
	23 έως 69	-0,559	± 0,00071
	70 έως 96	0,0415	± 0,001

Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας - 5 ακτογραμμές (χωρίς τις 1932 και 1972)

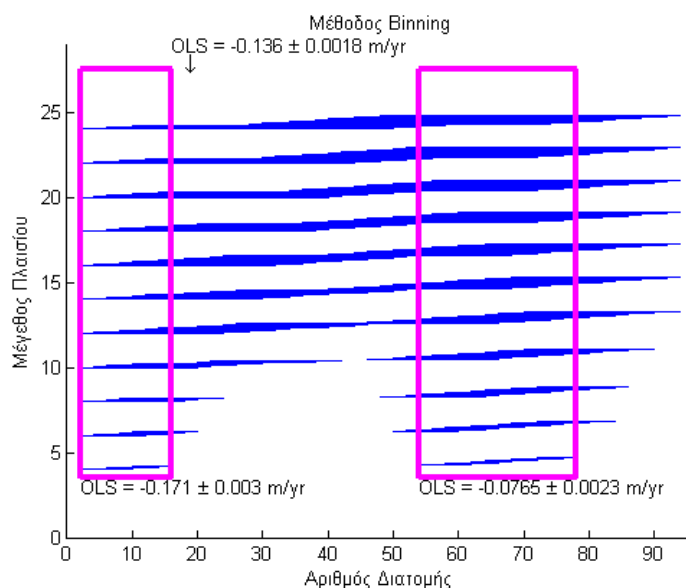
Διατομές:	1 έως 17	-0,171	± 0,003
	18 έως 54	-0,136	± 0,0018
	55 έως 78	-0,0765	± 0,0023

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 6, η μέθοδος OLS δεν επηρεάζεται από τον αποκλεισμό των (σχετικά) πρόσφατων διαθέσιμων ακτογραμμών. Το γεγονός ότι η Binning ομαδοποιεί τα αποτελέσματα πραγματοποιώντας συνεχώς στατιστικούς ελέγχους, την καθιστά ανθεκτική στον αποκλεισμό γεωπληροφορίας και στις ακραίες τιμές. Παρά όλ' αυτά, διαπιστώνουμε πως ο αποκλεισμός της παλαιότερης διαθέσιμης ακτογραμμής, του 1932, επηρεάζει σημαντικά τα εξαγόμενα αποτελέσματα, αφού το κτηματολογικό διάγραμμα απεικονίζει μία σημαντική χρονική εξέλιξη της μελετηθείσας ακτογραμμής.



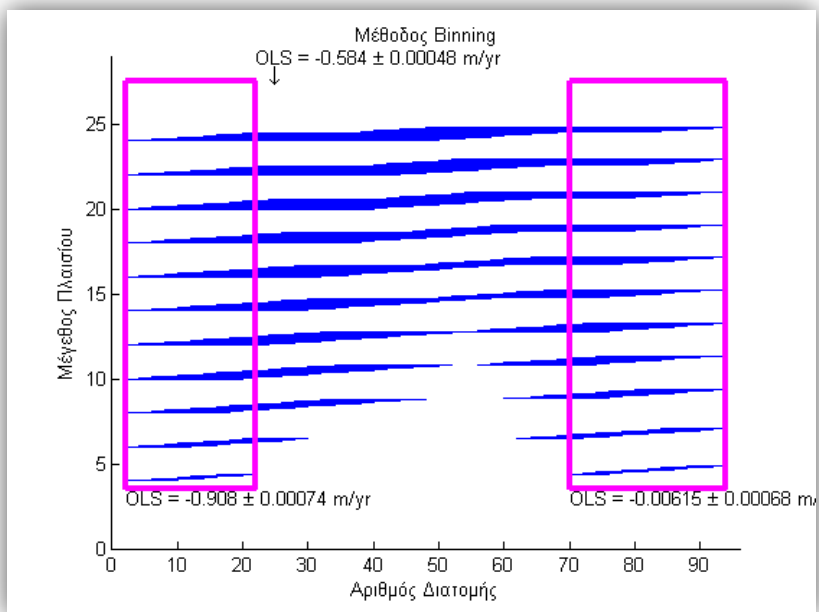
Εικόνα 13: 1^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 7 ακτογραμμών

Επιπρόσθετα, παρατηρείται μία διαφοροποίηση στον τελικό θόρυβο του ρυθμού μεταβολής. Έτσι, το τελικό σφάλμα του ρυθμού μεταβολής, φαίνεται να ελαχιστοποιείται στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται όλες οι ακτογραμμές, ενώ αυξάνεται όσο «αφαιρούμε» χρονικές ακτογραμμές, και ακτογραμμές με μικρό θόρυβο.

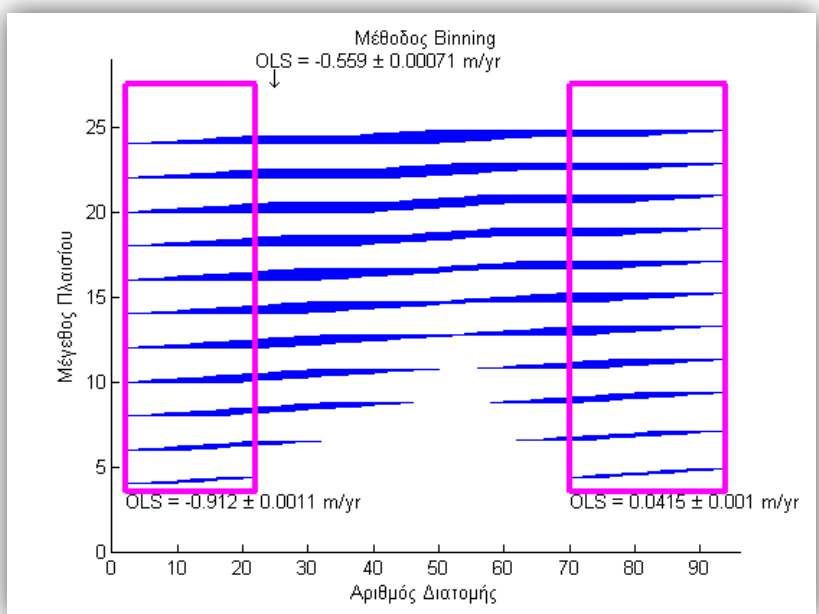


Εικόνα 14: 4^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 5 ακτογραμμών (χωρίς τις 1932 και 1972)

Αξίζει να σημειωθεί πως η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων σε περιοχές με κοινό ρυθμό μεταβολής δεν είναι ανεξάρτητη, αλλά φαίνεται να συνδέεται με την μέθοδο την οποία χρησιμοποιεί. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος των επιμέρους ρυθμών μεταβολής κατά τη χρήση των 7 ακτογραμμών (όπως αυτοί προκύπτουν από την εφαρμογή της binning) είναι $-0,499 \text{ m/year}$, και είναι σχεδόν όμοιος με τον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής, όπως αυτός υπολογίζεται αποκλειστικά από την OLS (για χρήση των ίδιων 7 ακτογραμμών), ο οποίος έχει την τιμή $-0,493 \text{ m/year}$ (πίνακας 1). Κατά όμοιο τρόπο, ο μέσος όρος των επιμέρους ρυθμών μεταβολής (ύστερα από την ομαδοποίηση) για χρήση 5 ακτογραμμών (χωρίς αυτές του 1972 και 1932) είναι $-0,128 \text{ m/year}$ και αποκλίνει μόλις 7 mm από τον αντίστοιχο ρυθμό μεταβολής ($-0,121 \text{ m/year}$, πίνακας 4), όπως αυτός υπολογίζεται αποκλειστικά από την OLS με τη χρήση των ίδιων ακτογραμμών.



Εικόνα 15: 2^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 6 ακτογραμμών (αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1972)



Εικόνα 16: 3^η εφαρμογή της μεθόδου Binning – χρήση 5 ακτογραμμών (αποκλεισμός των ακτογραμμών του 1972 και του 1991)

14 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΝΕΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

14.1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Η κοινότητα Φανών βρίσκεται 35 περίπου χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της πόλης της Ρόδου. Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονους ανέμους, και συνεπώς, ένα υδροδυναμικό καθεστώς που έχει άμεση επιρροή, τόσο στην εξέλιξη της ακτογραμμής, όσο και στη μορφολογία του εδάφους.

Η περιοχή μελέτης αφορά ένα τμήμα της παραλίας των Φανών, μήκους 600 μέτρων, το οποίο έχει βορειοδυτικό προσανατολισμό. Για τη μελέτη του, διαιρέθηκε σε 61 διατομές των 10 μέτρων, ξεκινώντας την αρίθμηση από βόρεια προς νότια. Η ακτή αποτελείται από χαλίκια και λεπτόκοκκη άμμο. Το έδαφος, πριν υποστεί την έντονη διάβρωσή του, παρουσίαζε μικρή κλίση, χωρίς απότομες υψομετρικές διαφορές. Επιπρόσθετα, κατά το μεγαλύτερο μέρος, νότια της μελετώμενης ακτογραμμής, υπάρχουν καλλιεργούμενες εκτάσεις, ενώ, σε κάποια σημεία παρατηρούνται καλαμώνες και αραιή παράκτια βλάστηση.



Εικόνα 17: Επισήμανση της περιοχής μελέτης στην κοινότητα Φάνες

Από το 1930, χρονολογία στην οποία αντιστοιχεί η παλαιότερη διαθέσιμη ακτογραμμή που προέκυψε από την αποτύπωσή της από τους Ιταλούς κατά τη δημιουργία του Κτηματολογίου,

παρατηρείται μία συνεχής οπισθοχώρηση (εικόνα 20), η οποία οφείλεται αποκλειστικά στην επίδραση των ανέμων και των ρευμάτων, καθώς δεν υπάρχουν σημαντικά παράκτια έργα σε μεγάλη απόσταση από την ακτή. Η διαβρωτική τάση των κυμάτων στην περιοχή μελέτης απεικονίζεται καθαρά στις φωτογραφίες που λήφθηκαν από την επίσκεψή μας σε αυτή· απότομα πρηνή, ξεριζωμένα δέντρα, βυθισμένα πολυβολεία του στρατού συνθέτουν μία γενικότερη εικόνα εγκατάλειψης της ακτής στα στοιχεία της φύσης.



Εικόνα 18: Άποψη της παραλίας Φάνες

Επιπρόσθετα, τα ιδιόκτητα παραθαλάσσια γεωτεμάχια, έπειτα από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση διπλόσυχνου rover δέκτη GPS, και ύστερα από συσχέτιση της υφιστάμενης κατάστασης με το Κτηματολογικό υπόβαθρο του 1930, διαπιστώθηκε πως έχουν κατακλυσθεί από το νερό (εικόνα 20). Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η κατάσταση αυτή και να περιοριστεί η συνεχής οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, οι ιδιοκτήτες τους, τα τελευταία χρόνια, δημιουργούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα μικρούς προβόλους, ώστε να διακόπτουν -έστω και προσωρινά- την έντονη διαβρωτική τάση των κυμάτων. Παρά όλ' αυτά, η αποτελεσματικότητα των αυτοσχέδιων παράκτιων έργων είναι μικρή, αφού οι ογκόλιθοι που χρησιμοποιούνται είναι ελαφριοί και συχνά παρασύρονται από τα κύματα, ενώ τα κενά μεταξύ των ογκολίθων είναι μεγάλα, και κατά συνέπεια, η διαπερατότητα των προβόλων είναι αυξημένη.

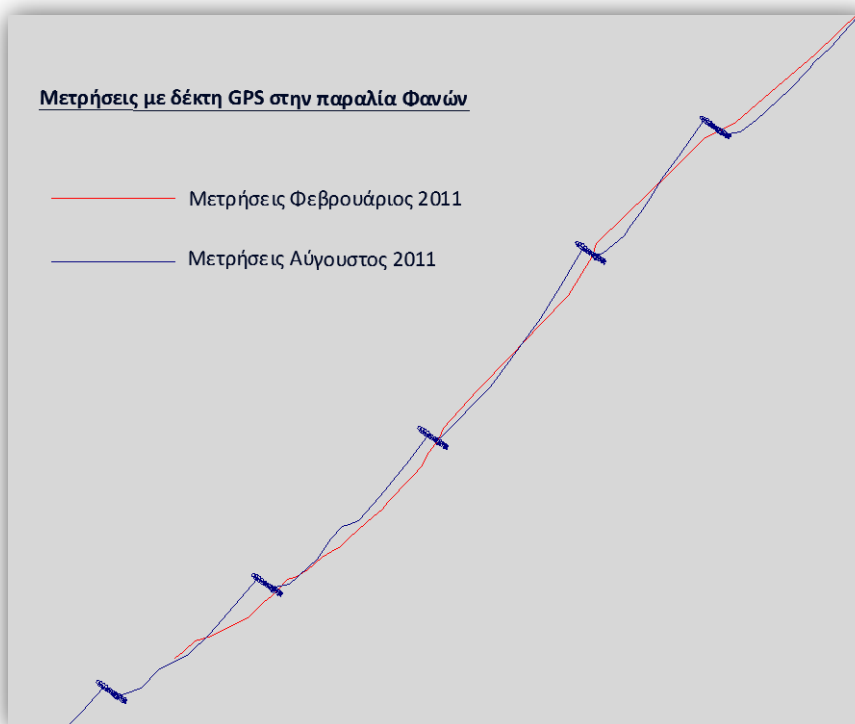
14.2 Συλλογή και επεξεργασία γεωπληροφορίας

Προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη της ακτογραμμής στην περιοχή Φάνες, με τη χρήση των διαφορετικών μεθόδων (EPR, AER, AOR, OLS, JK, RLS, WLS, RWLS), ήταν απαραίτητη η συλλογή γεωπληροφορίας σχετική με τη θέση της μελετώμενης ακτογραμμής κατά τα προηγούμενα χρόνια. Έτσι, η συλλεχθείσα γεωπληροφορία αποτελείται από:

<u>Υλικό</u>	<u>Χρονολογία</u>	<u>Κλίμακα</u>	<u>Πηγή</u>
Κτηματολογικό χάρτη γαιών Φανών	1930	1:5000	Κτηματολόγιο Ρόδου
Αεροφωτογραφία 84093	1978	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Ορθοφωτοχάρτη 856_029	1997	1:5000	Γ.Υ.Σ.
Επί τόπου μετρήσεις (E.M.)	2011	E.M.	GPS (RTK)

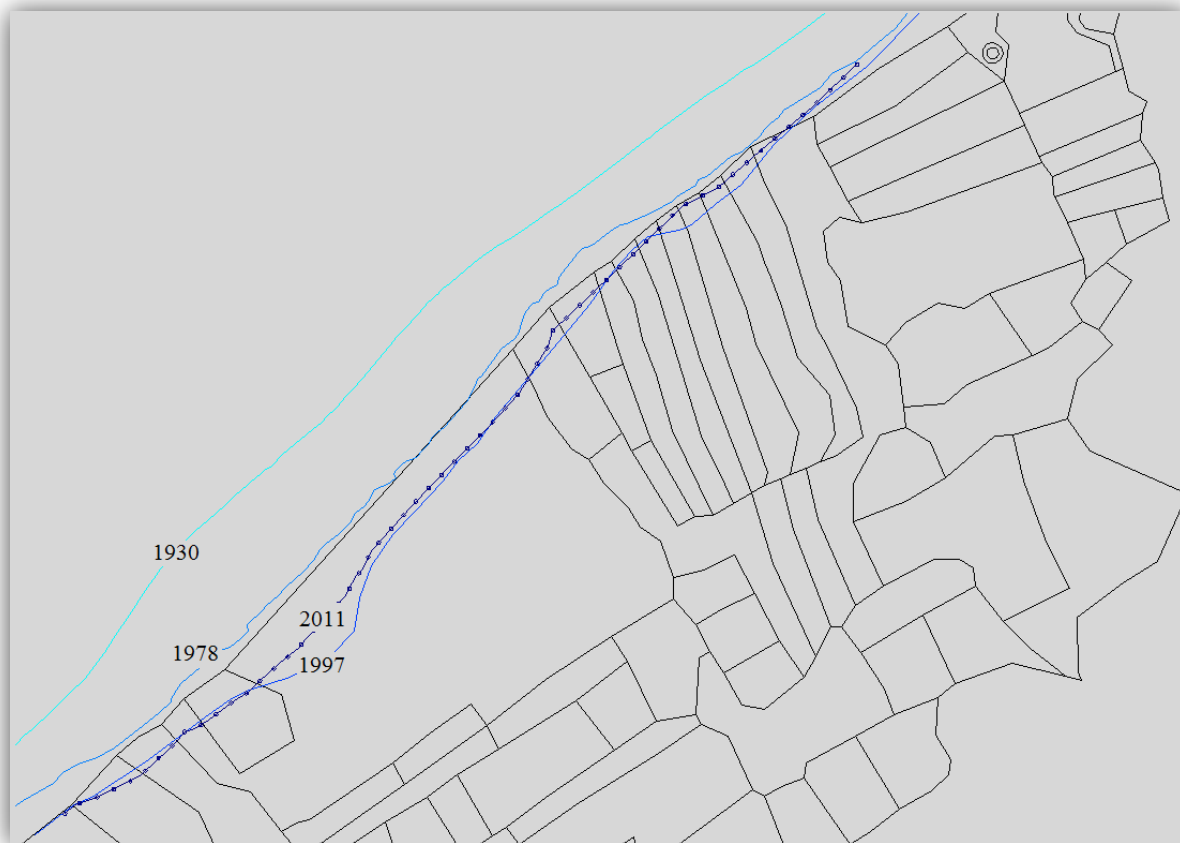
Η επεξεργασία της διαθέσιμης γεωπληροφορίας (συνόρθωση, γεωαναφορά) πραγματοποιήθηκε κατά όμοια διαδικασία με αυτή που ακολουθήθηκε στην μελέτη της ακτογραμμής Αφάντου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι επί τόπου μετρήσεις με GPS πραγματοποιήθηκαν σε δύο χρονικές στιγμές: τον Φεβρουάριο του 2011 και τον Αύγουστο του ίδιου έτους. Κατά τις μετρήσεις του Φεβρουαρίου, δεν υπήρχαν πρόβολοι, παρά μόνο μερικοί διάσπαρτοι φυσικοί ογκόλιθοι, και η ακτογραμμή παρουσίαζε μία ομαλή εξέλιξη. Αντίθετα, τον Αύγουστο του 2011, αποτυπώθηκαν πρόβολοι, οι οποίοι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 19, επηρέασαν σημαντικά μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα την «μορφή» της ακτογραμμής. Για το λόγο αυτό, δεν λήφθηκαν υπ' όψιν στην επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων οι μετρήσεις του Αυγούστου, καθ' ότι δεν αντιπροσωπεύουν μία φυσική εξέλιξη της ακτογραμμής.



Εικόνα 19: Αποτύπωση της ακτογραμμής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές

Είναι, επίσης, δεδομένο, ότι οι φυσικοί ογκόλιθοι που τοποθετούνται στις αρχές κάθε νέας τουριστικής περιόδου, θα απομακρυνθούν από τα κύματα κατά τους χειμερινούς μήνες. Επιπρόσθετα, οι πρόχειροι και αυτοσχέδιοι πρόβολοι επιβαρύνουν στα κατάντη την ακτή, προκαλώντας της μεγαλύτερη διάβρωση.



Εικόνα 20: Η συσχέτιση των διαθέσιμων ακτογραμμών με το κτηματολογικό υπόβαθρο

15 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΝΕΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά τη διαδικασία μελέτης της ακτογραμμής στις Φάνες, χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό Shev. Σκοπός μας ήταν η επιβεβαίωση ή η απόρριψη της γενίκευσης των συμπερασμάτων που εξήχθησαν κατά τη μελέτη της παραλίας Αφάντου. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναληπτικές διαδικασίες: Αρχικά με τη χρήση των τεσσάρων διαθέσιμων ακτογραμμών, στη συνέχεια με τον αποκλεισμό της παλαιότερης ακτογραμμής, του 1930, και τέλος, με τον αποκλεισμό της (χρονικά ενδιάμεσης) ακτογραμμής του 1978. Στόχος της μελέτης της δεύτερης αυτής περιοχής, η οποία βρίσκεται αντιδιαμετρικά με την περιοχή Αφάντου, ήταν η καταγραφή του θορύβου του τελικού υπολογισθέντος ρυθμού μεταβολής, και κατά πόσο αυτός μεταβάλλεται, εάν μεταβληθεί το χρονικό εύρος των ακτογραμμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, η μεγάλη αστοχία της μεθόδου WLAD που παρατηρήθηκε κατά τη μελέτη της περιοχής Αφάντου, και η οποία οφείλεται στον περιορισμένο αριθμό δεδομένων, καθώς και ο μικρός αριθμός διαθέσιμων ακτογραμμών για την περιοχή Φάνες, αποτελούν τους λόγους για τους οποίους δεν συμπεριλάβαμε στους υπολογισμούς μας τη συγκεκριμένη μέθοδο.

15.1 Υπολογισμοί με τη χρήση 4 ακτογραμμών

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί χρησιμοποιώντας και τις τέσσερις διαθέσιμες ακτογραμμές. Οι ρυθμοί μεταβολής για κάθε μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε, καθώς και τα a posteriori σφάλματά τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

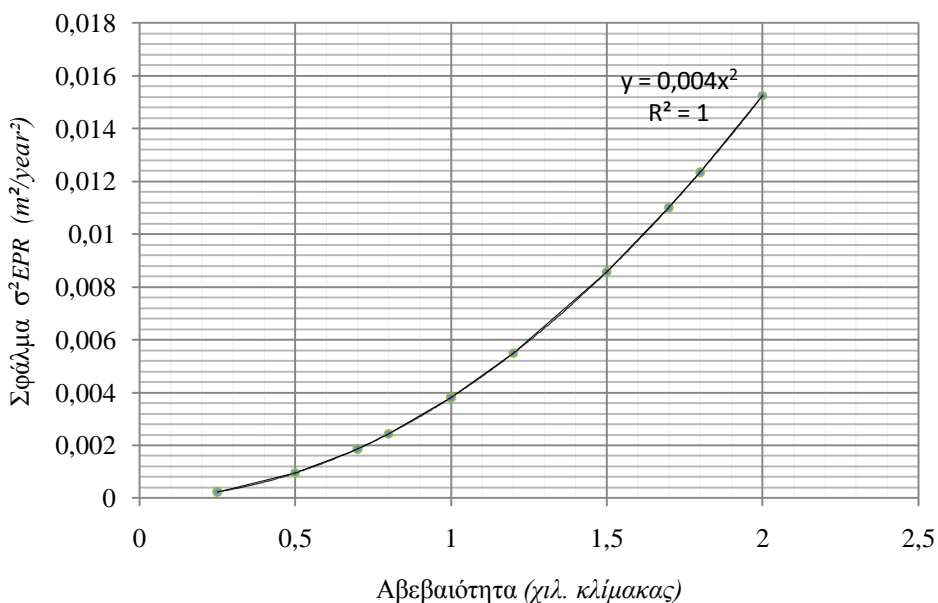
Πίνακας 10: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 4 ακτογραμμών

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ		ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 4 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ (m/year)							
Αρ. Εφ.	Χλ. Της κλίμακας	EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS
31	0,25	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,015436$	$\pm 0,03717$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,001807$	$\pm 0,001807$
32	0,5	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,03087$	$\pm 0,074341$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,003614$	$\pm 0,003614$
33	0,7	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,04319$	$\pm 0,10408$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,005059$	$\pm 0,005059$
34	0,8	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,049393$	$\pm 0,11894$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,005782$	$\pm 0,005782$
35	1	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,061741$	$\pm 0,14868$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,007227$	$\pm 0,007227$
36	1,2	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,074089$	$\pm 0,17842$		$\pm 0,000754$		$\pm 0,015768$	$\pm 0,008673$	$\pm 0,008673$
37	1,5	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658

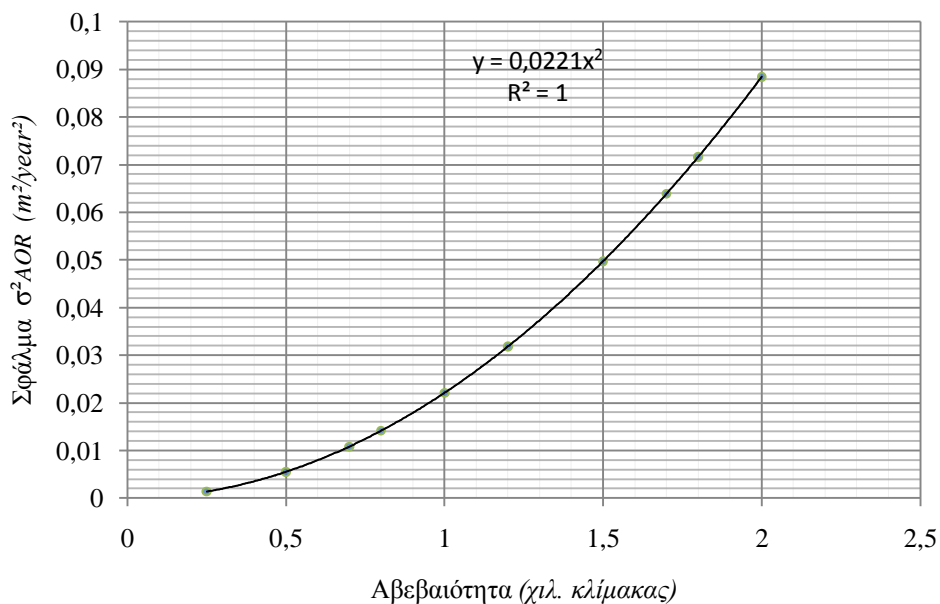
	σ :	$\pm 0,092611$	$\pm 0,22302$	$\pm 0,000754$	$\pm 0,015768$	$\pm 0,010841$	$\pm 0,010841$		
38	1,7	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,10496$	$\pm 0,25276$	$\pm 0,000754$	$\pm 0,015768$	$\pm 0,012287$	$\pm 0,012287$		
39	1,8	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,11113$	$\pm 0,26762$	$\pm 0,000754$	$\pm 0,015768$	$\pm 0,013009$	$\pm 0,013009$		
40	2	-0,7397	-0,65871	-0,58241	-0,80156	-0,75978	-0,45019	-0,68658	-0,68658
	σ :	$\pm 0,12348$	$\pm 0,29736$	$\pm 0,000754$	$\pm 0,015768$	$\pm 0,014455$	$\pm 0,014455$		

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 8, η μέθοδος AOR παρουσιάζει μεγαλύτερο σφάλμα στην τελική τιμή του ρυθμού μεταβολής, σε σχέση με την μέθοδο EPR, αφού χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, χωρίς να περιορίζεται μόνο στην παλαιότερη και τη νεότερη ακτογραμμή.

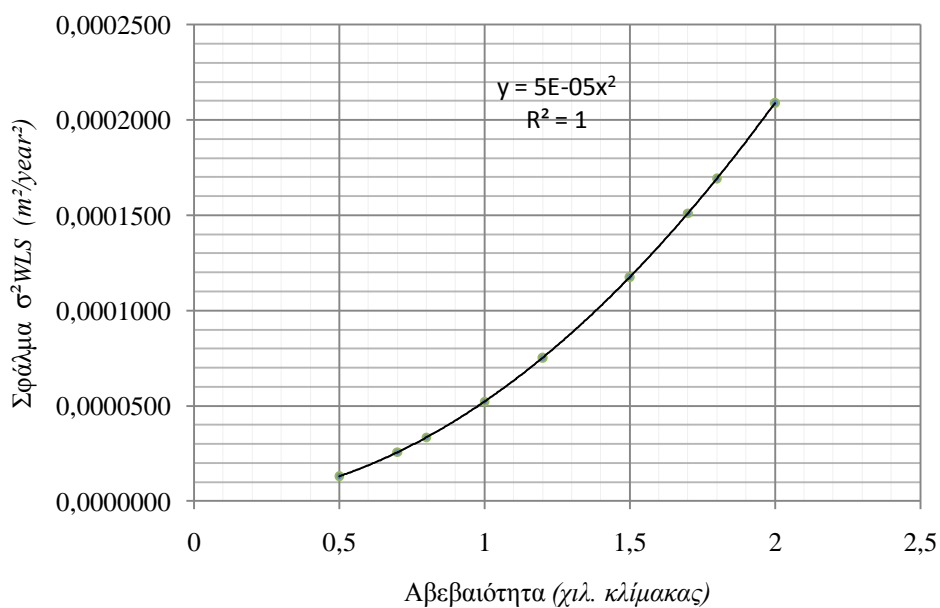
Αν και ο όγκος των διαθέσιμων δεδομένων είναι μικρός, επαρκεί ώστε να εφαρμοστούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα. Έτσι, αν και οι μέθοδοι OLS, WLS και RWLS παρουσιάζουν απόκλιση 12,7 cm στον τελικό ρυθμό μεταβολής, η μέθοδος OLS παρουσιάζει μικρότερο θόρυβο, ο οποίος, όμως, παραμένει σταθερός, ανεξάρτητα από την μεταβολή της αρχικής αβεβαιότητας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην παραδοχή των ισοβαρών παρατηρήσεων, σε αντίθεση με τις άλλες δύο μεθόδους ελαχίστων τετραγώνων, που ορίζουν βάρη. Παράλληλα, η μέθοδος RLS δε φαίνεται να ακολουθεί τις άλλες μεθόδους ως προς την τιμή του τελικού ρυθμού, γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο, αφού, σε τόσο περιορισμένο αριθμό δεδομένων, η απομάκρυνση τιμών που, ενώ έπρεπε να συμπεριληφθούν στη διαδικασία υπολογισμών, αναγνωρίστηκαν ως «ακραίες» και αποκλείστηκαν, επιφέρει και σημαντική μεταβολή στην τιμή του τελικού ρυθμού μεταβολής. Πιο αναλυτικά, στα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζεται η κατανομή των a posteriori σφαλμάτων για κάθε μία από τις μεθόδους που μας ενδιαφέρουν.



Διάγραμμα 18: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR• 5η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 19: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR• 5η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 20: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS• 5η φάση υπολογισμών

15.2 Υπολογισμοί με τη χρήση 3 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτογραμμής του 1930

Κατά τη δεύτερη διαδικασία υπολογισμών στην περιοχή των Φανών, αποκλείσαμε την ακτογραμμή του 1930, προκειμένου να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του τελικού θορύβου του υπολογισθέντος ρυθμού.

Πίνακας 11: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 3 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτ. του 1930

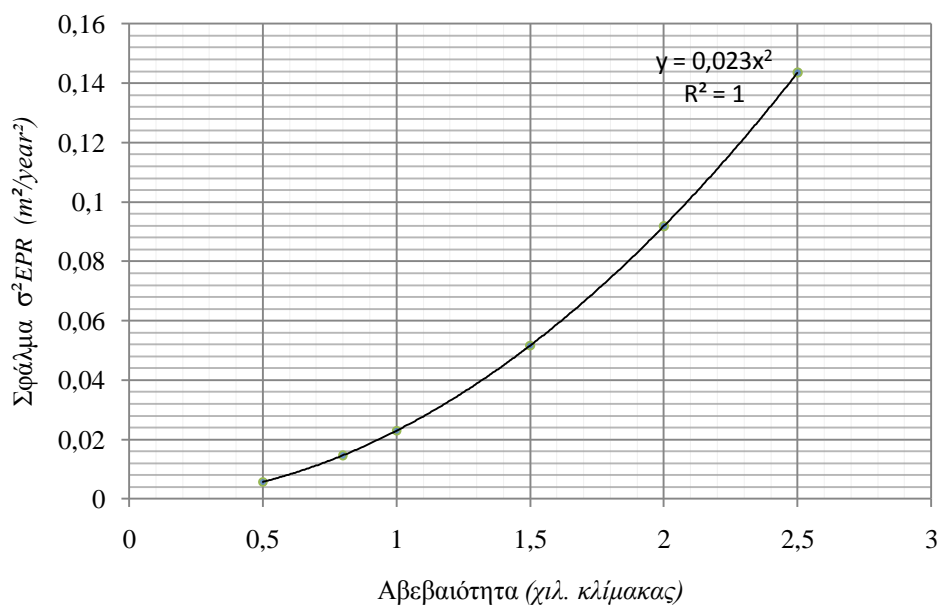
ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 3 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ
Αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1930
(m/year)

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

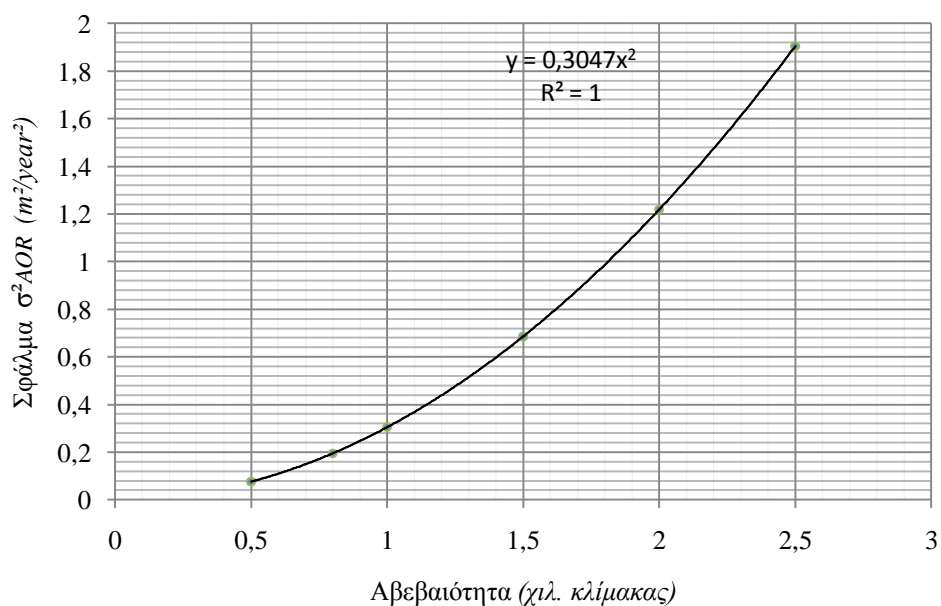
Αρ. Εφ.	Χιλ. Της κλίμακας	EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS
41	0,5	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,075773$	$\pm 0,27598$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,00893$	$\pm 0,00893$
42	0,8	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,12124$	$\pm 0,44157$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,014287$	$\pm 0,014287$
43	1	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,15155$	$\pm 0,55197$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,017859$	$\pm 0,017859$
44	1,5	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,22732$	$\pm 0,82795$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,026788$	$\pm 0,026788$
45	2	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,30309$	$\pm 1,1039$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,035718$	$\pm 0,035718$
46	2,5	-0,52764	-0,46306	-0,43077	-0,55895	-0,46306	-0,06163	-0,41535	-0,41535
	σ :	$\pm 0,37886$	$\pm 1,3799$		$\pm 0,003016$		$\pm 0,02235$	$\pm 0,044647$	$\pm 0,044647$

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 9, οι τιμές των ρυθμών μεταβολής που υπολογίζει κάθε μέθοδος, διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με την προηγούμενη εφαρμογή, όπου χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ακτογραμμές. Επιπρόσθετα, τα σφάλματα θέσης είναι πολύ μεγαλύτερα, συγκριτικά με αυτά που προέκυψαν χρησιμοποιώντας όλη τη διαθέσιμη πληροφορία.

Στην OLS, η τιμή του θορύβου παραμένει σταθερή στα 3 mm, οι άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα, WLS και RWLS, εμφανίζουν σφάλμα θέσης από 8 mm έως 44 mm, ανάλογα με τις αρχικές τιμές αβεβαιότητας που ορίσαμε. Επίσης, το σφάλμα των απλών μεθόδων, EPR και AOR, είναι ιδιαίτερα αυξημένο, αφού για αβεβαιότητα ίση με 2,5 χιλιοστά της κλίμακας, η EPR παρουσιάζει σφάλμα θέσης 38 mm και η AOR 1,38 m.

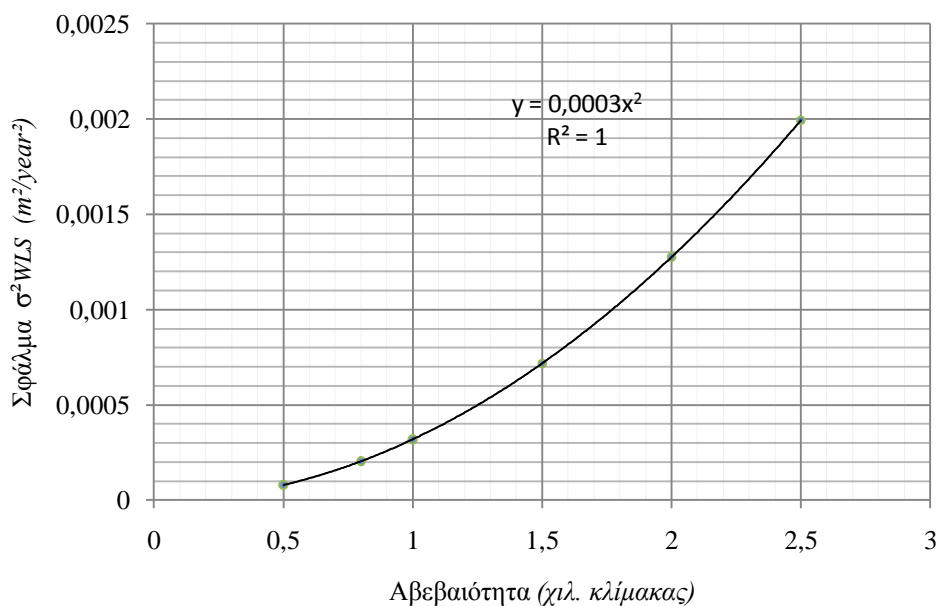


Διάγραμμα 21: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο EPR• 6η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 22: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR• 6η φάση υπολογισμών

Όπως φαίνεται και στα αντίστοιχα διαγράμματα, τα σφάλματα του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής ακολουθούν μία εκθετική κατανομή, σύμφωνα με την οποία, το τελικό σφάλμα είναι ανάλογο της τιμής της αρχικής αβεβαιότητας θέσης, που ορίζεται από τον μελετητή, καθώς και από την κλίμακα απεικόνισης της διαθέσιμης ακτογραμμής.



Διάγραμμα 23: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS• 6η φάση υπολογισμών

15.3 Υπολογισμοί με τη χρήση 3 ακτογραμμών – αποκλεισμός ακτ. του 1978

Κατά την τρίτη διαδικασία υπολογισμών στην περιοχή των Φανών, αποκλείσαμε την ακτογραμμή του 1978. Έτσι, διατηρώντας την ακτογραμμή του 1930, του 1997 και του 2011, εξετάσαμε τη συμπεριφορά του τελικού θορύβου, εάν αποκλείσουμε μία ενδιάμεση χρονικά ακτογραμμή, χωρίς, δηλαδή, να μεταβάλλουμε το χρονικό εύρος των διαθέσιμων δεδομένων. Αναλυτικά, οι ρυθμοί μεταβολής, όπως αυτοί υπολογίστηκαν με κάθε μία από τις μεθόδους, καθώς και τα τελικά σφάλματα θέσης, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12: Ρυθμοί μεταβολής ακτογραμμής - χρήση 3 ακτογραμμών· αποκλεισμός ακτ. του 1978

ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ – ΧΡΗΣΗ 3 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ
Αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1978
(m/year)

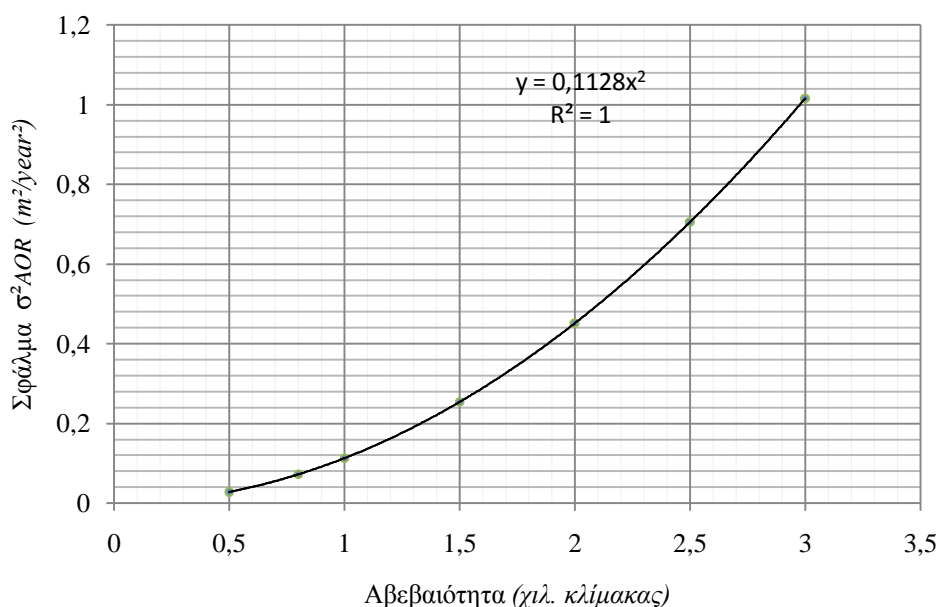
ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ									
Αρ. Εφ.	Χιλ. Της κλίμακας	EPR	AOR	AER	OLS	JK	RLS	WLS	RWLS
47	0,5	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	σ:	±0,03087	±0,16795		±0,00106		±0,016052	±0,003894	±0,003894
48	1	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	σ:	±0,061741	±0,33591		±0,00106		±0,016052	±0,007788	±0,007788
49	1,5	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	σ:	±0,092611	±0,50386		±0,00106		±0,016052	±0,011682	±0,011682
50	2	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	σ:	±0,12348	±0,67181		±0,00106		±0,016052	±0,015576	±0,015576
51	2,5	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	σ:	±0,15435	±0,83977		±0,00106		±0,016052	±0,01947	±0,01947
52	0,8	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

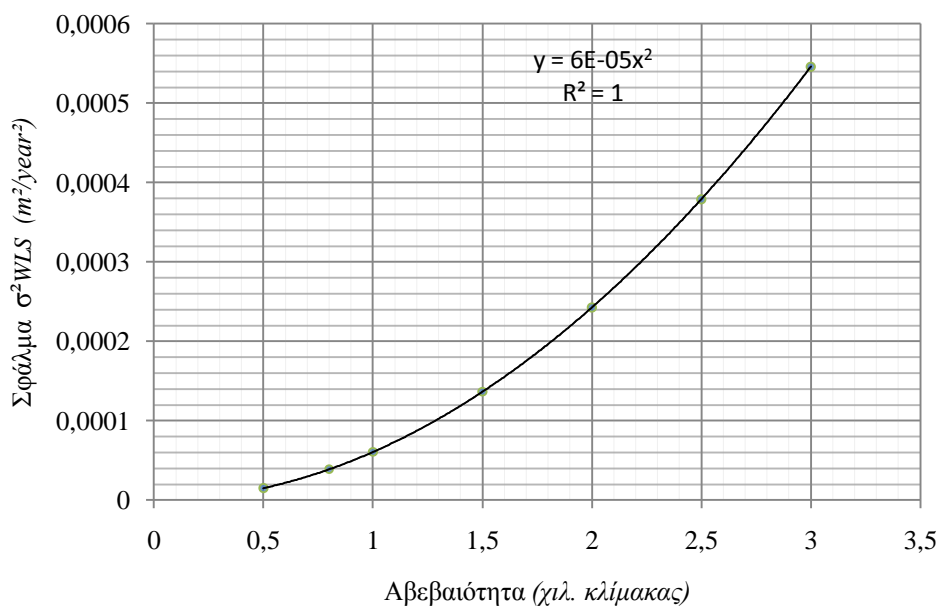
	$\sigma:$	$\pm 0,049393$	$\pm 0,26873$		$\pm 0,00106$		$\pm 0,016052$	$\pm 0,00623$	$\pm 0,00623$
53	3	-0,7397	-0,48966	-0,36464	-0,80227	-0,48966	-0,45247	-0,7122	-0,7122
	$\sigma:$	$\pm 0,18522$	$\pm 1,0077$		$\pm 0,00106$		$\pm 0,016052$	$\pm 0,023364$	$\pm 0,023364$

Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα, εκτός από τη μέθοδο RLS, δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά, τόσο κατά την τιμή του ρυθμού μεταβολής, όσο και κατά το τελικό σφάλμα θέσης της ακτογραμμής, από τον αποκλεισμό της ενδιάμεσης χρονικά ακτογραμμής του 1978.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζεται η κατανομή των a posteriori σφαλμάτων θέσης της ακτογραμμής, για τις μεθόδους AOR, WLS και RWLS. Η κατανομή των σφαλμάτων στη μέθοδο EPR είναι όμοια με αυτή που απεικονίζεται στο διάγραμμα 18, αφού η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί μόνο την παλαιότερη και την πιο πρόσφατη ακτογραμμή.



Διάγραμμα 24: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο AOR• 7η φάση υπολογισμών



Διάγραμμα 25: Η κατανομή της τελικής αβεβαιότητας του P.M. με τη μέθοδο WLS και RWLS• 7η φάση υπολογισμών

15.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής, όπως αυτοί υπολογίστηκαν με κάθε μία από τις μελετώμενες μεθόδους, για τους διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών που πραγματοποιήσαμε για την περιοχή των Φανών.

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός πίνακας του ρυθμού μεταβολής ($m/year$) για όλες τις μεθόδους κατά 5^η, 6^η και 7^η φάση υπολογισμών

	4 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	3 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ	3 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ
		ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ 1930	ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ 1978
EPR	-0,7397	-0,52764	-0,7397
AOR	-0,65871	-0,46306	-0,48966
AER	-0,58241	-0,43077	-0,36464
OLS	-0,80156	-0,55895	-0,80227
JK	-0,75978	-0,46306	-0,48966
RLS	-0,45019	-0,061634	-0,45247
WLS	-0,68658	-0,41535	-0,7122
RWLS	-0,68658	-0,41535	-0,7122

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11, η μέθοδος EPR, υπολογίζει διαφορετικό ρυθμό μεταβολής όταν αποκλείουμε την ακτογραμμή του 1930. Αυτό συμβαίνει γιατί η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί το ζεύγος της παλαιότερης και της πιο πρόσφατης διαθέσιμης ακτογραμμής.

Η μέθοδος AOR φαίνεται να είναι επιρρεπής στον περιορισμό της χρησιμοποιούμενης γεωπληροφορίας. Έτσι, η τιμή του ρυθμού μεταβάλλεται με τον αποκλεισμό έστω και μίας μόνο ακτογραμμής. Κατά παρόμοιο τρόπο, το ίδιο παρατηρείται και στην μέθοδο AER.

Η τιμή του τελικού ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής των Φανών, όπως αυτή υπολογίζεται με τη μέθοδο OLS, διαφοροποιείται μόνο όταν αλλάξει σημαντικά το χρονικό εύρος των χρησιμοποιούμενων ακτογραμμών, ενώ δε παρουσιάζει σημαντικές αποκλίσεις με τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1978.

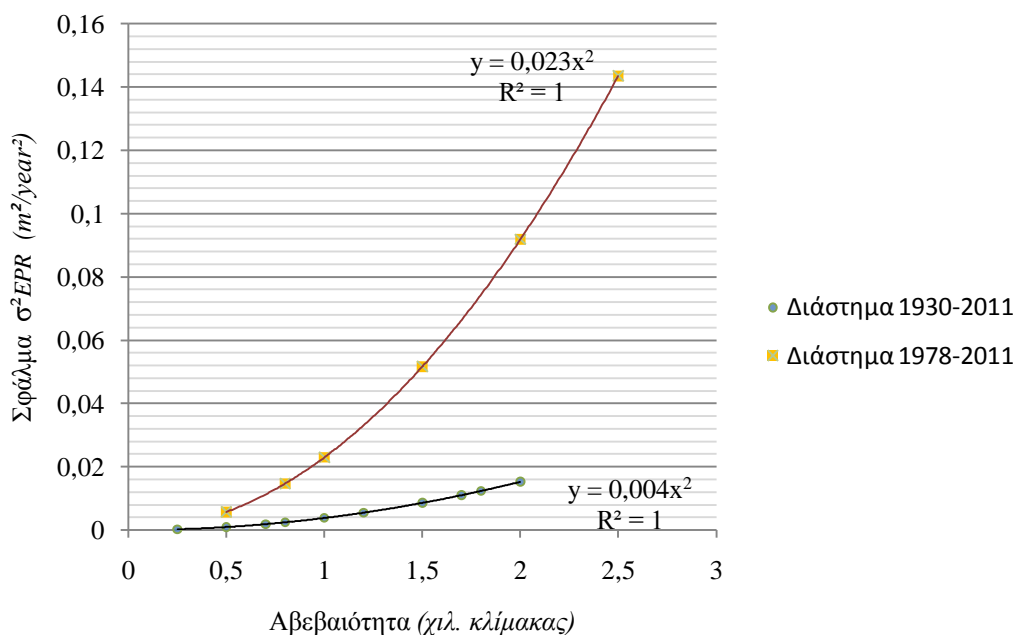
Στην περίπτωση της μεθόδου JK, πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματά της δεν είναι καθόλου αξιόπιστα, εάν αποκλείσουμε μία ακτογραμμή. Με δεδομένο ότι η μέθοδος αυτή επαναλαμβάνει μία OLS αφαιρώντας κάθε φορά μία ακτογραμμή, εάν το σύνολο των χρησιμοποιούμενων ακτογραμμών μειωθεί στις 3, αυτό συνεπάγεται ότι στις επαναληπτικές διαδικασίες η JK θα χρησιμοποιήσει 2. Συνεπώς, στην περίπτωση των τριών ακτογραμμών, η JK εκφυλίζεται σε AOR (αφού, ουσιαστικά, δεν μπορούν να εφαρμοστούν τα ελάχιστα τετράγωνα).

Η μέθοδος RLS δεν παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα, δεδομένου ότι ο διαθέσιμος όγκος δεδομένων είναι πολύ μικρός, γεγονός που δεν επιτρέπει τον αποκλεισμό τιμών χαρακτηριζόμενες ως «ακραίες».

Οι μέθοδοι WLS και RWLS, και στην περιοχή αυτή των Φανών, δε φαίνεται να επηρεάζονται από την αφαίρεση της ακτογραμμής του 1978, παρά μόνο με τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930, ο τελικός ρυθμός μεταβολής διατηρεί το αρνητικό πρόσημο, και κατά συνέπεια απεικονίζει μία οπισθοχώρηση της ακτογραμμής. Παρ' όλα αυτά, το γεγονός αυτό δε θα πρέπει να αποτελεί γενικό συμπέρασμα, καθώς η απομάκρυνση χρονικά ακραίων ακτογραμμών ενδέχεται να επηρεάσει είτε λιγότερο είτε περισσότερο το σήμα του τελικού ρυθμού μεταβολής, και κατά συνέπεια, το πρόσημό του, το οποίο υποδεικνύει οπισθοχώρηση ή πρόσχωση.

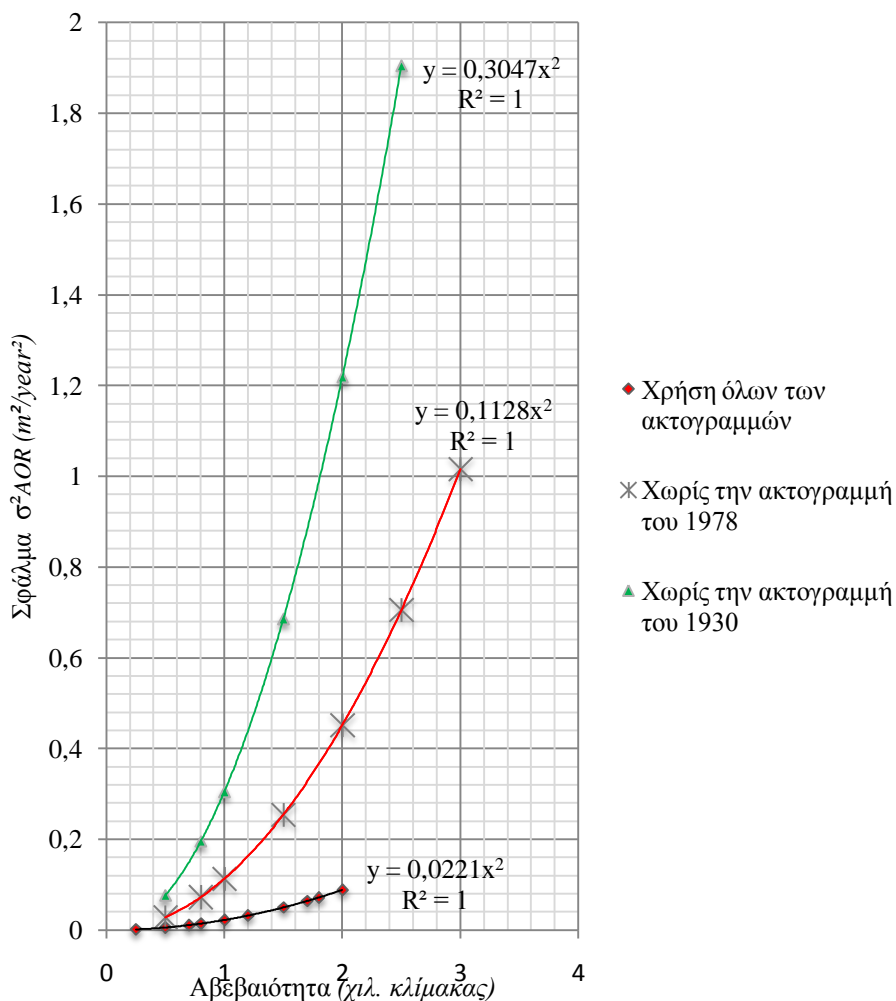
Η κατανομή των σφαλμάτων για τις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού της εξέλιξης της ακτογραμμής των Φανών, παρουσιάζονται στα κάτωθι διαγράμματα.



Διάγραμμα 26: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο EPR· αποτελέσματα 5^{ης} και 6^{ης} φάσης υπολογισμών

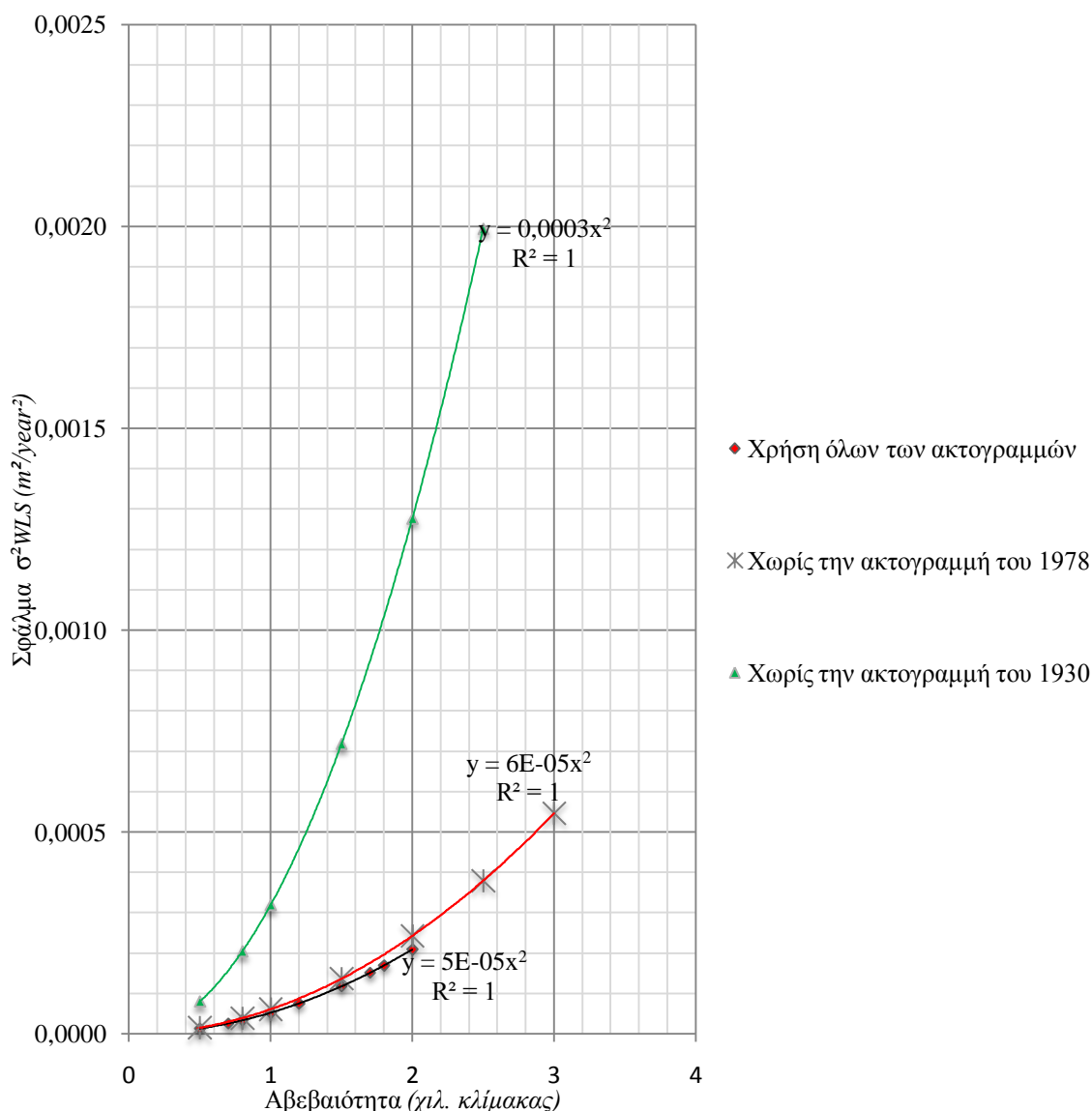
Από το διάγραμμα 26 παρατηρούμε ότι ο θόρυβος του τελικού ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής των Φανών, όταν αυτός υπολογιστεί με τη μέθοδο EPR, είναι μεγαλύτερος εάν αποκλείσουμε την ακτογραμμή του 1930, μειώνοντας το χρονικό εύρος των χρησιμοποιούμενων δεδομένων θέσης.

Στο διάγραμμα 27 παρατηρούμε ότι η μέθοδος AOR εμφανίζει μεγαλύτερο σφάλμα θέσης, τόσο κατά την μείωση του όγκου των χρησιμοποιούμενων δεδομένων, όσο και κατά τον περιορισμό του χρονικού εύρους των διαθέσιμων ακτογραμμών. Έτσι, η καμπύλη που αντιστοιχεί στην χρήση τριών ακτογραμμών με τον αποκλεισμό αυτής του 1930, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κλίση, συγκριτικά με τις καμπύλες που αντιστοιχούν στην χρήση όλων των ακτογραμμών ή στην απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1978.



Διάγραμμα 27: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο AOR· αποτελέσματα 5^{ης}, 6^{ης} και 7^{ης} φάσης υπολογισμών

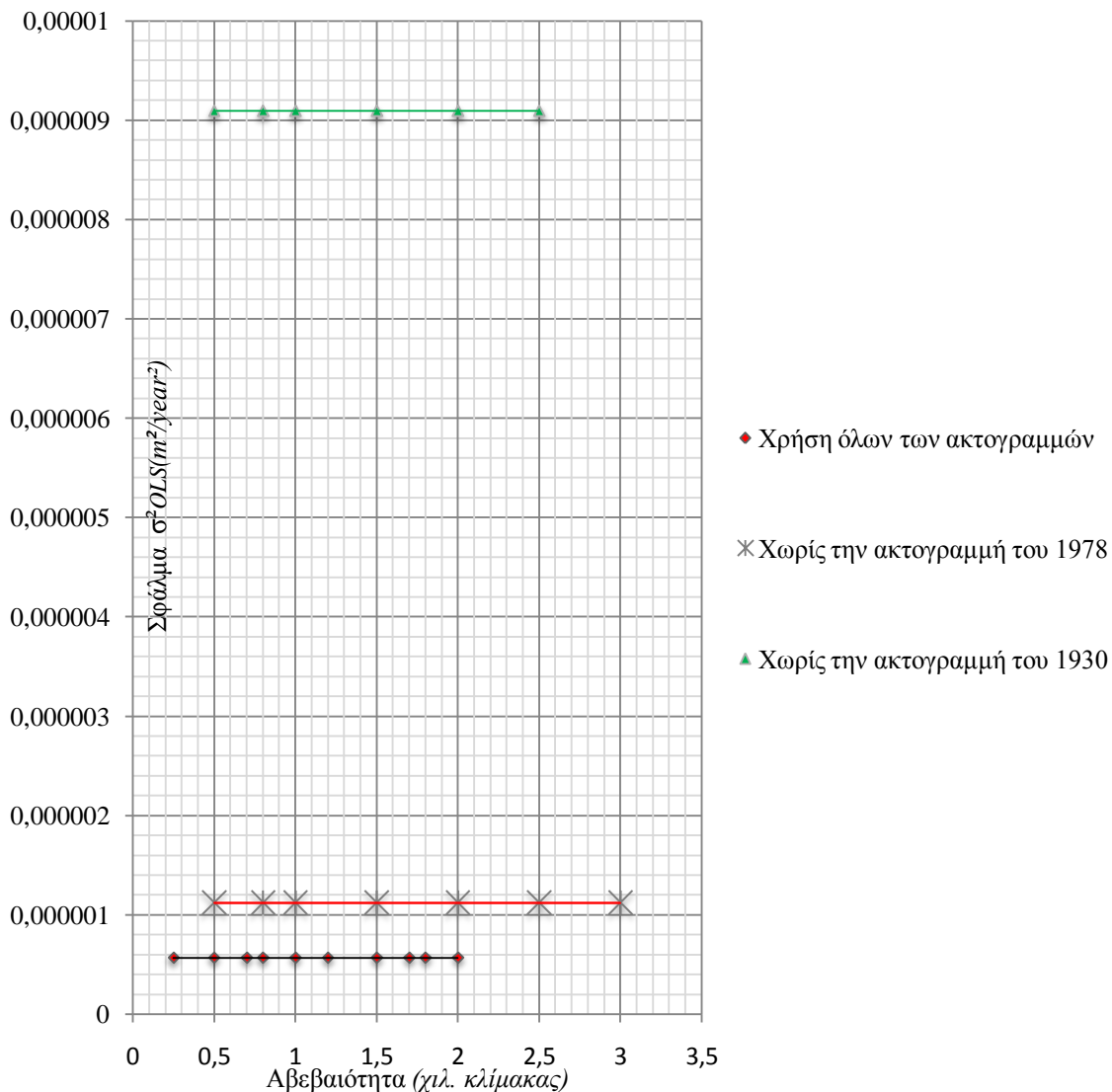
Στο διάγραμμα 28 παρατηρούμε πως τα σφάλματα στις μεθόδους WLS και RWLS δεν επηρεάζονται σημαντικά από την απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1978. Αντίθετα, βλέπουμε ότι η αβεβαιότητα της τελικής θέσης της ακτογραμμής αυξάνεται σημαντικά, όταν από την διαδικασία των υπολογισμών εξαιρέσουμε την παλαιότερη ακτογραμμή, του 1930. Συνεπώς, παρατηρούμε, πως, και στην περιοχή των Φανών, οι μέθοδοι WLS και RWLS εξάγουν αποτελέσματα εξέλιξης της ακτογραμμής με μεγάλο σφάλμα, όταν υπάρχουν δεδομένα που αντιστοιχούν σε ένα περιορισμένο χρονικό εύρος.



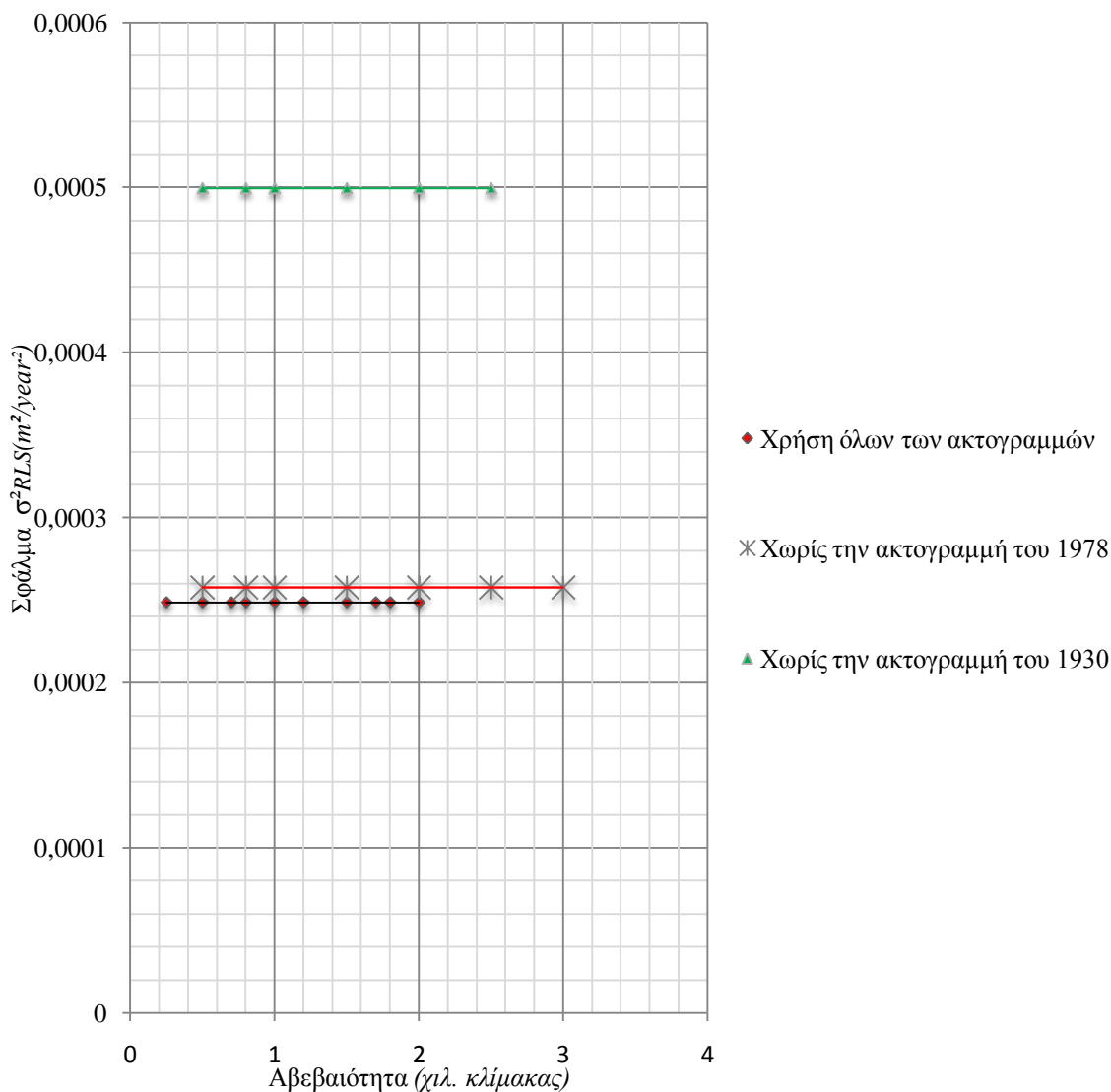
Διάγραμμα 28: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο WLS και RWLS· αποτελέσματα 5^{ης}, 6^{ης} και 7^{ης} φάσης υπολογισμών

Παρόμοια «συμπεριφορά» παρουσιάζουν και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα, χωρίς βάρη. Έτσι, στα διαγράμματα 29 και 30, των μεθόδων OLS και RLS, αν και ο θόρυβος στην τελική τιμή μεταβολής της θέσης κάθε σημείου της ακτογραμμής παραμένει σταθερός (αφού εφαρμόζεται η παραδοχή των ισοβαρών παρατηρήσεων), παρατηρείται σημαντική αύξησή του, όταν από τις διαθέσιμες ακτογραμμές αποκλεισθεί η παλαιότερη, που αντιστοιχεί στην χρονολογία του 1930. Συγκεκριμένα, στη μέθοδο OLS, ο αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1930 συνεπάγεται τον εννιαπλασιασμό του τελικού σφάλματος, ενώ στη μέθοδο RLS, ο θόρυβος διπλασιάζεται. Βέβαια, όπως αναφέρθηκε, η μέθοδος RLS, δεν ενδείκνυται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει περιορισμένος όγκος δεδομένων, λόγω εφαρμογής του κριτηρίου των ακραίων τιμών. Παρά όλ' αυτά, ακόμη και σε αυτή την εφαρμογή, ο τελικός θόρυβος θέσης, συμπεριφέρεται κατά τρόπο όμοιο με τον αντίστοιχο που υπολογίστηκε στην περιοχή Αφάντου.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως και στην περιοχή των Φανών, οι μέθοδοι υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής που χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία των ελαχίστων τετραγώνων, επηρεάζονται από την σημαντική μεταβολή του χρονικού εύρους των διαθέσιμων δεδομένων και της διαθέσιμης γεωπληροφορίας.



Διάγραμμα 29: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο OLS· αποτελέσματα 5^{ης}, 6^{ης} και 7^{ης} φάσης υπολογισμών



Διάγραμμα 30: Η κατανομή του τελικού σφάλματος του ρυθμού μεταβολής με τη μέθοδο RLS· αποτελέσματα 5^{ης}, 6^{ης} και 7^{ης} φάσης υπολογισμών

15.5 Σύγκριση της μεταβολής του σήματος του ρυθμού μεταβολής σε σχέση με τη μεταβολή του τελικού θορύβου

Προκειμένου να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του θορύβου σε σχέση με τη μεταβολή του σήματος του ρυθμού μεταβολής, εργαστήκαμε κατά όμοιο τρόπο με την περιοχή Αφάντου. Έτσι, για αβεβαιότητα 1 mm της κλίμακας, υπολογίσθηκαν οι λόγοι των ρυθμών μεταβολής, όπως αυτοί υπολογίσθηκαν με τη χρήση 3 ακτογραμμών (αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930 και έπειτα του 1978), ως προς τον ρυθμό μεταβολής που προέκυψε από τη χρήση και των τεσσάρων διαθέσιμων ακτογραμμών (ο οποίος θεωρήθηκε και ως τιμή αναφοράς). Επίσης, οι λόγοι αυτοί υπολογίσθηκαν και για τα αντίστοιχα σφάλματα. Αναλυτικότερα, στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μεταβολές αυτές:

Πίνακας 14: Οι μεταβολές του σήματος του ρυθμού μεταβολής σε σχέση με τις μεταβολές του τελικού θορύβου

EPR					
	EPR1	EPR2	EPR3		
<i>α.κ.: Imm</i>	4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	EPR2/EPR1	EPR3/EPR1
P.M.:	-0,7397	-0,52764	-0,7397	0,71	1
σ	±0,061741	±0,15155	±0,061741	2,45	1

AOR					
	AOR1	AOR2	AOR3		
<i>α.κ.: Imm</i>	4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	AOR2/AOR1	AOR3/AOR1
P.M.:	-0,65871	-0,46306	-0,48966	0,70	0,74
σ	±0,14868	±0,55197	±0,33591	3,71	2,26

OLS					
	OLS1	OLS2	OLS3		
<i>α.κ.: Imm</i>	4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	OLS2/OLS1	OLS3/OLS1
P.M.:	-0,80156	-0,55895	-0,80227	0,70	1,00
σ	±0,00075431	±0,0030156	±0,0010595	4,00	1,40

RLS					
	RLS	RLS2	RLS3		
<i>α.κ.: Imm</i>	4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	RLS2/RLS1	RLS3/RLS1
P.M.:	-0,45019	-0,061634	-0,45247	0,14	1,01
σ	±0,015768	±0,02235	±0,016052	1,42	1,02

WLS / RWLS					
	WLS1	WLS2	WLS3		
<i>α.κ.: Imm</i>	4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	WLS2/WLS1	WLS3/WLS1
P.M.:	-0,68658	-0,41535	-0,7122	0,60	1,04
σ	±0,0072274	±0,017859	±0,007788	2,47	1,08

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως ο αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1932 από τη διαδικασία υπολογισμών επιφέρει μεταβολή στο σήμα του ρυθμού μεταβολής έως και 86 % (μέθοδος RLS), το a posteriori σφάλμα παρουσιάζει αύξηση μέχρι και 400% (μέθοδος OLS). Αξίζει να σημειωθεί, όμως, πως τα σφάλματα δε μεταβάλλονται κατ' αναλογία της μεταβολής του υπολογισθέντος ρυθμού. Επιπρόσθετα, συγκριτικά με τα αντίστοιχα αποτελέσματα κατά τη μελέτη της παραλίας Αφάντου, οι μεταβολές, τόσο των τελικών σφαλμάτων όσο και των ρυθμών μεταβολής είναι σαφώς μεγαλύτερες, γεγονός το οποίο οφείλεται στον περιορισμένο όγκο διαθέσιμων δεδομένων.

Επίσης, από τους πίνακες 6 και 14, που αντιστοιχούν στην περιοχή Αφάντου και Φάνες, επιβεβαιώνεται η αρχική μας υπόθεση (σελ. 84) σχετικά με το πρόσημο του σήματος του ρυθμού μεταβολής. Έτσι, κατά τη χρήση των διάφορων μεθόδων υπολογισμού της μεταβολής της ακτογραμμής, η απομάκρυνση χρονικά ακραίων ακτογραμμών ενδέχεται να επηρεάσει σημαντικά τη μεταβολή του τελικού υπολογισθέντος ρυθμού, σε σημείο τέτοιο ώστε να μεταβληθεί το πρόσημό του.

Πίνακας 15: Η μεταβολή του σφάλματος σε σχέση με την μεταβολή του τελικού ρυθμού κατά τις μεθόδους WLS και RWLS, για διαφορετικές αβεβαιότητες κλίμακας

		WLS / RWLS				
		WLS1	WLS2	WLS3		
A.K.		4 AKT	3 AKT (X. 1930)	3 AKT (X. 1978)	WLS2/WLS1	WLS3/WLS1
0,50	P.M.:	-0,68658	-0,41535	-0,7122	0,60	1,71
	σ	±0,0036137	±0,0089295	±0,003894	2,47	0,44
1	P.M.:	-0,68658	-0,41535	-0,7122	0,60	1,71
	σ	±0,0072274	±0,017859	±0,007788	2,47	0,44
1,5	P.M.:	-0,68658	-0,41535	-0,7122	0,60	1,71
	σ	±0,010841	±0,026788	±0,011682	2,47	0,44

Τέλος, όπως παρατηρούμε και στον παραπάνω πίνακα, η ποσοστιαία μεταβολή του σφάλματος του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής, δεν επηρεάζεται από την αύξηση ή μείωση της αρχικής αβεβαιότητας. Επιπρόσθετα, ενώ στην περιοχή Αφάντου η απομάκρυνση από τους υπολογισμούς μίας χρονικά ενδιάμεσης ακτογραμμής επέφερε μικρή μεταβολή στο σήμα του ρυθμού μεταβολής και στο αντίστοιχο σφάλμα (πιν. 7), στην περιοχή Φάνες παρατηρείται σημαντική μεταβολή του σήματος του ρυθμού (ποσοστό 71 %) με ταυτόχρονη μεταβολή του τελικού θορύβου κατά 44 %. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στον περιορισμένο αριθμό διαθέσιμων ακτογραμμών (αφού οι τρεις ακτογραμμές αποτελούν τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό για την πραγματοποίηση οποιασδήποτε μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων – εκτός της JK) (σελ. 84).

16 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ BINNING ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΝΕΣ

Κατά παρόμοιο τρόπο με την περιοχή Αφάντου, εργαστήκαμε και για την παραλία των Φανών. Έτσι, προκειμένου να εξετάσουμε την εξέλιξη της ακτογραμμής τμηματικά, εφαρμόσαμε την μέθοδο binning. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιεί στατιστικούς ελέγχους, χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες ακτογραμμές σε συνεχείς και εναλλασσόμενους συνδυασμούς διατομών. Και στην περιοχή των Φανών, εφαρμόσαμε στην μέθοδο αυτή την OLS, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Shev προκειμένου να επισημανθούν τυχόν διαφορές στις υπολογισθείσες τιμές, τόσο των ρυθμών μεταβολής, όσο και των σφαλμάτων θέσης.

Η μέθοδος Binning εφαρμόστηκε για διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών, προκειμένου να κρίνουμε τελικά το βαθμό κατά τον οποίο αυτή επηρεάζεται από την προσθήκη ή τον αποκλεισμό γεωπληροφορίας. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν τρεις εφαρμογές· η 1^η αφορούσε τη χρήση όλων των διαθέσιμων ακτογραμμών, στη 2^η αποκλείστηκε η ακτογραμμή του 1930 (κλίμακας 1:5000), και τέλος, κατά την 3^η εφαρμογή αποκλείστηκε η ακτογραμμή του 1978 (κλίμακας 1:5000).

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των εφαρμογών binning, όπως αυτές εκτελέστηκαν με ενιαία αρχική αβεβαιότητα θέσης 0,7 mm της κλίμακας, και αποστάσεις $d = 2 \times 10m = 20 m$, διπλάσιες, δηλαδή, της αρχικής, μεταξύ των διατομών, απόστασης.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα της μεθόδου binning στην περιοχή Φάνες

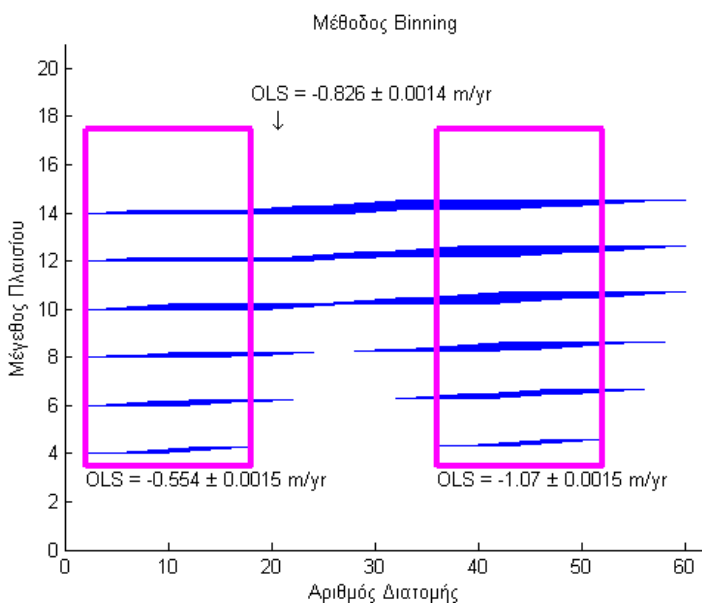
Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας- 4 ακτογραμμές (όλες)			
Διατομές:	1 έως 18	-0,554	$\pm 0,0015$
	19 έως 36	-0,826	$\pm 0,0014$
	37 έως 61	-1,07	$\pm 0,0015$
Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας - 3 ακτογραμμές (εκτός την 1978)			
Διατομές:	1 έως 18	-0,556	$\pm 0,0021$
	19 έως 36	-0,827	$\pm 0,002$
	37 έως 61	-1,07	$\pm 0,0021$

Εφαρμογή binning (OLS) - διατομές 20 m - αβεβαιότητα 0,7 mm κλίμακας - 3 ακτογραμμές (εκτός την 1930)

Διατομές:	1 έως 16	-0,237	± 0,0063
	17 έως 38	-0,594	± 0,005
	39 έως 61	-0,824	± 0,0063

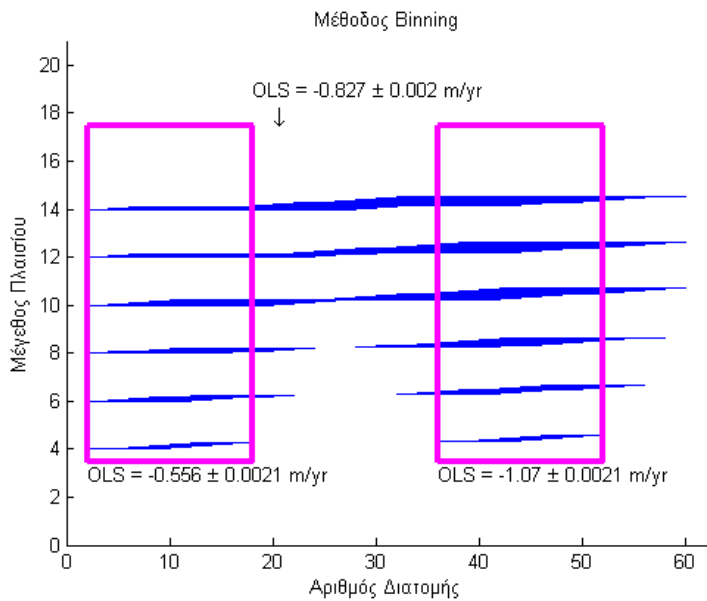
Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα 12, η απομάκρυνση της ακτογραμμής του 1978 από τη διαδικασία υπολογισμών της μεθόδου binning, δεν επιφέρει κάποια σημαντική διαφορά, τόσο στις τιμές των τελικών ρυθμών μεταβολής, όσο και στα a posteriori σφάλματα θέσης. Παρά όλ' αυτά, ο αποκλεισμός της ακτογραμμής του 1930, προκαλεί σημαντικές μεταβολές στις τιμές των υπολογισθέντων ρυθμών μεταβολής των επιμέρους χωρισμένων τμημάτων, ενώ παράλληλα τριπλασιάζει το τελικό σφάλμα θέσης.

Η μέθοδος binning, εφαρμοζόμενη και στην περιοχή των Φανών, επιβεβαιώνει γι' ακόμη μία φορά το συμπέρασμα που εξήχθη κατά τη μελέτη της ακτογραμμής στα Αφάντου: Τόσο η μέθοδος binning, όσο και η OLS -η οποία χρησιμοποιείται από τη συγκεκριμένη binning- είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στην σημαντική μεταβολή του χρονικού εύρους των διαθέσιμων ακτογραμμών.

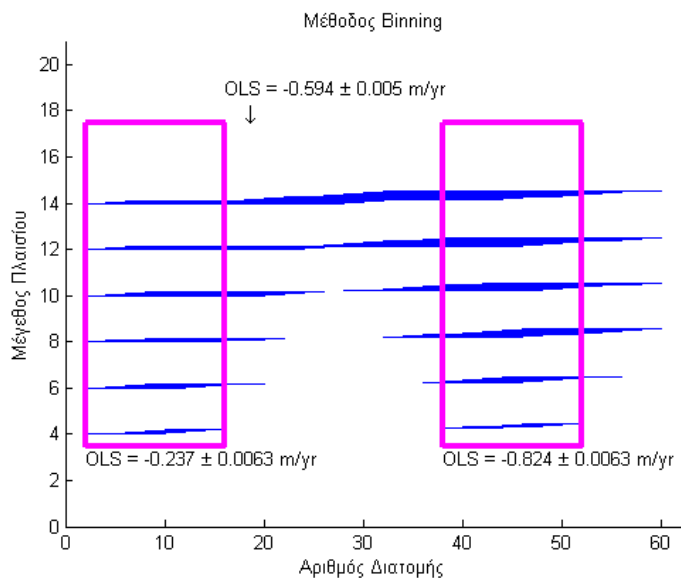


Εικόνα 21: Η μέθοδος binning με χρήση όλων των ακτογραμμών

Επιπρόσθετα, και στην περιοχή των Φανών, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι ο μέσος όρος των ρυθμών μεταβολής των επιμέρους τμημάτων της ακτογραμμής που παρουσιάζουν κοινή τάση (όπως υπολογίζεται με τη χρήση της binning), ισούται με τον ρυθμό μεταβολής που υπολογίζει η OLS (αντιμετωπίζοντας την ακτογραμμή ως ενιαία).



Εικόνα 22: Η μέθοδος binning με αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1978



Εικόνα 23: Η μέθοδος binning με αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930

17 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την συμπεριφορά του θορύβου θέσης που εξάγει κάθε μία από τις μελετώμενες μεθόδους υπολογισμού του ρυθμού εξέλιξης της ακτογραμμής, μέσα από τη μελέτη των δύο -διαφορετικού προσανατολισμού- περιοχών της νήσου Ρόδου, Αφάντου και Φάνες.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν 53 συνολικά εφαρμογές του λογισμικού Shev για διαφορετικές αβεβαιότητες κλίμακας και με διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών, προκειμένου να εξετασθεί ο θόρυβος κάθε μεθόδου κατά τον αποκλεισμό διαφορετικών χρονικά ακτογραμμών. Με στόχο να διευρύνουμε τα στατιστικά στοιχεία που προκύπτουν από τη μελέτη των περιοχών αυτών, πραγματοποιήθηκαν εφαρμογές με σταθερή αρχική αβεβαιότητα σε όλες τις ακτογραμμές που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση γεωπληροφορίας από διαφορετικές πηγές. Έτσι, παρόλο που μία ορθότερη μελέτη γενικότερης συμπεριφοράς της ακτογραμμής θα προϋπέθετε τον ορισμό διαφορετικών τιμών αβεβαιοτήτων, ανάλογα με την παλαιότητα της γεωπληροφορίας ή της διαδικασίας αποτύπωσής της, η εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων και μία καλύτερη εικόνα σχετικά με την επίδραση της προσθαφαίρεσης δεδομένων θέσης, δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί, παρά μόνο με τον καθορισμό σταθερής τιμής αβεβαιότητας.

17.1 Γενικότερα συμπεράσματα για τη χρησιμότητα των μελετώμενων μεθόδων μελέτης της εξέλιξης της ακτογραμμής

Ο θόρυβος του τελικού αποτελέσματος που εξάγει η μέθοδος EPR, είναι ανάλογος του χρονικού διαστήματος των ακτογραμμών που συμμετέχουν στους υπολογισμούς, καθώς και του a priori σφάλματος θέσης τους. Έτσι, εάν χρησιμοποιηθούν ακτογραμμές με μεγάλη χρονική διαφορά και οι οποίες έχουν αποτυπωθεί με σχετικά μικρό σφάλμα, τότε το εξαγόμενο σφάλμα του ρυθμού μεταβολής θα είναι μικρό. Όμως, το αποτέλεσμα αυτό δε θα ανταποκρίνεται πλήρως στη δυναμική εξέλιξη της ακτογραμμής, καθώς δεν θα έχει ληφθεί υπ' όψιν η μεταβολή της ακτογραμμής κατά ενδιάμεσες χρονολογίες.

Η μέθοδος AOR, αν και εφαρμόζει το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου, είναι επιρρεπής στην ύπαρξη ακτογραμμών με μεγάλη αρχική αβεβαιότητα, καθώς επίσης και στην αποκλειστική χρήση χρονικά πρόσφατων ακτογραμμών. Ένα αξιόπιστο εξαγόμενο αποτέλεσμα της μεθόδου αυτής θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση ακτογραμμών ενός μεγάλου εύρους χρονολογιών, οι οποίες θα έχουν αποτυπωθεί με σχετικά μικρό σφάλμα. Το γεγονός, όμως, πως όσο πιο παλιά είναι η διαθέσιμη γεωπληροφορία, τόσο μεγαλύτερη αβεβαιότητα έχει, καθιστά την εύρεση κατάλληλου υλικού για την AOR μία αρκετά δύσκολη διαδικασία.

Αν και η διαδικασία υπολογισμών που χρησιμοποιεί η μέθοδος AER είναι απλή, ωστόσο τα εξαγόμενα αποτελέσματά της δεν είναι αξιόπιστα, αφού από τους διαφορετικούς συνδυασμούς ακτογραμμών που πραγματοποιήσαμε κατά την εφαρμογή της, προέκυψαν διαφορετικά

αποτελέσματα. Συνεπώς, η μέθοδος AER δεν ενδείκνυται, αφού η χρήση ζευγών διαδοχικών ακτογραμμών φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τον τελικό ρυθμό μεταβολής.

Η μέθοδος OLS, δεν επηρεάζεται από τη χρήση πληροφοριών με μεγάλο σφάλμα, παρά όλ' αυτά, φαίνεται πως το σφάλμα του τελικού ρυθμού μεταβολής είναι πολύ μεγαλύτερο εάν αποκλεισθούν παλιά χρονικά δεδομένα, σε σχέση με τη χρήση όλης της διαθέσιμης γεωπληροφορίας. Επιπρόσθετα, η θεώρηση ισοβαρών παρατηρήσεων, συνεπάγεται ένα σταθερό *a posteriori* σφάλμα, το οποίο παραμένει ανεπηρέαστο από τις θεωρήσεις διαφορετικών αρχικών αβεβαιοτήτων. Παρομοίως συμβαίνει και στη μέθοδο JK, η οποία αποτελεί μία βελτιστοποίηση της μεθόδου OLS.

Από την άλλη, η μέθοδος WLS, η οποία θέτει βάρη στις διαθέσιμες παρατηρήσεις ανάλογα με την αρχική αβεβαιότητα θέσης των ακτογραμμών, δεν επηρεάζεται από τον αποκλεισμό σχετικά πρόσφατων ακτογραμμών, αλλά από τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1932, στην περίπτωση της περιοχής Αφάντου, και της ακτογραμμής του 1930 στην περιοχή Φανών. Συνεπώς, η μέθοδος WLS εξάγει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται μεγάλος όγκος γεωπληροφορίας, που να αναφέρεται σε πολλά χρόνια στο παρελθόν, χωρίς να προϋποθέτει μεγάλες ακρίβειες στα διαθέσιμα στοιχεία, αφού σε αυτά ορίζονται βάρη, και συμμετέχουν στους υπολογισμούς κατά βαθμό τέτοιο που συνδέεται με τα αρχικά σφάλματα. Επιπρόσθετα, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στην OLS, το τελικό σφάλμα του ρυθμού μεταβολής που υπολογίζει η WLS επηρεάζεται εκθετικά από την αύξηση του *a priori* σφάλματος.

Η μέθοδος RLS, ενδείκνυται στις περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλος όγκος διαθέσιμης πληροφορίας, ώστε η απομάκρυνση τιμών που θα επιθυμούσε ο μελετητής να μην συμμετέχουν στους υπολογισμούς, θεωρώντας τις ως ακραίες με τη χρήση φίλτρου, να μην επηρεάζει σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της παρούσας μελέτης. Επιπρόσθετα, η θεώρηση ισοβαρών παρατηρήσεων, καθιστά τη μέθοδο αυτή, για τη συγκεκριμένη μελέτη, αναξιόπιστη, αφού, πέραν του αποκλεισμού σημαντικών «ακραίων» τιμών, όλες οι υπόλοιπες διαθέσιμες θέσεις ακτογραμμών αντιμετωπίστηκαν ως ισοβαρείς, ανεξάρτητα από τις διαφορετικές αβεβαιότητες που ορίστηκαν κατά τις εφαρμογές του λογισμικού Shev.

Η μέθοδος WLAD, δεν εξάγει αποτελέσματα που να ανταποκρίνονται σε μία δυναμική εξέλιξη της ακτογραμμής, αφού δεν κατέστη δυνατό να οριστούν ορθά τα εύρη τιμών των αγνώστων παραμέτρων που χρησιμοποιεί η μέθοδος αυτή, προκειμένου να γίνει η εύρεση του καλύτερου συνδυασμού των τιμών τους. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιεί έναν μεγάλο όγκο υπολογισμών, γι' αυτό και απαιτεί υπολογιστικά μηχανήματα που διαθέτουν αρκετή μνήμη τυχαίας προσπέλασης. Συνεπώς, οι συμβατικοί υπολογιστές δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν σε βαθμό τέτοιο ώστε να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα.

Τέλος, η μέθοδος Binning χωρίζει την περιοχή μελέτης σε τμήματα που παρουσιάζουν κοινή «συμπεριφορά». Έτσι, ενώ όλες οι υπόλοιπες μέθοδοι υπολογίζουν έναν μέσο ρυθμό μεταβολής, αδυνατούν να εξάγουν αξιόπιστα αποτελέσματα στις περιπτώσεις που η μεταβολή της ακτογραμμής δεν ακολουθεί μία ομοιόμορφη τάση. Συνεπώς, όταν η binning συνδυάζεται με τη βέλτιστη, για μία συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και για συγκεκριμένη διαθέσιμη γεωπληροφορία, μέθοδο μελέτης της εξέλιξης της ακτογραμμής, τότε τα εξαγόμενα

αποτελέσματα θα είναι περισσότερο αξιόπιστα συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη μεμονωμένη μέθοδο υπολογισμού.

17.2 Συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του τελικού θορύβου του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής που υπολογίζει κάθε μέθοδος

Όπως εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς από τα εξαγόμενα διαγράμματα που απεικονίζουν την κατανομή του *a posteriori* σφάλματος κάθε μεθόδου, τα αποτελέσματα που προκύπτουν της μελέτης της παράκτιας περιοχής των Φανών, επιβεβαιώνουν τα αρχικά συμπεράσματα που συνδέονται με την ακτογραμμή στα Αφάντου.

Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδοι EPR, AOR, WLS και RWLS, κατά την μελέτη και των δύο περιοχών, παρουσιάζουν θόρυβο κατά τον υπολογισμό του τελικού ρυθμού μεταβολής ο οποίος κατανέμεται εκθετικά, συναρτήσει της αρχικής αβεβαιότητας θέσης, η οποία καθορίζεται από την κλίμακα της χρησιμοποιούμενης γεωπληροφορίας. Η εκθετική κατανομή των *a posteriori* σφαλμάτων των EPR και AOR, έγκειται στο γεγονός ότι η μεταβολή της αρχικής αβεβαιότητας όπως αυτή καθορίζεται από τον μελετητή, συνεπάγεται την μεταβολή της *a priori* αβεβαιότητας θέσης, η οποία υπεισέρχεται στους υπολογισμούς, και κατά συνέπεια, επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα. Οι μέθοδοι WLS και RWLS ήταν αναμενόμενο να παρουσιάσουν εκθετική κατανομή του τελικού σφάλματος θέσης, καθ' ότι οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζουν βάρη στα διαθέσιμα δεδομένα. Αντίθετα, οι μέθοδοι OLS και RLS εμφανίζουν μία σταθερή τιμή θορύβου, γεγονός το οποίο οφείλεται στην παραδοχή ότι τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία υπολογισμών είναι ισοβαρή, κατά συνέπεια, είναι ανεπηρέαστα από την αρχική αβεβαιότητα θέσης (αφού η τιμή αυτής δεν υπεισέρχεται στους υπολογισμούς).

Επιπρόσθετα, με δεδομένο ότι η μέθοδος EPR χρησιμοποιεί αποκλειστικά την πιο πρόσφατη και την παλαιότερη ακτογραμμή, παρατηρήσαμε και στις δύο περιοχές, πως οποιαδήποτε μεταβολή του ζεύγους ακτογραμμών που χρησιμοποιείται, έχει ως συνέπεια την εξαγωγή ενός τελειώς διαφορετικού ρυθμού μεταβολής, καθώς και την εξαγωγή ενός διαφορετικού τελικού σφάλματος.

Η μέθοδος AOR, αν και στην περιοχή Αφάντου φάνηκε να είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στην χρήση γεωπληροφορίας με μεγάλη αρχική αβεβαιότητα, ωστόσο δεν μπορούμε να γενικεύσουμε το συμπέρασμα αυτό, καθώς στην περιοχή των Φανών δεν υπήρξε η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε ακτογραμμές με διαφορετική -μεγαλύτερη ή μικρότερη- κλίμακα (και κατά συνέπεια, αρχική αβεβαιότητα). Παρά όλ' αυτά, παρατηρήσαμε και στις δύο περιοχές μελέτης πως ο θόρυβος που εξάγει η μέθοδος αυτή είναι ανάλογος του χρονικού εύρους, γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο, αφού η AOR εφαρμόζει το κριτήριο του ελαχίστου χρόνου.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα αφορούν την συμπεριφορά του θορύβου κάθε μεθόδου που χρησιμοποιεί τη διαδικασία υπολογισμών των ελαχίστων τετραγώνων. Έτσι, κατά τη μελέτη της παραλίας Αφάντου, εξήχθη το συμπέρασμα ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα (OLS, RLS, WLS, RWLS) δεν είναι επιρρεπείς στην αρχική αβεβαιότητα θέσης, αλλά επηρεάζονται σημαντικά, ως προς την τιμή του θορύβου που εξάγουν κατά τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής, από την σημαντική αύξηση ή μείωση του χρονικού εύρους

των διαθέσιμων ακτογραμμών. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώθηκε και κατά τη μελέτη της παράκτιας περιοχής των Φανών. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, και στις δύο περιοχές, πως όταν πραγματοποιούνταν υπολογισμοί με αποκλεισμό της παλαιότερης ακτογραμμής (του 1932 και 1930 αντίστοιχα), το *a posteriori* σφάλμα θέσης πολλαπλασιαζόταν, ενώ όταν πραγματοποιούνταν αποκλεισμός κάποια ενδιάμεσης χρονικά ακτογραμμής, το τελικό σφάλμα θέσης δεν παρουσίαζε σημαντικές μεταβολές.

Η ίδια τάση παρατηρήθηκε και στο σήμα του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών. Παρ' όλα αυτά, δεν μπορεί να γενικευθεί ένα τέτοιο συμπέρασμα, καθώς οι χρησιμοποιούμενες ακτογραμμές στην περιοχή των Φανών, μετά και τον αποκλεισμό μία ακτογραμμής (χρονικά ενδιάμεσης ή ακραίας), ανέρχονταν στις τρεις, αριθμός ο οποίος αποτελεί τον ελάχιστο για την εφαρμογή μεθόδων που χρησιμοποιούν ελάχιστα τετράγωνα. Για το σκοπό αυτό, κρίνεται ότι η τιμή του ρυθμού μεταβολής επηρεάστηκε σε μεγαλύτερο βαθμό από την περιορισμένη διαθέσιμη γεωπληροφορία. Εντούτοις, η μεταβολή στο σήμα του ρυθμού ήταν μεγαλύτερη κατά τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1930, σε σχέση με τον αποκλεισμό της ακτογραμμής του 1978.

Οι μέθοδοι WLS και RWLS παρουσίαζαν μία εκθετική κατανομή του τελικού σφάλματος, η καμπύλη της οποίας αύξανε απότομα, όταν το χρονικό εύρος μελέτης μειωνόταν, από τα 79 στα 42 χρόνια για την περιοχή Αφάντου, και από τα 81 στα 33 χρόνια για την περιοχή Φάνες. Επιπρόσθετα, αν και οι μέθοδοι OLS και RLS υπολόγιζαν μία σταθερή τιμή θορύβου συναρτήσει της αβεβαιότητας κλίμακας, ωστόσο η τιμή αυτή αύξανε σημαντικά με τον αποκλεισμό της παλαιότερης ακτογραμμής.

Επιπρόσθετα, στη μέθοδο RLS, κατά τη μελέτη της ακτογραμμής Αφάντου, παρατηρείται αύξηση του θορύβου του ρυθμού μεταβολής όταν εξαιρεθούν από τους υπολογισμούς οι ακτογραμμές με μεγαλύτερη αρχική αβεβαιότητα, σε σχέση με το αποτέλεσμα που προκύπτει εάν χρησιμοποιηθούν όλες οι διαθέσιμες ακτογραμμές. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν κατέστη δυνατό να επιβεβαιωθεί από τη μελέτη των Φανών, αφού στη συγκεκριμένη περιοχή υπήρχε περιορισμένη διαθέσιμη γεωπληροφορία.

Τέλος, η εφαρμογή της Binning με τη χρήση της μεθόδου OLS, και στις δύο περιοχές μελέτης, τμηματοποίησε τα δεδομένα ανάλογα με την «τάση» της ακτογραμμής σε διαδοχικές διατομές. Παράλληλα, το τελικό σφάλμα θέσης δεν παρουσίαζε ιδιαίτερες μεταβολές όταν πραγματοποιούνταν αποκλεισμός ενδιάμεσων χρονικά ακτογραμμών (του 1997 στα Αφάντου, και του 1978 στις Φάνες), αντίθετα, πολλαπλασιαζόταν όταν πραγματοποιήθηκε αποκλεισμός των παλαιότερων χρονικά ακτογραμμών (του 1932 και του 1930 αντίστοιχα), και κατά συνέπεια, του περιορισμού του χρονικού εύρους των διαθέσιμων ακτογραμμών. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε και στις δύο περιοχές μελέτης, ότι ο μέσος όρος των ρυθμών μεταβολής που προέκυπτε στα επιμέρους τμήματα ακτογραμμής με κοινή «τάση», ήταν σχεδόν ίσος με τον ρυθμό μεταβολής που εξήγαγε η μέθοδος OLS κατά τη μελέτη της ακτογραμμής ως ενιαίας. Επιβεβαιώνεται, λοιπόν, η υπεροχή το φίλτρου binning σε σχέση με την μέθοδο OLS, αφού απεικονίζει τμηματικά την τάση μεταβολής της ακτογραμμής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. United Nations Framework Convention on Climate Change, Αρ.1, παρ.3, United Nations, 1992
2. Michael E. Mann, Raymond S. Bradley, Malcolm K. Hughes, "Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations", American Geophysical Union, 1999
3. J.T. Houghton, IPCC. "Climate Change, 2001: The Scientific Basis: Contribution of the working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", ed. Cambridge University Press, 881p., 2001
4. Δημήτρης Δεληκαράογλου, Βασίλης Μασσίνας (Ασκήσεις), «Φίλτρα Kalman, με έμφαση στη σχέση τους με τη μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων», Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., 2007
5. John A. Church, Neil J. White, A 20th century acceleration in global sea-level rise, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, 2006,
6. J.A. Church, J.M. Gregory, « Changes in Sea Level», 2001
7. Jean-Pierre Gattuso, Stephen V. Smith, The Encyclopedia of Earth (www.eoearth.org), 15th April 2010
8. Ν. Κονισπολιάτης, «Σημειώσεις στο μάθημα ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2009
9. Timothy Beatley, David J. Brower, Anna K. Schwab, An introduction to coastal zone management, Island Press, 1994
10. Stanners D. & Bourdeau P. (ed), Europe's environment, The Dobris assessment, European Environment Agency, Copenhagen, 1995
11. E. Doukakis, "Coastal Vulnerability and Risk Parameters", International Symposium on Water Resources Management: Risk and Challenges for the 21st Century, Izmir, Turkey, 2-4 September, 2004
12. Ε. Δουκάκης, Ν. Πετρέλης, «Οριοθέτηση και διαχείριση της παράκτιας ζώνης», Αθήνα, 2006
13. Α. Σαμαράς, Χ. Κουτίνας, «Η επίδραση της αλλαγής χρήσεων γης στο πρόβλημα της παράκτιας διάβρωσης. Η περίπτωση της Φούγκρας στη Χαλκιδική», Κοινό Συνέδριο ΕΥΕ & ΕΕΔΥΠ, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε Συνθήκες Κλιματικών Αλλαγών, Βόλος, 27-30 Μαΐου, 2009
14. Ε. Δουκάκης, Ο δυναμικός χαρακτήρας του αιγιαλού και της παραλίας, Πανελλήνιο Συνέδριο «Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών», Ε.Μ.Π., Αθήνα 1999
15. Κ.Ι. Μουτζούρης, «Εισαγωγή στην ακτομηχανική», εκδόσεις ΕΜΠ, 2005

16. Ε. Δουκάκης, Μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών, Ε.Μ.Π., Ιανουάριος, 2007
17. R. Dolan, M.S. Fenster, S.J. Holme, Temporal Analysis of Shoreline recession and accretion, *Journal of Coastal Research*, 14 (3), 1025-1033, 1998
18. Αγατζά, Μπαλοδήμου, Θεωρία σφαλμάτων & συνροθώσεις Ι, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα, 2004
19. Jorma Rissanen, MDL Denoising, *IEEE Trans. Information Theory*, 46(7), pp. 2537-2543
20. M. Fenster R. Dolan, J. Elder, “A new method for predicting shoreline positions from historical data”, *Journal of Coastal Research*, 9 (1), 147-171, 1993
21. M. Crowell, B. Douglas, S. Leatherman, “On forecasting future U.S. shoreline positions: A test of algorithms”, *Journal of Coastal Research*, 13 (4), 1245-1255, 1997
22. P.J. Rousseeuw, A.M. Leroy, “Robust regression and outlier detection”, John Wiley and Sons, New York, Inc., p. 329, 1987
23. A. Genz, C. Fletcher, R. Dunn, L. N. Frazer, J. Rooney, “The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii”, *Journal of Coastal Research*, 23 (1), 87-105, West Palm Beach, Florida, 2007
24. D. Kleinbaum, L. Kupper, K. Muller, A. Nizam, “Applied regression analysis and other multivariable methods, 3rd edition”, Pacific Grove, California: Duxbury Press, p. 798, 1998
25. Α. Τσακίρη, «Μελέτη μεθόδων υπολογισμού παράκτιας εξέλιξης», Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., 2007
26. Παπαδοπούλου Κατερίνα, «Εκτίμηση αναγκών σε νερό και υδατικό ισοζύγιο για τη ΒΑ Ρόδο», Διπλωματική εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Οκτώβριος 2008

Διαδικτυακές πηγές

1. http://europa.eu/legislation_summaries/development/sectoral_development_policies/128102_el.htm
2. http://viosimotita.blogspot.com/2007/12/blog-post_4177.html
3. http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=el&langpair=en|el&rurl=translate.google.gr&twu=1&u=http://en.wikipedia.org/wiki/2010_United_Nations_Climate_Change_Conference&usg=ALkJrhg5wCTEhWuERnbHZNJo8uRwHRpChg
4. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/005.htm#figspm1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΟΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΘΕ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΦΑΝΤΟΥ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ														
2011		1997		1991		1978		1972		1969		1932		
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
1	875772,5766	4024976,1142	875775,1966	4024975,1692	875780,1536	4024973,3814	875765,5378	4024978,6528	875793,6531	4024968,5126	875787,2439	4024970,8242	875841,5006	4024951,2556
2	875776,2545	4024985,4132	875778,2679	4024984,6169	875783,4825	4024982,5544	875769,6238	4024988,0359	875797,2629	4024977,1040	875791,1877	4024979,5068	875845,2705	4024958,1158
3	875779,9325	4024994,7123	875783,8325	4024993,1698	875786,8727	4024991,9673	875773,2517	4024997,3547	875801,1374	4024986,3253	875794,6523	4024988,8903	875849,6757	4024967,1273
4	875783,6105	4025004,0114	875789,0299	4025001,8679	875790,2584	4025001,3820	875776,4297	4025006,8515	875805,0120	4024995,5466	875797,7865	4024998,4044	875854,1166	4024976,1246
5	875787,2527	4025013,3242	875789,1497	4025012,6171	875793,8127	4025010,8790	875779,5891	4025016,1807	875808,8057	4025005,2906	875801,7554	4025007,9185	875859,0229	4024986,5729
6	875790,7453	4025022,6944	875792,9595	4025021,8691	875797,0717	4025020,3363	875782,9923	4025025,5842	875812,3094	4025014,6567	875805,0721	4025017,3543	875863,8250	4024995,4551
7	875794,2379	4025032,0647	875796,7595	4025031,1248	875800,8702	4025029,5926	875786,3944	4025034,9882	875815,8131	4025024,0229	875808,3196	4025026,8159	875867,1573	4025004,8851
8	875797,7305	4025041,4349	875799,3887	4025040,8169	875804,3298	4025038,9752	875789,7796	4025044,3985	875819,3168	4025033,3890	875812,7813	4025035,8250	875869,3088	4025014,7552
9	875801,2232	4025050,8052	875803,0447	4025050,1262	875806,5247	4025048,8291	875792,8273	4025053,9346	875822,8204	4025042,7551	875817,0743	4025044,8969	875871,4617	4025024,6248
10	875804,7158	4025060,1754	875806,5706	4025059,4841	875810,3609	4025058,0713	875796,3672	4025063,2872	875826,3241	4025052,1212	875820,6243	4025054,2458	875873,1332	4025034,6739
11	875808,7278	4025069,3339	875810,0533	4025068,7456	875813,5036	4025067,2144	875800,2867	4025073,0799	875829,3410	4025060,1860	875822,8670	4025063,0591	875874,3201	4025040,2250
12	875812,7841	4025078,4742	875813,5732	4025078,1241	875816,9046	4025076,6456	875804,4247	4025082,1840	875832,8509	4025069,5689	875826,3154	4025072,4693	875877,7913	4025049,6250
13	875816,8405	4025087,6146	875817,2690	4025087,4244	875820,5329	4025085,9759	875807,8512	4025091,6039	875836,3609	4025078,9517	875829,9574	4025081,7935	875881,5373	4025058,9031

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

14	875820,8968	4025096,7549	875821,0271	4025096,6971	875824,1408	4025095,3153	875810,6032	4025101,3231	875839,8708	4025088,3346	875833,5101	4025091,1573	875884,0551	4025068,7262
15	875824,6685	4025106,0147	875824,7636	4025105,9771	875827,6133	4025104,8491	875813,3995	4025110,4753	875843,6709	4025098,4930	875836,8619	4025101,1882	875887,6072	4025081,1015
16	875828,3490	4025115,3128	875828,3492	4025115,3127	875831,2264	4025114,1738	875816,7451	4025119,9060	875847,1752	4025107,8608	875840,2949	4025110,5842	875889,6433	4025091,0505
17	875832,0294	4025124,6109	875831,9349	4025124,6483	875834,9408	4025123,4585	875820,9292	4025129,0047	875850,6795	4025117,2286	875844,3360	4025119,7396	875892,9602	4025100,4925
18	875835,7099	4025133,9089	875836,2590	4025133,6916	875838,5657	4025132,7785	875825,1823	4025138,0761	875854,1838	4025126,5964	875848,4854	4025128,8520	875896,0158	4025110,0379
19	875839,7867	4025143,0329	875840,6997	4025142,5906	875842,4431	4025141,7462	875829,9562	4025147,7945	875857,1807	4025134,6077	875852,2012	4025137,0196	875898,1535	4025114,7617
20	875844,1460	4025152,0327	875845,2043	4025151,5201	875846,4772	4025150,9035	875834,3653	4025156,7702	875860,7436	4025143,9933	875856,3435	4025146,1246	875901,8346	4025124,0900
21	875848,5052	4025161,0325	875849,8892	4025160,3622	875850,3845	4025160,1223	875838,7806	4025165,7429	875865,1906	4025152,9506	875861,0080	4025154,9765	875905,3586	4025133,4944
22	875852,8645	4025170,0323	875854,5227	4025169,2292	875854,2551	4025169,3588	875843,2747	4025174,6774	875869,6377	4025161,9079	875865,8077	4025163,7630	875909,4058	4025142,6454
23	875857,2237	4025179,0322	875859,1188	4025178,1143	875858,2374	4025178,5412	875847,7688	4025183,6119	875874,0847	4025170,8652	875870,5801	4025172,5628	875913,5114	4025151,7681
24	875861,5554	4025188,0453	875863,3305	4025187,1970	875862,3823	4025187,6501	875852,2385	4025192,4977	875878,5758	4025179,9114	875874,9234	4025181,6568	875916,6163	4025161,7322
25	875865,8672	4025197,0679	875867,2180	4025196,4224	875867,0800	4025196,4883	875856,9338	4025201,3371	875883,0231	4025188,8693	875879,0423	4025190,7717	875919,7161	4025171,3341
26	875870,1791	4025206,0906	875871,3971	4025205,5085	875871,6111	4025205,4062	875861,6561	4025210,1636	875887,6764	4025197,7288	875883,2498	4025199,8442	875923,2445	4025180,7311
27	875874,4909	4025215,1132	875875,9154	4025214,4325	875875,9957	4025214,3941	875866,3784	4025218,9901	875892,4254	4025206,5425	875887,0304	4025209,1207	875926,8818	4025190,0761
28	875878,9167	4025224,0775	875881,2986	4025222,7722	875880,4370	4025223,2443	875871,3327	4025228,2335	875896,6403	4025214,3649	875890,4291	4025217,7687	875929,1921	4025196,5266
29	875883,7224	4025232,8470	875887,4922	4025230,6556	875885,1228	4025232,0796	875876,0580	4025237,0471	875901,3839	4025223,1685	875895,3188	4025226,4922	875933,6343	4025205,4953
30	875888,5281	4025241,6166	875893,2213	4025239,0447	875889,8709	4025240,8807	875880,7892	4025245,8575	875906,1274	4025231,9722	875900,3357	4025235,1460	875938,4770	4025214,2446
31	875893,3338	4025250,3861	875898,1692	4025247,7364	875894,8222	4025249,5705	875885,6164	4025254,6153	875910,8710	4025240,7758	875905,7058	4025243,6063	875943,3586	4025222,9726
32	875898,1864	4025259,1294	875902,8387	4025256,4664	875899,6939	4025258,2665	875890,5224	4025263,5164	875915,6171	4025249,1519	875911,2610	4025251,6454	875948,0588	4025230,5820

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

33	875903,1542	4025267,8082	875907,7186	4025265,1955	875904,5408	4025267,0145	875895,3502	4025272,2753	875920,8321	4025257,6892	875916,3141	4025260,2753	875953,4339	4025239,0276
34	875908,1220	4025276,4870	875912,5986	4025273,9245	875909,4694	4025275,7157	875900,2973	4025280,9659	875926,0471	4025266,2265	875921,1289	4025269,0417	875959,0259	4025247,3490
35	875913,0898	4025285,1657	875917,6656	4025282,5465	875914,3759	4025284,4296	875905,3915	4025289,5723	875931,2620	4025274,7638	875925,9436	4025277,8081	875964,6067	4025255,6769
36	875918,0576	4025293,8445	875922,9547	4025291,0413	875919,2945	4025293,1365	875910,4858	4025298,1787	875936,4770	4025283,3010	875930,6962	4025286,6100	875970,7382	4025263,6896
37	875923,0592	4025302,5036	875928,1954	4025299,4583	875924,1813	4025301,8383	875915,6470	4025306,8983	875941,5207	4025291,5578	875935,3442	4025295,2198	875976,2196	4025270,9848
38	875928,1592	4025311,1053	875933,1618	4025308,1393	875929,0495	4025310,5775	875920,8246	4025315,4540	875946,7340	4025300,0923	875940,2196	4025303,9547	875981,7035	4025279,3589
39	875933,2592	4025319,7071	875937,9588	4025316,9207	875933,9131	4025319,3194	875926,4998	4025323,7147	875951,9473	4025308,6269	875945,1253	4025312,6717	875986,0742	4025288,3931
40	875938,3592	4025328,3088	875942,8136	4025325,6678	875938,7767	4025328,0613	875932,1750	4025331,9754	875957,1606	4025317,1614	875949,7658	4025321,5458	875989,5860	4025297,9364
41	875943,4591	4025336,9106	875948,3471	4025334,0125	875943,9997	4025336,5901	875937,6767	4025340,3390	875962,3739	4025325,6960	875954,7681	4025330,2055	875993,4926	4025307,2458
42	875948,4211	4025345,5926	875953,8438	4025342,5041	875949,2714	4025345,1083	875942,6739	4025348,8658	875967,7895	4025334,5616	875959,8849	4025339,0635	875997,3198	4025317,7430
43	875953,3700	4025354,2821	875959,1470	4025350,9919	875954,1588	4025353,8329	875947,7301	4025357,4942	875973,0612	4025343,0673	875965,0734	4025347,6166	876001,3365	4025326,9635
44	875958,3190	4025362,9716	875964,4502	4025359,4797	875959,2453	4025362,4440	875952,7490	4025366,1439	875978,4223	4025351,5221	875970,0924	4025356,2662	876005,7859	4025335,9376
45	875963,2680	4025371,6611	875969,3380	4025368,2040	875964,5420	4025370,9355	875957,7678	4025374,7937	875983,7835	4025359,9768	875975,0037	4025364,9772	876009,6081	4025345,2688
46	875968,1889	4025380,3665	875973,6496	4025377,2839	875969,8272	4025379,4417	875962,7747	4025383,4230	875989,1937	4025368,5089	875980,0908	4025373,6477	876014,1869	4025354,3996
47	875973,1049	4025389,0747	875977,9798	4025386,3228	875975,0108	4025387,9989	875967,8703	4025392,0298	875994,5559	4025376,9652	875984,9353	4025382,3962	876017,5859	4025363,9642
48	875978,0209	4025397,7830	875983,4436	4025394,7217	875980,1698	4025396,5699	875973,0006	4025400,6170	875999,9180	4025385,4215	875989,4992	4025391,3032	876021,1563	4025373,4321
49	875982,9369	4025406,4912	875988,9074	4025403,1207	875985,3148	4025405,1488	875978,1309	4025409,2043	876005,5700	4025393,7143	875993,6046	4025400,4690	876024,3259	4025383,1261
50	875988,0236	4025415,1003	875993,9258	4025411,5786	875990,3127	4025413,7344	875983,2730	4025417,9349	876011,1030	4025401,3293	875998,3835	4025408,9187	876026,9329	4025391,8839
51	875993,1476	4025423,6878	875998,9678	4025420,2150	875995,2363	4025422,4415	875988,3213	4025426,5675	876017,0051	4025409,4525	876003,6544	4025417,4186	876030,0656	4025401,6596

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

52	875998,2715	4025432,2753	876004,0524	4025428,8260	876000,2992	4025431,0654	875993,3440	4025435,2154	876022,9072	4025417,5757	876008,9558	4025425,9002	876034,1761	4025410,8518
53	876003,3955	4025440,8628	876009,2325	4025437,3800	876005,5130	4025439,5993	875998,3093	4025443,8976	876028,8094	4025425,6988	876013,9668	4025434,5551	876038,2201	4025420,0837
54	876008,5195	4025449,4502	876014,3997	4025445,9417	876010,4458	4025448,3009	876003,2023	4025452,6229	876034,7115	4025433,8220	876018,5872	4025443,4430	876042,3227	4025429,2806
55	876013,5789	4025458,0759	876019,3897	4025454,6687	876015,3249	4025457,0521	876008,0224	4025461,3340	876040,7556	4025442,1406	876022,9344	4025452,5902	876046,2844	4025438,8987
56	876018,6371	4025466,7023	876024,3538	4025463,3503	876020,0406	4025465,8794	876012,8654	4025470,0866	876045,7057	4025450,8304	876027,3967	4025461,5660	876050,2491	4025448,1663
57	876023,6953	4025475,3287	876029,3048	4025472,0395	876024,7625	4025474,7029	876017,6290	4025478,8858	876050,1901	4025459,7932	876032,1609	4025470,3648	876053,0256	4025458,1306
58	876028,7535	4025483,9551	876034,1524	4025480,7894	876029,4437	4025483,5504	876022,2490	4025487,7691	876054,6745	4025468,7561	876036,7576	4025479,2618	876054,9945	4025468,5684
59	876033,6679	4025492,6602	876039,1745	4025489,8541	876034,0991	4025492,4404	876026,6522	4025496,2353	876059,9369	4025479,2739	876042,0422	4025488,3928	876057,7755	4025480,3753
60	876038,2082	4025501,5701	876043,6452	4025498,7995	876038,9356	4025501,1994	876031,2664	4025505,1075	876064,4115	4025488,2173	876047,0857	4025497,0462	876060,4298	4025490,2463
61	876042,7485	4025510,4799	876047,9609	4025507,8237	876043,7066	4025509,9917	876036,0243	4025513,9065	876069,4323	4025496,8823	876052,0211	4025505,7547	876063,1681	4025500,0744
62	876047,2888	4025519,3898	876052,2767	4025516,8480	876048,3968	4025518,8252	876040,9047	4025522,6430	876074,8197	4025505,3605	876056,3064	4025514,7945	876066,1986	4025509,7536
63	876051,8291	4025528,2996	876056,5925	4025525,8723	876053,0760	4025527,6642	876045,7850	4025531,3796	876080,2072	4025513,8386	876060,7326	4025523,7625	876068,0824	4025520,0172
64	876056,3786	4025537,2048	876060,9058	4025534,8913	876057,7187	4025536,5200	876050,6690	4025540,1226	876085,5744	4025522,2851	876064,5641	4025533,0218	876070,2639	4025530,1091
65	876060,9291	4025546,1095	876065,2879	4025543,8820	876061,9530	4025545,5862	876055,4805	4025548,8939	876089,7700	4025531,3711	876068,9736	4025541,9986	876073,5568	4025539,6564
66	876065,4795	4025555,0142	876069,8351	4025552,7884	876066,2558	4025554,6175	876060,1678	4025557,7286	876093,9534	4025540,4634	876073,7271	4025550,7995	876076,9597	4025549,1475
67	876070,0300	4025563,9188	876074,5963	4025561,5853	876071,0763	4025563,3842	876064,8551	4025566,5633	876098,1368	4025549,5556	876078,6416	4025559,5181	876080,5476	4025558,5441
68	876074,6612	4025572,7795	876079,2590	4025570,1140	876075,1610	4025572,4898	876069,6841	4025575,6650	876101,6206	4025557,1497	876083,5700	4025567,6146	876083,9254	4025567,4086
69	876079,6768	4025581,4308	876083,4786	4025579,2266	876079,4088	4025581,5861	876074,3604	4025584,5130	876105,7776	4025566,2987	876088,8008	4025576,1411	876087,8251	4025576,7067
70	876084,6924	4025590,0820	876087,7606	4025588,3032	876084,1937	4025590,3711	876079,0480	4025593,3543	876109,9346	4025575,4477	876093,6225	4025584,9047	876091,6638	4025586,0403

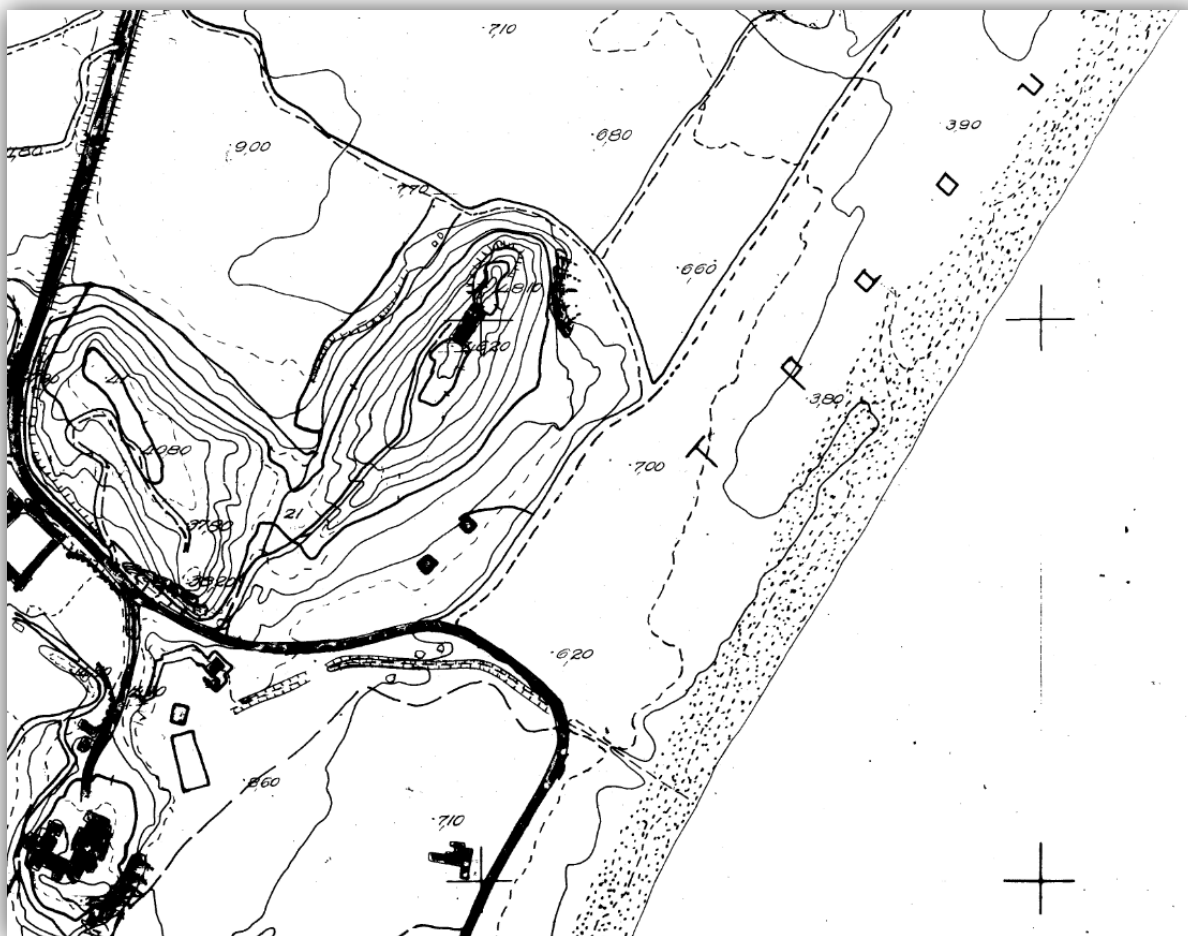
Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

71	876089,7080	4025598,7332	876092,8029	4025596,9389	876088,2986	4025599,5503	876083,7826	4025602,1685	876114,0917	4025584,5967	876097,6681	4025594,1183	876095,7297	4025595,2421
72	876094,5996	4025607,4532	876097,2872	4025606,0321	876093,2486	4025608,1675	876088,3861	4025610,7385	876118,6894	4025594,7157	876102,8081	4025603,1129	876100,4474	4025604,3611
73	876099,2738	4025616,2935	876101,2761	4025615,2348	876097,5521	4025617,2038	876093,1184	4025619,5481	876122,8336	4025603,8364	876107,2175	4025612,0933	876105,3434	4025613,0842
74	876103,9481	4025625,1338	876105,8032	4025624,1529	876102,2014	4025626,0573	876097,8561	4025628,3549	876126,9777	4025612,9570	876110,9827	4025621,4143	876109,6774	4025622,1044
75	876108,6224	4025633,9741	876110,5480	4025632,9560	876107,0719	4025634,7939	876102,6801	4025637,1160	876131,1544	4025622,0604	876115,3601	4025630,4116	876113,0711	4025631,6219
76	876113,2967	4025642,8144	876115,1019	4025641,8599	876111,6892	4025643,6643	876107,5042	4025645,8771	876135,6847	4025630,9769	876120,6840	4025638,9084	876113,0708	4025642,9338
77	876117,8779	4025651,7032	876119,8779	4025650,6778	876116,6126	4025652,3519	876112,2484	4025654,5893	876140,3593	4025640,1775	876126,2252	4025647,4237	876114,1852	4025653,5963
78	876122,4400	4025660,6019	876124,6416	4025659,4732	876121,4516	4025661,1086	876116,9841	4025663,3990	876144,8890	4025649,0929	876131,4277	4025655,9941	876116,3255	4025663,7366
79	876127,0021	4025669,5006	876128,9876	4025668,4827	876126,1705	4025669,9270	876121,6426	4025672,2483	876149,4187	4025658,0082	876136,4382	4025664,6630	876118,9099	4025673,6493
80	876131,5643	4025678,3993	876133,3037	4025677,5075	876131,1143	4025678,6300	876126,2457	4025681,1260	876153,9484	4025666,9235	876140,3890	4025673,8751	876120,5304	4025684,0561
81	876136,2831	4025687,2147	876137,5995	4025686,4899	876136,1182	4025687,3055	876130,6854	4025690,2968	876158,1428	4025675,1789	876144,7125	4025682,5735	876124,3660	4025693,7762
82	876141,1063	4025695,9747	876141,9209	4025695,5261	876140,7830	4025696,1527	876134,9968	4025699,3385	876162,6750	4025684,0990	876149,8808	4025691,1435	876129,9196	4025702,1340
83	876145,9294	4025704,7347	876146,2424	4025704,5623	876145,7304	4025704,8443	876139,4453	4025708,3048	876167,2072	4025693,0192	876154,2479	4025700,1545	876135,8327	4025710,2939
84	876150,7526	4025713,4946	876150,6541	4025713,5489	876150,0739	4025713,8683	876144,1774	4025717,1149	876172,0493	4025701,7688	876158,4948	4025709,2318	876141,6891	4025718,4849
85	876155,5759	4025722,2545	876155,2866	4025722,4138	876155,0016	4025722,5707	876149,8248	4025725,4210	876176,9933	4025710,4622	876163,3243	4025717,9883	876147,2909	4025726,8162
86	876160,4005	4025731,0137	876160,0836	4025731,1882	876159,9854	4025731,2424	876155,0141	4025733,9805	876181,9355	4025719,1522	876168,7052	4025726,4395	876152,5068	4025735,3616
87	876165,2251	4025739,7729	876164,8806	4025739,9626	876164,9796	4025739,9081	876159,6281	4025742,8557	876186,8795	4025727,8456	876174,4192	4025734,7087	876156,6197	4025744,5127
88	876170,0497	4025748,5321	876168,7827	4025749,2299	876169,9852	4025748,5676	876164,0353	4025751,8448	876191,8236	4025736,5390	876179,0817	4025743,5572	876162,1694	4025752,8725
89	876174,8742	4025757,2913	876173,8603	4025757,8498	876175,0889	4025757,1730	876168,3101	4025760,9068	876196,7677	4025745,2323	876183,7168	4025752,4208	876167,3030	4025761,4615

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

90	876179,8585	4025765,9585	876178,3165	4025766,8858	876180,1539	4025765,7809	876173,8817	4025769,5526	876201,2420	4025753,0998	876188,6095	4025760,6962	876172,3234	4025770,4897
91	876185,0119	4025774,5284	876182,6776	4025775,9321	876185,0201	4025774,5234	876178,5894	4025778,3905	876206,1871	4025761,7950	876193,4941	4025769,4277	876177,8714	4025778,8222
92	876190,1652	4025783,0983	876186,5979	4025785,2434	876189,8230	4025783,3041	876182,9723	4025787,4236	876211,4552	4025770,2959	876198,0329	4025778,3672	876183,9679	4025786,8250
93	876195,3185	4025791,6682	876191,5261	4025793,9487	876194,3738	4025792,2363	876188,0265	4025796,0531	876216,7932	4025778,7547	876202,0859	4025787,5988	876189,4740	4025795,1827
94	876200,4698	4025800,2393	876196,0642	4025802,8872	876198,9244	4025801,1682	876193,4053	4025804,4852	876222,1344	4025787,2186	876206,9497	4025796,3449	876195,1041	4025803,4642
95	876205,6212	4025808,8104	876200,7309	4025811,7495	876203,3396	4025810,1817	876197,7566	4025813,5371	876227,4724	4025795,6775	876212,0005	4025804,9764	876200,4422	4025811,9230
96	876210,7725	4025817,3815	876205,4982	4025820,5514	876208,2209	4025818,9151	876202,1435	4025822,5677	876232,8105	4025804,1364	876216,3199	4025814,0475	876205,0540	4025820,8184

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ Γ.Υ.Σ. ΑΦΑΝΤΟΥ



Εικόνα Π 1: Απόσπασμα χάρτη 8818_8 Γ.Υ.Σ. έτους 1969

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΟΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΔΙΑΤΟΜΗ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΦΑΝΤΟΥ

Α/Α ΔΙΑΤΟΜΗΣ	1932-1969	1969-1972	1972-1978	1978-1991	1991-1997	1997-2011
1	-57,6777	6,8133	-29,8880	15,5374	-5,2695	-2,7852
2	-58,1595	6,5331	-29,7225	14,9034	-5,6077	-2,1651
3	-59,1710	6,9739	-29,9877	14,6477	-3,2694	-4,1940
4	-60,5761	7,7701	-30,7368	14,8711	-1,3211	-5,8279
5	-61,1163	7,5241	-31,1802	15,1796	-4,9764	-2,0245
6	-62,7015	7,7237	-31,2874	15,0256	-4,3886	-2,3630
7	-62,7920	7,9971	-31,3958	15,4487	-4,3870	-2,6911
8	-60,3266	6,9747	-31,5223	15,5281	-5,2732	-1,7696
9	-58,0426	6,1323	-32,0089	14,6180	-3,7139	-1,9439
10	-56,0379	6,0829	-31,9702	14,9342	-4,0450	-1,9794
11	-56,2923	7,0829	-31,7869	14,4600	-3,7748	-1,4502
12	-56,3172	7,1502	-31,0997	13,6536	-3,6447	-0,8633
13	-56,4310	7,0058	-31,1910	13,8744	-3,5709	-0,4688
14	-55,2987	6,9589	-32,0202	14,8108	-3,4065	-0,1425
15	-54,5762	7,3230	-32,5566	15,2868	-3,0648	-0,1023
16	-53,0738	7,3997	-32,7273	15,5745	-3,0944	-0,0002
17	-52,2950	6,8224	-31,9962	15,0693	-3,2328	0,1016
18	-51,1186	6,1286	-31,1909	14,3937	-2,4808	-0,5905
19	-51,0591	5,5329	-30,2500	13,8746	-1,9371	-1,0145
20	-50,5466	4,8891	-29,3098	13,4579	-1,4144	-1,1759
21	-49,2794	4,6474	-29,3450	12,8935	-0,5503	-1,5378
22	-48,4432	4,2556	-29,2928	12,2007	0,2973	-1,8424
23	-47,7024	3,8941	-29,2405	11,6320	0,9793	-2,1057
24	-46,2092	4,0480	-29,1902	11,2426	1,0509	-1,9674
25	-45,0797	4,4120	-28,9154	11,2453	0,1529	-1,4971
26	-44,3270	4,9061	-28,8389	11,0334	-0,2372	-1,3499

27	-44,1682	5,9794	-28,8685	10,6591	-0,0890	-1,5788
28	-44,2018	7,0827	-28,8585	10,3817	0,9825	-2,7161
29	-43,6915	6,9161	-28,8793	10,3367	2,7644	-4,3605
30	-43,4928	6,6043	-28,8934	10,3560	3,8205	-5,3517
31	-42,9358	5,8899	-28,7980	10,4975	3,8166	-5,5138
32	-42,3998	5,0193	-28,9151	10,5678	3,6236	-5,3605
33	-42,7708	5,2058	-29,3612	10,5898	3,6616	-5,2593
34	-43,6664	5,6669	-29,6699	10,5684	3,6056	-5,1581
35	-44,5491	6,1281	-29,8090	10,3521	3,7905	-5,2724
36	-46,1379	6,6609	-29,9481	10,1497	4,2175	-5,6427
37	-47,5198	7,1805	-30,0795	9,9216	4,6666	-5,9711
38	-48,2272	7,5733	-30,1211	9,5619	4,7808	-5,8158
39	-47,6053	7,9310	-29,5841	8,6183	4,7033	-5,4635
40	-46,2931	8,5969	-29,0471	7,6748	4,6931	-5,1785
41	-45,0193	8,8422	-28,7118	7,3508	5,0541	-5,6826
42	-43,0806	9,0967	-28,9033	7,5925	5,2620	-6,2406
43	-41,7320	9,1924	-29,1513	7,3982	5,7405	-6,6482
44	-41,0765	9,5861	-29,5451	7,4760	5,9898	-7,0558
45	-39,8232	10,1039	-29,9392	7,7959	5,5193	-6,9854
46	-39,1540	10,4532	-30,3380	8,0987	4,3894	-6,2707
47	-37,4940	11,0477	-30,6441	8,1997	3,4094	-5,5980
48	-36,3531	11,9644	-30,9103	8,2326	3,7595	-6,2271
49	-35,2785	13,7403	-31,5094	8,2496	4,1255	-6,8562
50	-33,2453	14,8116	-32,4076	8,1977	4,2074	-6,8730
51	-30,7554	15,5467	-33,4019	8,0524	4,3453	-6,7775
52	-29,3687	16,2462	-34,4259	8,0992	4,3705	-6,7318
53	-28,2426	17,2840	-35,5169	8,3886	4,3313	-6,7971
54	-27,6396	18,7765	-36,6920	8,4349	4,6043	-6,8474
55	-27,0681	20,6589	-37,9453	8,4653	4,7120	-6,7361
56	-26,4912	21,2243	-38,0695	8,3177	5,0000	-6,6270

57	-24,1870	20,9000	-37,7459	8,2694	5,2656	-6,5027
58	-21,1408	20,7698	-37,5887	8,3403	5,4585	-6,2586
59	-17,6583	20,0842	-37,3572	8,3581	5,6964	-6,1804
60	-14,9768	19,4456	-37,2005	8,6075	5,2858	-6,1022
61	-12,5109	19,5415	-37,4956	8,6223	4,7749	-5,8502
62	-11,1025	20,7784	-38,0646	8,4088	4,3546	-5,5982
63	-8,2491	21,8574	-38,6339	8,1831	3,9467	-5,3462
64	-6,4009	23,5947	-39,1990	7,9169	3,5791	-5,0841
65	-5,1470	23,3545	-38,5074	7,2687	3,7451	-4,8950
66	-3,6303	22,7143	-37,9415	6,8369	4,0196	-4,8914
67	-2,1404	21,8932	-37,3756	6,9864	3,9530	-5,1280
68	-0,4108	20,8648	-36,9155	6,3307	4,7369	-5,3146
69	1,1278	19,6236	-36,3153	5,8355	4,7043	-4,3946
70	2,2641	18,8552	-35,7019	5,9479	4,1230	-3,5465
71	2,2406	18,9841	-35,0344	5,2201	5,2065	-3,5774
72	2,6704	17,9647	-34,2786	5,5004	4,5684	-3,0402
73	2,1199	17,6646	-33,6133	5,0153	4,2125	-2,2650
74	1,4765	18,0933	-32,9418	4,9153	4,0743	-2,0985
75	2,5893	17,8662	-32,2096	4,9679	3,9321	-2,1782
76	8,6119	16,9685	-31,8772	4,7340	3,8604	-2,0420
77	13,5301	15,8833	-31,5899	4,9043	3,6694	-2,2475
78	16,9712	15,1272	-31,3584	5,0204	3,5848	-2,4741
79	19,6976	14,5870	-31,2137	5,0883	3,1658	-2,2312
80	22,3163	15,2375	-31,1312	5,4711	2,4604	-1,9547
81	23,2267	15,3314	-31,3442	6,2019	1,6910	-1,5027
82	22,7869	14,6054	-31,5963	6,6053	1,2990	-0,9300
83	21,0221	14,7938	-31,6918	7,1748	0,5845	-0,3573
84	19,1847	15,4732	-31,8174	6,7312	0,6623	0,1125
85	18,3031	15,6040	-31,0144	5,9096	0,3253	0,3303
86	18,4930	15,1045	-30,7350	5,6755	0,1122	0,3618

Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

87	20,3209	14,2254	-31,1118	6,1096	-0,1130	0,3933
88	19,3080	14,5469	-31,7247	6,7927	-1,3728	1,4464
89	18,7389	14,8997	-32,4888	7,7391	-1,4027	1,1575
90	19,0039	14,7406	-31,9262	7,3189	-2,1440	1,7993
91	18,2298	14,8112	-32,2032	7,5039	-2,7334	2,7238
92	16,4121	15,6622	-33,2360	7,9939	-3,7633	4,1626
93	14,7165	17,1617	-33,5672	7,4065	-3,3229	4,4253
94	13,8204	17,7162	-33,5186	6,4392	-3,3370	5,1401
95	13,4852	18,0513	-34,6698	6,5137	-3,0436	5,7056
96	13,1440	19,2398	-35,7796	7,0906	-3,1766	6,1536

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΔΙΑΤΟΜΗ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΝΕΣ

Α/Α ΔΙΑΤΟΜΗΣ	1930-1978	1978-1997	1997-2011
1	-31,284	-5,908	4,378
2	-29,461	-7,918	3,269
3	-30,300	-7,253	2,160
4	-31,084	-7,023	1,051
5	-30,067	-8,825	1,090
6	-31,488	-9,353	1,493
7	-32,631	-9,551	1,896
8	-35,403	-9,386	3,395
9	-35,995	-11,474	5,063
10	-35,192	-14,818	6,734
11	-35,558	-14,934	6,409
12	-35,883	-15,681	8,586
13	-35,078	-17,303	11,054
14	-34,448	-17,028	9,959
15	-32,575	-13,708	3,504
16	-30,039	-12,253	-1,749
17	-28,118	-15,108	-2,275
18	-28,212	-17,463	-1,330
19	-27,053	-21,659	0,223
20	-29,954	-22,314	2,142
21	-34,888	-20,752	3,756
22	-35,829	-22,976	4,979

23	-37,210	-24,310	6,202
24	-46,452	-20,418	2,672
25	-47,523	-20,505	1,125
26	-47,646	-21,105	-0,461
27	-47,228	-20,475	-1,746
28	-48,209	-19,905	-1,353
29	-51,241	-17,665	-0,598
30	-51,475	-18,721	1,077
31	-51,109	-18,718	1,496
32	-49,898	-18,875	1,228
33	-50,277	-19,053	2,414
34	-47,281	-22,156	2,887
35	-49,897	-20,297	3,212
36	-47,065	-23,981	3,203
37	-50,039	-22,357	3,037
38	-51,335	-23,418	3,964
39	-56,979	-26,200	4,119
40	-54,950	-29,913	5,235
41	-59,870	-33,131	7,124
42	-55,301	-38,858	12,865
43	-55,503	-43,157	16,124
44	-56,272	-43,117	16,262
45	-56,758	-42,711	14,279
46	-56,255	-38,657	10,785
47	-58,534	-32,395	7,815
48	-57,223	-28,064	3,480

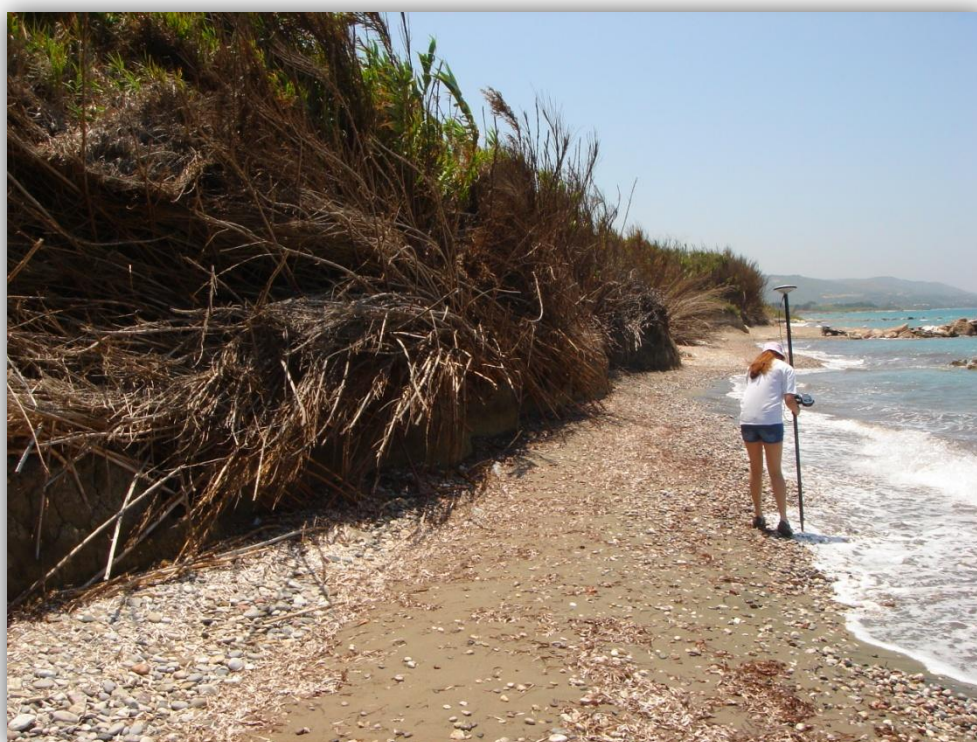
Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

49	-55,640	-26,322	-0,647
50	-53,569	-24,422	-1,661
51	-47,116	-23,171	-1,837
52	-48,543	-21,852	-1,771
53	-43,747	-17,529	0,517
54	-41,789	-16,979	-1,646
55	-39,597	-16,606	-2,578
56	-38,831	-16,025	-4,087
57	-40,035	-15,629	-4,140
58	-37,584	-16,328	-2,923
59	-32,839	-18,972	-1,705
60	-33,429	-18,770	-0,544
61	-27,961	-16,805	-1,085

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΦΑΝΕΣ



Η επίδραση του χρονικού εύρους της διαθέσιμης γεωπληροφορίας στην εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής



Ε.Μ.Π., Αθήνα, Οκτώβριος 2011