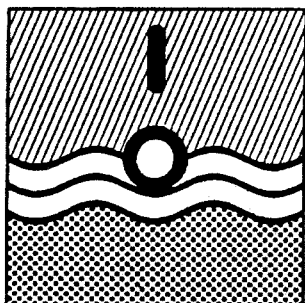


# ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ STRIDE ΕΛΛΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ  
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL  
SERVICE

ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ  
ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

REQUIREMENTS  
FOR DATA PROCESSING  
AND DEFINITION OF ASSOCIATED  
LEVEL I, II AND III DATA

*Γ. Σακελλαρίδης, Ι. Παπαγεωργίου και Θ. Χαραντώνης*

*G. Sakellariides, J. Papageorgiou and Th. Charantonis*

## HYDROSCOPE

STRIDE HELLAS PROGRAMME

DEVELOPMENT OF A NATIONAL DATA  
BANK FOR HYDROLOGICAL AND  
METEOROLOGICAL INFORMATION

Αριθμός τεύχους 5/7  
Report number

ΑΘΗΝΑ - ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1993  
ATHENS - JANUARY 1993

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	ΣΕΛΙΔΑ
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΠΡΩΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3
2.1. ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	3
2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	4
2.3. ΒΑΣΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	4
2.3.1. Έλεγχος συνέπειας χρόνου	4
2.3.2. Έλεγχος εσωτερικής συνέπειας	5
2.3.3. Έλεγχος Κλιματολογικών ορίων	5
2.3.4. Φυσικά όρια	5
2.3.5. Κατακόρυφος συνέπεια	6
2.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	6
2.4.1. Έλεγχοι κατά την διάρκεια της παρατήρησης	6
2.4.2. Έλεγχοι για εισαγωγή λαθών κατά την διαβίβαση της πληροφορίας	7
2.4.3. Έλεγχοι μη πραγματικού χρόνου	8
3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	9
3.1. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	10
3.1.1. Κλιματολογικός ποιοτικός έλεγχος παρατηρήσεων επιφάνειας	10
3.1.2. Ποιοτικός έλεγχος ανώτερης ατμόσφαιρας	13
3.2. ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	13
3.3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΕΛΛΕΙΠΟΥΣΩΝ ΤΙΜΩΝ	14

4. ΧΡΟΝΙΚΑ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΑ	15
4.1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ	15
4.2. ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ	15
4.3. ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟΥ	15
4.4. ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ	15
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	16
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	20
6. ΤΡΙΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
6.1. ΓΡΑΜΜΙΚΟ NORMAL MODE INITIALIZATION	20
6.2. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ NORMAL MODE INITIALIZATION	27
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	29

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ακολουθώντας τα πρότυπα του WMO και προσαρμόζοντας αυτά στις απαιτήσεις του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ καθορίζονται οι διαδικασίες επεξεργασίας των δεδομένων ως και τα αντίστοιχα τρία επίπεδα καταχώρησης. Το επίπεδο II χωρίσθηκε σε χρονικά υπο-επίπεδα.

## SUMMARY

In this report following the WMO standards and adapting them to HYDROSKOPIO requirements, the procedures of processing the data has been described which will result in the production of level I,II and III data. The level II data has been sub-divided in time levels.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την εισαγωγή της πληροφορικής στις τηλεπικοινωνίες έγινε δυνατή η ανταλλαγή μεγάλου όγκου Μετεωρολογικών Δεδομένων μεταξύ των διαφόρων Μετεωρολογικών Κέντρων καιρού. Η ερώτηση που τίθεται είναι: "χρειάζονται επεξεργασία τα Μετεωρολογικά δεδομένα και, αν ναι, μέχρι ποιό βαθμό;"

Η απάντηση στο πρώτο σκέλος της ερώτησης είναι προφανής, καθότι λάθη μπορούν να εισαχθούν στα δεδομένα τόσο κατά την παρατήρηση όσο και σε όλα τα στάδια διαβίβασης της πληροφορίας, με συνέπεια να καθίσταται επιτακτική η ανάγκη της επεξεργασίας για την απόλεια των λαθών. Απαντώντας στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης ο βαθμός επεξεργασίας των δεδομένων με τα συνδεδεμένα επίπεδα καταχώρησης είναι συνάρτηση της απαιτούμενης ακρίβειας.

Στο Κεφάλαιο 2 αναφέρεται η αρχική επεξεργασία των δεδομένων που πρέπει να γίνει για να πάρουμε δεδομένα του πρώτου επιπέδου τα οποία θα καλούνται και πρωτογενή δεδομένα.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται όλες οι επεξεργασίες που πρέπει να γίνουν στα δεδομένα για να απαλλαγούν από τα πιθανά σφάλματα παρατήρησης-διαβίβασης της πληροφορίας. Με τη διόρθωση των λαθών δημιουργείται το δεύτερο επίπεδο καταχώρησης δεδομένων.

Παρά της παραπάνω διορθώσεις, επί πλέον επεξεργασία πρέπει να γίνει εάν επιθυμούμε τα δεδομένα ανάλυσης να χρησιμοποιηθούν για εισαγωγή τους σε αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης του καιρού. Η επεξεργασία αυτή λέγεται αρχικοποίηση, η (initialization). Με την επεξεργασία αυτή

μηδενίζεται το αρχικό πλάτος των κυμάτων βαρύτητας ή η αρχική χρονική τάση του πλάτους των κυμάτων βαρύτητας. Η απάλειψή τους επιτυγχάνεται με τη διαδικασία του μη γραμμικού Normal Mode Initialization, όπου στο χώρο Fourier γίνεται ανάλυση του πεδίου στα επικρατούντα Modes, οπότε το πλάτος των αρχικών κυμάτων βαρύτητας ή η τάση ως προς τον χρόνο μηδενίζεται. Στη συνέχεια γίνεται μεταφορά των δεδομένων στον φυσικό χώρο.

Στο Παράρτημα Α γίνεται μια εισαγωγή στη θεωρία του Normal Mode Initialization, πλην όμως η πλήρης ανάπτυξη της θεωρίας κρίθηκε ότι είναι προς το παρόν πέραν του αρχικού σκοπού του προγράμματος STRIDE.

## 2. ΠΡΩΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## 2.1. ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization) στο Global Observing System (GOS) No 488 έχουν καθορισθεί οι παρακάτω μονάδες μέτρησης των Μετεωρολογικών παραμέτρων

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

α) Ατμοσφαιρική πίεση σε εκατοπασκάλ	(hPa)
β) Θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου	(°C)
γ) Ταχύτητα ανέμου σε μέτρα/δευτερόλεπτο	(m/s)
δ) Διεύθυνση ανέμου σε μοίρες κατά την φορά των δεικτών του ωρολογίου από τον γεωγραφικό βορά.	
ε) Σχετική υγρασία επί τοις εκατό	(%)
στ) Υετός σε χιλιοστά	(mm)
ζ) Εξάτμιση σε χιλιοστά	(mm)
η) Ορατότητα σε μέτρα και χιλιόμετρα	(m), (km)
θ) Ένταση ακτινοβολίας (Irradiance)	(Wm <sup>-2</sup> )
και ακτινοβολία (radiant)	(Jm <sup>-2</sup> )
ι) Διάρκεια ηλιοφάνειας σε ώρες	(h)
ια) Ύψος νεφών σε μέτρα	(m)
ιβ) Ποσό νεφών σε όγδοα	
ιγ) Γεωδυναμικά ύψη	(gm)

Για λόγους ομοιομορφίας προτείνεται οι Μετεωρολογικοί παράμετροι να υπολογίζονται ή να γίνεται αναγωγή αυτών στο σύστημα μονάδων του Πίνακα 1 από όλους τους φορείς του ΥΔΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ.

## 2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του WMO, Global Observing System (GOS) (WMO-No 544 vol I part V) δεδομένα Π ρ ώ τ ο υ Ε π ι π έ δ ο υ είναι γενικά αναγνώσεις οργάνων ή αισθητήρων ή υποκειμενικές εκτιμήσεις των παρατηρητών των σταθμών ή καταγραφές αυτογραφικών οργάνων που έχουν εκφρασθεί στις μονάδες του Πίνακα 1.

Για να γίνουν όμως τα δεδομένα αυτά μετεωρολογικές παράμετροι θα πρέπει να εφαρμοσθούν οι διαδικασίες που προβλέπονται από το Global Observing System. Οι διαδικασίες αυτές αφορούν κυρίως την διόρθωση του σφάλματος των οργάνων εκτός ειδικών περιπτώσεων κατά τις οποίες εφαρμόζονται πιο πολύπλοκες διαδικασίες (π.χ. ανάγνωση υδραργυρικού βαρομέτρου).

## 2.3. ΒΑΣΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σύμφωνα με το GOS οι έλεγχοι των παρατηρήσεων πρέπει να γίνονται κατά την διάρκεια της μετεωρολογικής παρατήρησης, μετά το πέρας αυτής, κατά τη συλλογή από τα Εθνικά Κέντρα και κατά την εκπομπή. Επίσης πρέπει να γίνονται κλιματολογικοί έλεγχοι πριν την τελική καταχώρηση της πληροφορίας. Στην παράγραφο αυτή θα καθορισθούν μερικές οντότητες επεξεργασίας δεδομένων που πρέπει να γίνονται σε διάφορα στάδια. Υπενθυμίζεται ότι οι έλεγχοι αυτοί περιγράφονται σε ειδική εργασία του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ με τίτλο "Ανάπτυξη μεθόδων ποιοτικού ελέγχου χωροχρονικά σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα" (Υδροσκόπιο τεύχος 11/3).

### 2.3.1. Έλεγχος συνέπειας χρόνου

Στις συνοπτικές παρατηρήσεις καιρού συμπεριλαμβάνονται εκτός των τιμών που επικρατούν την στιγμή της παρατήρησης και τιμές μετεωρολογικών μεταβλητών που επικράτησαν στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την



προηγούμενη μέχρι την παρούσα παρατήρηση. Οι τελευταίες τιμές εκμεταλευόμενες κατάλληλα μπορούν να αποκαλύψουν σε αρκετές περιπτώσεις τυχόν λάθη στην παρούσα παρατήρηση με τον έλεγχο της χρονικής συνέπειας.

Οι κυριότερες διαδικασίες για την διαπίστωση της χρονικής συνέπειας των παρατηρήσεων ενός σταθμού είναι:

- (i) Έλεγχος της πίεσης σε σχέση με τη βαρομετρική τάση.
- (ii) Σύγκριση του παρελθόντος καιρού στην παρούσα παρατήρηση με τον παρόντα καιρό της προηγούμενης παρατήρησης.
- (iii) Έλεγχος της θερμοκρασίας με τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή του εικοσιτετραώρου.
- (iv) Έλεγχος του ρυθμού μεταβολής της μετρούμενης ποσότητας.

#### 2.3.2. Έλεγχος εσωτερικής συνέπειας

- (i) Σύγκριση παρόντος καιρού με το είδος και την ποσότητα των νεφών.
- (ii) Σύγκριση του παρόντος καιρού με την ορατότητα.
- (iii) Σύγκριση του ύψους νεφών με το είδος των νεφών.
- (iv) Σύγκριση της πίεσης του σταθμού με την πίεση στη μέση στάθμη θάλασσας.

#### 2.3.3. Έλεγχος κλιματολογικών ορίων

Γίνεται έλεγχος των διαφόρων μετεωρολογικών μεταβλητών με κλιματολογικά όρια που έχουν υπολογισθεί στατιστικά για διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Τα στατιστικά αυτά όρια μπορεί να είναι ή οι κλιματολογικές άκρες τιμές (απόλυτα άκρες τιμές των παραμέτρων που εξετάζονται) ή κλιματολογικές μέσες τιμές συν ή πλην έναν αριθμό τυπικών αποκλίσεων, κυρίως 2σ.

#### 2.3.4. Φυσικά όρια

- (i) Η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου είναι μικρότερη ή ίση της

θερμοκρασίας του Ξηρού θερμομέτρου.

- (ii) Η σύγκριση της πραγματικής κατακόρυφης θερμοβαθμίδας με την Ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.
- (iii) Έλεγχος των ανωτέρων ανέμων της ραδιοβολίδας για να επιβεβαιωθεί ότι οι άνεμοι είναι μικρότεροι ή ίσοι του μέγιστου ανέμου της ραδιοβολίδας.

#### 2.3.5. Κατακόρυφη συνέπεια

- (i) Υδροστατική συνέπεια.
- (ii) Έλεγχος των παρατηρήσεων της ανώτερης ατμόσφαιρας των διαδοχικών σταθμών με την regression ανάλυση.
- (iii) Έλεγχος της κατανομής του ανέμου με εμπειρικές σχέσεις.

#### 2.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Η επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων σύμφωνα με το COS, όπως αναφέραμε, θα πρέπει να γίνεται σε κάθε στάδιο της πληροφορίας. Συνεπώς θα πρέπει να αρχίσει με την παρατήρηση και να τελειώσει με την καταχώρηση των δεδομένων στην κλιματολογική τράπεζα των δεδομένων. Οι παρακάτω έλεγχοι θα πρέπει να έχουν γίνει ή να γίνουν για να αποτελέσουν οι ελεγμένες τιμές τα δεδομένα του πρώτου Ε π ι π έ δ ο υ Κ α τ α χ ώ ρ η σ η ς.

##### 2.4.1. Έλεγχοι κατά την διάρκεια της παρατήρησης

Αφού ο παρατηρητής λάβει τις αναγνώσεις των μετεωρολογικών οργάνων ή εκτιμήσει τις τιμές των μετρούμενων μεγεθών (π.χ. είδος-ύψος βάσης νεφών) που καλούνται μετεωρολογικές παράμετροι θα κάνει τις διορθώσεις για να απαλειφθούν τα σταθερά σφάλματα των οργάνων ή σε μερικές παραμέτρους πιο πολύπλοκες διαδικασίες και θα υπολογίσει τις μετεωρολογικές μεταβλητές ή δεδομένα. Στα δεδομένα θα πρέπει να εφαρμόσει οπτικά τους ελέγχους που

αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2.3 και πιο συγκεκριμένα τους ελέγχους:

- (i) Συνέπειας χρόνου.
- (ii) Εσωτερικής συνέπειας.
- (iii) Κλιματολογικούς ελέγχους που είναι σύγκριση των μετεωρολογικών δεδομένων με κλιματολογικές τιμές του Σταθμού.
- (iv) Φυσικά όρια.
- (v) Κατακόρυφος συνέπεια σε περίπτωση παρατήρησης ανώτερης ατμόσφαιρας.

2.4.2. Έλεγχος για εισαγωγή λαθών κατά την διαβίβαση της πληροφορίας.

(Real time control).

Όπως είναι φανερό, σφάλματα μπορούν να εισαχθούν κατά την διαβίβαση της πληροφορίας από τους Σταθμούς στον Κεντρικό Φορέα συλλογής δεδομένων. Για το λόγο αυτό ο Κεντρικός Φορέας πρέπει να διενεργεί ελέγχους πραγματικού χρόνου (Real time control). Οι έλεγχοι αυτοί αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2.3. Η λανθασμένη παρατήρηση θα σημειώνεται με ένα κωδικό και αν υπάρχουν περιθώρια χρόνου και επικοινωνίας Σταθμού με Κεντρική Υπηρεσία, θα πρέπει να αποσταλεί πίσω στον Σταθμό για διόρθωση πραγματικού χρόνου. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε η παρατήρηση θα πρέπει να ελεγχθεί από έναν έμπειρο παρατηρητή που θα διορθώσει μόνο τα προφανή σφάλματα που έχουν εισαχθεί κατά την διαβίβαση της πληροφορίας. Με τη διαδικασία αυτή και μετά τη συμπλήρωση των φανερών λαθών, οι πληροφορίες θα συνεχίσουν να παραμένουν στο Πρώτο Επίπεδο. Έλεγχοι πραγματικού χρόνου εκτελούνται στην ΕΜΥ και θα πρέπει να γίνουν και από τους άλλους φορείς που διαθέτουν δεδομένα (πραγ-χρόνου) και με τις ίδιες μεθόδους. Μετά το Real time control και αποστολή των πληροφοριών στους χρήστες, τα μετεωρολογικά δεδομένα συγκεντρώνονται για μελλοντική αποθήκευση στην Κλιματολογική Βάση Δεδομένων.

#### 2.4.3. Ελεγχοι μη πραγματικού χρόνου

Με την συγκέντρωση των μετεωρολογικών δεδομένων για την καταχώρησή τους στην Κλιματολογική Βάση Δεδομένων θα πρέπει να γίνουν ξανά οι έλεγχοι της παραγράφου (2.3.) και οι εσφαλμένες παρατηρήσεις να σημειωθούν με κάποιο κωδικό. Ειδικό συνεργείο παρατηρητών θα διορθώσει μόνο το οφθαλμοφανή σφάλματα. Τα αμφίβολα σφάλματα θα καταχωρηθούν μαζί με τον κωδικό και θα διορθωθούν σε ανώτερο επίπεδο επεξεργασίας.

Με τις παραπάνω διαδικασίες τελειώνει το στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων του Πρώτου Επιπέδου. Τα δεδομένα θα καταχωρηθούν σαν Π ρ ώ τ ο Ε π ί π ε δ ο Καταχώρησης δεδομένων και θα καλούνται π ρ ω τ ο γ ε ν ή δ ε δ ο μ έ ν α (row data).

### 3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό θα γίνει περιγραφή όλων των επεξεργασιών που πρέπει να γίνουν στα μετεωρολογικά-κλιματολογικά δεδομένα με αντικειμενικό σκοπό τη δημιουργία ανωτέρου επιπέδου καταχώρησης (επίπεδο 2) στο οποίο τα δεδομένα θα είναι απαλλαγμένα από τα σφάλματα.

Για την ευκολότερη διαχείριση του αρχείου, ο WMO προτείνει τα αρχεία να ταξινομηθούν έτσι ώστε οι σχετικοί τύποι παρατηρήσεων να είναι ομαδοποιημένοι κάτω από ένα αριθμητικό σύστημα με υποσυστήματα που θα δείχνουν όχι μόνο τη δομή της παρατήρησης αλλά και την μέθοδο ταξινόμησης, π.χ.

Δεδομένα επιφάνειας	1000-1999
Δεδομένα ανώτερης ατμόσφαιρας	2000-2999
Δεδομένα επιφανειακής Υδρολογίας	3000-3999
Δεδομένα Υπόγεια Υδρολογίας	4000-4999

Συμπληρωματικοί ορισμοί μπορούν να γίνουν σε κάθε ομάδα π.χ.

1000 Αρχείο των οκτώ συνοπτικών ωρών παρατήρησης (00.00,03.00

06.00,09.00,12.00,15.00,18.00,21.00 UTC)

1001 Αρχείο των τεσσάρων κύριων συνοπτικών παρατηρήσεων

(00.00,06.00,12.00,18.00 UTC)

1002 Αρχείο τριών συνοπτικών παρατηρήσεων

(06.00,12.00,18.00 UTC)

1003 Αρχείο ωριαίων αεροναυτικών αναφορών (METAPS)

1004 Αρχείο ημίωρων παρατηρήσεων.

Παρακάτω θα γίνει μία περιγραφή των επεξεργασιών που πρέπει να γίνουν στα δεδομένα του Επιπέδου II, αρχίζοντας από τον ποιοτικό έλεγχο.

### 3.1. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Όπως αναφέραμε στο Κεφάλαιο Α και σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στο GOS οι διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου πρέπει να εφαρμόζονται σε όλα τα στάδια παρατήρησης-διαβίβασης των πληροφοριών. Προκαταρκτικός ποιοτικός έλεγχος έχει ήδη γίνει σε όλα τα στάδια του Επιπέδου 1 ενώ όσον αφορά τον ποιοτικό έλεγχο του Επιπέδου 2, θα πρέπει να γίνει αναλυτικός ποιοτικός κλιματολογικός έλεγχος και διόρθωση των λαθών. Τα στάδια του ποιοτικού ελέγχου είναι συνάρτηση του είδους της παρατήρησης και θα γίνει περιγραφή των διαδικασιών επεξεργασίας δεδομένων χωριστά για επιφανειακούς και ανώτερης ατμόσφαιρας σταθμούς.

#### 3.1.1. Κλιματολογικός ποιοτικός έλεγχος παρατηρήσεων επιφανείας

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις θεωρούνται ικανοποιητικές για μόνιμη αρχειοθέτηση μόνο όταν έχει γίνει ένας υψηλού βαθμού ποιοτικός έλεγχος. Όπως αναφέραμε, ο αρχικός ποιοτικός έλεγχος γίνεται από τον παρατηρητή για να επιβεβαιωθεί η ορθότητα της ταυτότητας του σταθμού και του χρόνου, η αξιοπιστία των μετεωρολογικών μεταβλητών και, τέλος, η συνέπεια των μετεωρολογικών παραμέτρων. Κατόπιν γίνεται ο έλεγχος πραγματικού χρόνου (Real time control) ή μη πραγματικού χρόνου. Στο Κεφάλαιο 2 είχαμε αναφέρει ότι μετά την διόρθωση μόνο των φανερών λαθών, τα δεδομένα αποθηκεύονται σαν Πρώτο Επίπεδο δεδομένων. Από το στάδιο αυτό και μετά την συγκέντρωση των χρονοσειρών, αρχίζει ο αναλυτικός ποιοτικός έλεγχος του δευτέρου επιπέδου. Συγκεκριμένα γίνονται:

- (i) Έλεγχος ταυτότητας του Σταθμού και πληρότητας.

Τα δεδομένα πρέπει να ταξινομηθούν, ανάλογα με τον τύπο της παρατήρησης, σε μία προκαθορισμένη χρονολογική σειρά για κάθε Μετεωρολογικό Σταθμό. Για τον έλεγχο της ταυτότητας και πληρότητας θα συγκριθούν οι παρατηρήσεις αυτές με το Κύριο Αρχείο (Master File) του σταθμού που θα

βρίσκεται στον Η/Υ.

Οι ελλείπουσες πληροφορίες θα καταγράφονται στον πίνακα ελέγχου. Άλλοι έλεγχοι θα γίνονται για επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις ή για αδύνατη μορφή κωδικών π.χ. χαρακτήρες σε αριθμητικά πεδία ή πεδία τιμών κενά. Σύγκριση θα γίνεται για να διαπιστωθεί αν ο ενδεικτικός Σταθμός βρίσκεται εκτός των σταθμών που περιλαμβάνονται στο Κύριο Αρχείο (Master File) και θα εξετασθούν λάθη στο χρόνο, μήνα, ημέρα και ώρα παρατήρησης. Οι έλεγχοι αυτοί είναι απαραίτητοι καθότι μία τέλεια παρατήρηση μπορεί να είναι άχρηστη χωρίς τις σωστές πληροφορίες χρόνου και Σταθμού.

(ii) Χρονική συνέπεια

Στην παράγραφο 2.3.1 αναφέρονται οι έλεγχοι της συνέπειας χρόνου. Ένας επί πλέον έλεγχος στην περίπτωση κλιματολογικών δεδομένων μπορεί να γίνει αν οι παρατηρήσεις τοποθετηθούν χρονικά, οπότε μπορεί να ελεγχθεί η υπό εξέταση παρατήρηση με την προηγούμενη και την επόμενη. Στις ύποπτες παρατηρήσεις θα τοποθετηθεί κωδικός.

(iii) Εσωτερική συνέπεια

Στην παράγραφο 2.3.2. αναφέρονται οι έλεγχοι εσωτερικής συνέπειας κατά τους οποίους όλες οι μετεωρολογικές μεταβλητές πρέπει να ελεγχθούν με κάθε άλλη συνδεδεμένη παράμετρο της παρατήρησης π.χ. όλα τα ψυχομετρικά δεδομένα πρέπει να ελεγχθούν και να δώσουν θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου μικρότερη ή ίση με την θερμοκρασία του ξηρού. Η θερμοκρασία δρόσου θα πρέπει να υπολογισθεί από τα παράγωγα της υγρασίας και να συγκριθεί με την τιμή της παρατήρησης. Η σχέση μεταξύ ορατότητας ή εμπόδια ορατότητας στο Σταθμό θα πρέπει να ελεγχθεί με τον παρόντα καιρό. Κάθε ασυνέπεια θα πρέπει να σημειώνεται με ένα κωδικό για να διορθωθεί αργότερα.

(iv) Έλεγχος συνέπειας άκρων τιμών κωδικών, ως και κλιματολογική συνέπεια.

Σύγκριση τιμών με κλιματολογικές τιμές που έχουν υπολογισθεί στατιστικά σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Τα στατιστικά όρια μπορεί να είναι

κλιματολογικές μέσες τιμές σύν ή πλήν ορισμένο αριθμό τυπικών αποκλίσεων, ή οι απόλυτα άκρες τιμές που παρατηρήθηκαν, ή τιμές που έχουν ορισμένη πιθανότητα εμφάνισης. Στις μεταβλητές που μετρούνται με κωδικούς θα πρέπει να βρεθούν τα όρια των κωδικών και να γίνει έλεγχος αν οι μεταβλητές βρίσκονται εντός των ορίων αυτών. Τόσο τα κλιματολογικά όρια όσο και οι ακραίες τιμές των κωδικών θα πρέπει να βρίσκονται στο κύριο αρχείο (Master File). Για κάθε προκύπτουσα ασυνέπεια θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα κωδικός στην παρατήρηση.

(v) Φυσικά όρια. Βλέπε παράγραφο 2.3.4.

(vi) Έλεγχος συμφωνίας παρατήρησης με τον αντίστοιχο κώδικα παρατήρησης του WMO.

(vii) Συνέπεια χώρου ή οριζόντιος συνέπεια

Για τον έλεγχο αυτό τα δεδομένα πρέπει να ταξινομηθούν σε περιοχικές κλιματικές μεταβλητές ως προς τον χώρο ταξινομούμενες ανάλογα με την τοποθεσία και το ύψος. Για κάθε ομάδα θα υπολογισθούν οι μέσες κλιματολογικές τιμές και κάθε μία ανεξάρτητη παρατήρηση θα πρέπει να συγκριθεί με τις τιμές αυτές. Αυτές που διαφέρουν σημαντικά θα πρέπει να σημειωθούν με κωδικό για περαιτέρω διόρθωση ή απόρριψη ανάλογα με την περίπτωση.

Τα στοιχεία που με τις παραπάνω μεθόδους χαρακτηρίστηκαν μη ορθά θα πρέπει να διορθωθούν με την:

(i) λογική μέθοδο.

Η μετεωρολογική τιμή θα μεταβληθεί έτσι ώστε να υπάρχει συνέπεια στην παρατήρηση, και την

(ii) στατιστική μέθοδος

Οι τιμές των παραμέτρων μπορούν να μεταβληθούν με τιμές που προκύπτουν από την παλινδρόμηση.

(Υπάρχει ειδικό τεύχος που αναφέρεται στην συμπλήρωση και διόρθωση τιμών).



### 3.1.2. Ποιοτικός έλεγχος παρατηρήσεων ανώτερης ατμόσφαιρας

Όπως αναφέραμε στο εδάφιο 2.3 ο λεπτομερής ποιοτικός έλεγχος θα περιγραφεί σε ειδική εργασία του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ. Όπως στις παρατηρήσεις επιφάνειας, έτσι και στις παρατηρήσεις της ανώτερης ατμόσφαιρας σκοπός της παρούσης μελέτης είναι να κάνει περιγραφή των διαφόρων σταδίων ποιοτικού ελέγχου που αναφέρονται στην παράγραφο 2.3.5 και επί πλέον να ελεγχθούν:

- (i) Κατακόρυφη συνέπεια (υδροστατική)
- (ii) Χρονική συνέπεια
- (iii) Στατιστική συνέπεια
- (iv) Έλεγχος παρατήρησης σε σχέση με τον κώδικα WMO

Τα λανθασμένα στοιχεία θα πρέπει ή να υπολογισθούν ξανά ή αφού απορριφθούν να αντικατασταθούν με διάφορες μεθόδους.

### 3.2. ΟΜΟΙΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως με την επεξεργασία ποιοτικού ελέγχου έτσι και το θέμα της ομοιογενοποίησης των δεδομένων εξετάζεται αναλυτικά σαν ξεχωριστό θέμα του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ (τεύχος 11/4). Στην προκειμένη περίπτωση θα ασχοληθούμε πολύ γενικά με το θέμα της ομοιογενοποίησης. Η διαδικασία της ομοιογενοποίησης γίνεται όταν από τα ιστορικά δεδομένα του σταθμού διαπιστωθεί ότι συντρέχει κάποιος από τους λόγους που καθιστούν ανομοιογενή την χρονοσειρά των παραμέτρων του. Για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς στους οποίους θα διαπιστωθεί λόγος ανομοιογένειας εφαρμόζεται η διαδικασία ομοιογενοποίησης. Μετά την διαδικασία αυτή τα διορθωμένα-ομοιογενοποιημένα δεδομένα μεταφέρονται στο δεύτερο επίπεδο καταχώρησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικασία ομοιογενοποίησης θα πρέπει να γίνει με το πέρας του αναλυτικού κλιματολογικού ποιοτικού ελέγχου. Σε περίπτωση αλλαγής μεθόδου ομοιογενοποίησης αυτή εφαρμόζεται στα δεδομένα του πρώτου επιπέδου.

### 3.3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΕΛΛΕΙΠΟΥΣΩΝ ΤΙΜΩΝ

Το θέμα της συμπλήρωσης ημερησίων ή μηνιαίων ή ετησίων δεδομένων αποτελεί ξεχωριστή εργασία του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ (στάδιο 8/4). Στην προκειμένη περίπτωση μετά την συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών, τα δεδομένα θα συνεχίσουν να ανήκουν στο Δεύτερο Επίπεδο.

#### 4. ΧΡΟΝΙΚΑ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΑ

Πολλές φορές θα ζητηθούν από τους χρήστες της Τράπεζας ημερήσιες ή μηνιαίες τιμές ή δεκαήμερες τιμές. Για την εκπλήρωση της απαίτησης αυτής θα πρέπει για κάθε αίτηση να υπολογίζονται από τα στοιχεία του Επιπέδου II ημερήσιες ή μηνιαίες ή δεκαήμερες τιμές. Προς αποφυγή του υπολογισμού των τιμών αυτών σε κάθε μεμονωμένη αίτηση, προτείνεται να προυπολογισθούν τιμές των μεταβλητών του Δευτέρου Επιπέδου σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Επομένως, προκύπτει η ανάγκη ορισμού των χρονικών επιπέδων που θα είναι υπο-επίπεδα του Επιπέδου II.

##### 4.1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ

Το υπο-επίπεδο αυτό θα είναι το χρονικό επίπεδο καταχώρησης των δεδομένων στο Δεύτερο Επίπεδο. π.χ. μπορεί να είναι το ωριαίο επίπεδο αν το αρχείο απαρτίζεται από ωριαίες τιμές ή το συνοπτικό επίπεδο των τεσσάρων κυρίων συνοπτικών ωρών (00.00,06.00,12.00 ή 18.00 UTC) κλπ.

##### 4.2. ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ

Μπορεί να προκύψει από τις ημερήσιες τιμές του συνοπτικού υπο-επίπεδο του Επιπέδου II. Δηλαδή το υποεπίπεδο αυτό περιλαμβάνει τις μέσες ημερήσιες τιμές του Επιπέδου II.

##### 4.3. ΥΠΟ-ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟΥ

Στο υπο-επίπεδο αυτό θα καταχωρηθούν οι μέσες τιμές του δεκαημέρου κάθε μηνός του Δευτέρου Επιπέδου.

##### 4.4. ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΠΟΕΠΙΠΕΔΟ

θα περιλαμβάνει τις μηνιαίες τιμές του Δευτέρου Επιπέδου.

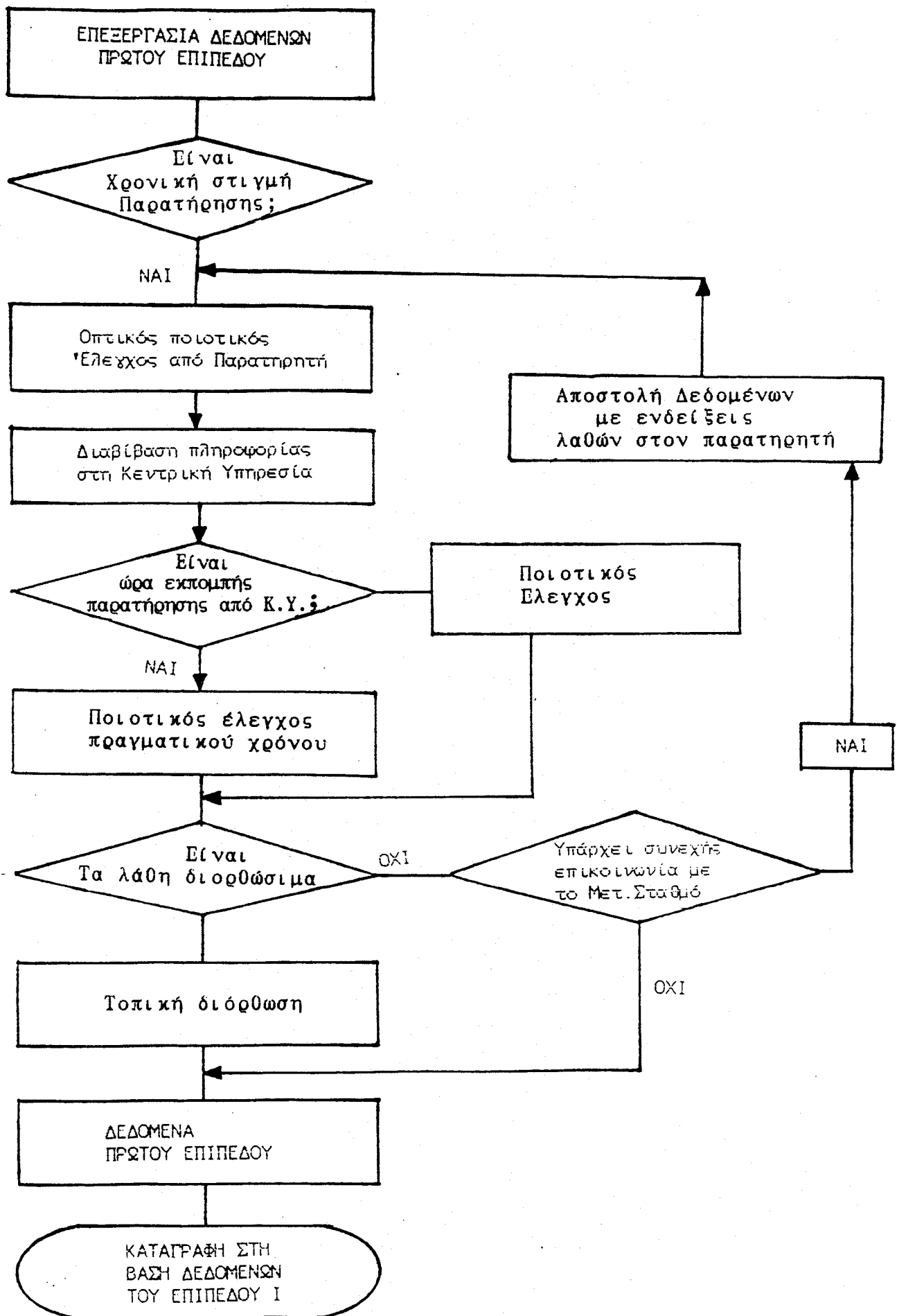
## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το γενικό διάγραμμα επεξεργασίας των δεδομένων για την δημιουργία του πρώτου επιπέδου καταχώρησης.

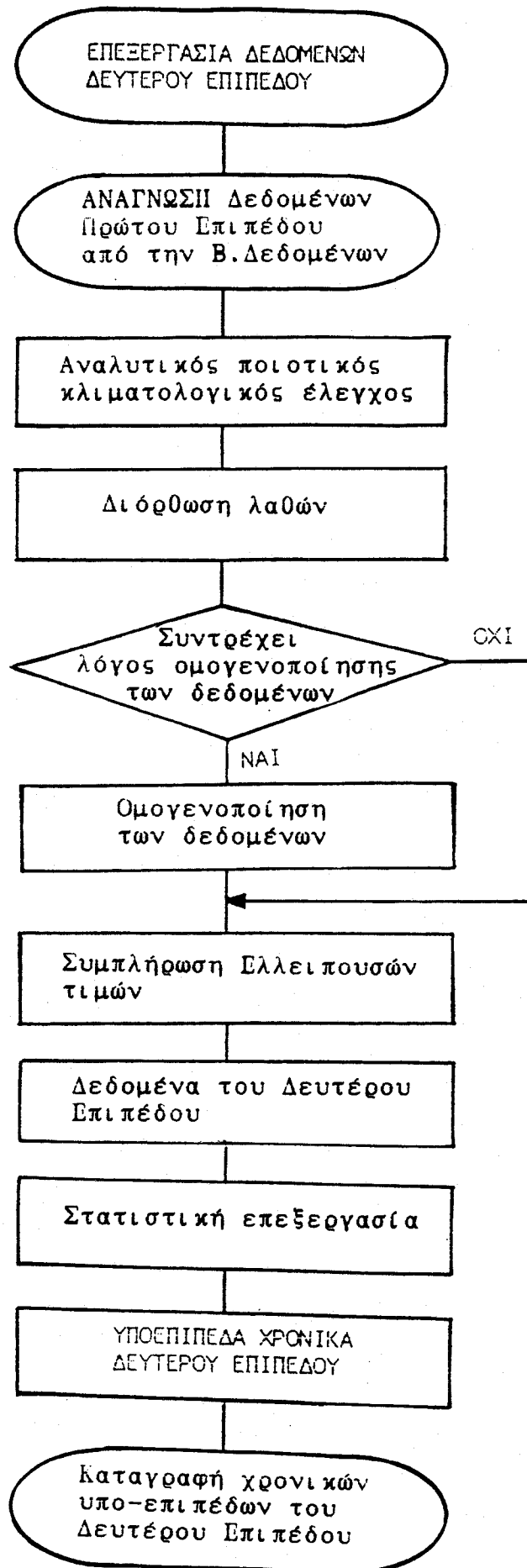
Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2 και όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχ.1 η επεξεργασία πρέπει να αρχίσει την στιγμή της παρατήρησης με τον οπτικό ποιοτικό έλεγχο από τον παρατηρητή. Επειδή σφάλματα μπορούν να προκύψουν και σε κάθε στάδιο διαβίβασης της πληροφορίας, εάν πρόκειται να γίνει εκπομπή της παρατήρησης στους χρήστες πρέπει να γίνει έλεγχος πραγματικού χρόνου. Εάν τα λάθη είναι διορθώσιμα γίνεται τοπική διόρθωση και τα δεδομένα καταγράφονται σαν δεδομένα πρώτου επιπέδου που θα καλούνται πρωτογενή δεδομένα. Εάν τα λάθη είναι μη διορθώσιμα και εφόσον υπάρχει συνεχής επικοινωνία με τον Μετεωρολογικό Σταθμό αποστέλλονται σε αυτό για διόρθωση. Σε περίπτωση μη επικοινωνίας μετά την διόρθωση των προφανών λαθών τα δεδομένα συνιστούν την στάθμη επεξεργασίας I, και καταχωρούνται στη βάση σαν πρώτο επίπεδο.

Στο σχήμα 2 φαίνεται η επεξεργασία των δεδομένων για να καταλήξουν στο δεύτερο επίπεδο. Τα δεδομένα λαμβάνονται από το πρώτο επίπεδο και όπως έχει περιγραφεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 γίνεται αναλυτικός ποιοτικός Κλιματολογικός Έλεγχος. Στη συνέχεια γίνεται με διάφορους μεθόδους διόρθωση των λαθών και εφόσον συντρέχουν λόγοι γίνεται ομογενοποίηση των δεδομένων και ακολουθεί συμπλήρωση ελλειπουσών στοιχείων. Στο τέλος της επεξεργασίας αυτής τα δεδομένα έχουν καταλήξει στη στάθμη II και καταχωρούνται σαν δεδομένα επιπέδου II. Στη συνέχεια γίνεται Στατιστική επεξεργασία και χωρίζεται το επίπεδο II σε χρονικά υπο-επίπεδα (συνοπτικό, ημερήσιο, Δεκαήμερο και Μηνιαίο). Μετά την καταγραφή όλων των δεδομένων στη βάση δεδομένων τελειώνει η επεξεργασία του Δευτέρου επιπέδου.

Εφόσον τα δεδομένα έχουν προκύψει από ένα σχήμα ανάλυσης πρέπει να γίνει η αρχιγενοποίηση (initialization) κατά την οποία σε περίπτωση



ΣΧΗΜΑ 1 Επεξεργασία δεδομένων και παραγωγή του Πρώτου Επιπέδου επεξεργασίας Δεδομένων.



ΣΧΗΜΑ 2. Επεξεργασία δεδομένων και παραγωγή του Δευτέρου Επιπέδου επεξεργασίας δεδομένων

γραμμικών εξισώσεων το αρχικό πλάτος των κυμάτων βαρύτητας λαμβάνεται μηδέν ενώ στα μη γραμμικά μοντέλα οι χρονικές τάσεις του πλάτους των κυμάτων βαρύτητας τίθεται ίσο με μηδέν. Στο Παράρτημα Α δόθηκε μία περιγραφή της θεωρίας σχετικά με την αρχιγενοποίηση.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

## 6. ΤΡΙΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην περίπτωση που διατίθενται τιμές ενός πεδίου στα σημεία ενός πλέγματος που καλύπτει μία γεωγραφική περιοχή (grid point data) και οι τιμές έχουν προκύψει από κάποιο σχήμα ανάλυσης π.χ. τα δεδομένα θα πρέπει να υποστούν μία επί πλέον επεξεργασία που λέγεται αρχικοποίηση (initialization).

Η αρχικοποίηση γίνεται μόνο όταν είναι επιθυμητό τα δεδομένα να αποτελέσουν αρχικές συνθήκες ολοκλήρωσης των πρωταρχικών εξισώσεων κίνησης. Με την επεξεργασία αυτή σύμφωνα με το GOS τα δεδομένα μεταφέρονται στο Επίπεδο Τρία.

Με την διαδικασία αρχικοποίησης μηδενίζεται ή το αρχικό πλάτος των κυμάτων βαρύτητας ή η τάση ως προς τον χρόνο, με συνέπεια να ελέγχεται το πλάτος αυτών κατά την ολοκλήρωση. Παρακάτω θα γίνει μία περίληψη της θεωρίας του "Normal Mode Initialization (NMI)" (Κανονικής αρχικοποίησης), για τους γραμμικούς όρους του μοντέλου "shallow water wave equations" και στη συνέχεια για τους μη γραμμικούς όρους.

Η περαιτέρω ανάπτυξη της θεωρίας για μετάπτωση των δεδομένων στο Επίπεδο III κρίθηκε ότι είναι πέραν του σκοπού της μελέτης αυτής.

## 6.1. ΓΡΑΜΜΙΚΟ NORMAL MODE INITIALIZATION

Τα "normal modes" είναι οι επικρατούσες καταστάσεις ενός συστήματος που μπορεί να πάλλεται με ελεύθερη κίνηση. θεωρούμε το σύστημα των αβαθών εξισώσεων



$$\frac{\partial u}{\partial t} - f_0 v + \frac{\partial \phi'}{\partial x} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} + F_x = N_u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + f_0 u + \frac{\partial \phi'}{\partial y} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} + F_y = N_v \quad (2)$$

$$\frac{\partial \phi'}{\partial t} + \bar{\phi} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\phi' \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - u \frac{\partial \phi'}{\partial x} - v \frac{\partial \phi'}{\partial y} + Q = N_\phi \quad (3)$$

που περιγράφουν την κίνηση ενός ασυμπιεστού υγρού με ελεύθερη επιφάνεια όπου  $\rho = \rho(z)$  είναι η πυκνότητα σε ύψος  $Z$ ,  $\Phi$  είναι τα γεωδυναμικά της ελεύθερης επιφάνειας που έχουν χωρισθεί στο σταθερό μέρος  $\bar{\Phi}$  και στην απόκλιση  $\phi'$ ,  $f_0$  είναι η σταθερή coriolis παράμετρος,  $u, v$  είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας στην  $x$  και  $y$  διεύθυνση αντίστοιχα,  $F_x$  και  $F_y$  είναι οι δυνάμεις τριβών και  $Q$  είναι ο όρος θέρμανσης. Οι μη γραμμικοί όροι έχουν μεταφερθεί στο δεύτερο μέλος και περιέχονται στους όρους  $N_u, N_v$  και  $N_\phi$ .

Θεωρούμε ένα διδιάστατο περιοδικό χώρο και χρησιμοποιούμε διπλές σειρές Fourier για να κάνουμε ανάλυση των μεταβλητών  $u, v, \phi'$  και  $N$  στο χώρο Fourier

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ \phi' \\ N \end{bmatrix} = \sum_{n=-M}^M \sum_{m=-M}^M \begin{bmatrix} u_{nm} \\ v_{nm} \\ \sqrt{\bar{\phi}} \phi_{nm} \\ N_{nm} \end{bmatrix} e^{i \left( \frac{2\pi n x}{L_x} + \frac{2\pi m y}{L_y} \right)} \quad (4)$$

όπου  $M$  είναι ο μέγιστος ζωνικός και μεσημβρινός αριθμός κύματος,  $L_x$  και  $L_y$  είναι η ζωνική και μεσημβρινή έκταση του χώρου και  $u_n^m, v_n^m, \phi_n^m, N_n^m$  είναι οι συντελεστές Fourier. Αντικαθιστώντας την (4) στις (1)-(4) λαμβάνουμε

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} u_n^m &= f_0 i v_n^m - i k \sqrt{\bar{\phi}} \phi_n^m + N_{un}^m \\ \frac{\partial}{\partial t} i v_n^m &= -f_0 u_n^m - i l \sqrt{\bar{\phi}} \phi_n^m + N_{vn}^m \\ \frac{\partial}{\partial t} \sqrt{\bar{\phi}} \phi_n^m &= -\bar{\phi} i k u_n^m - \bar{\phi} i^2 l v_n^m + N_{\phi n}^m \end{aligned}$$

όπου  $k=2\pi m/L_x$  και  $l=2\pi n/L_y$ . Ορίζοντας:

$X_n^m (u_n^m, v_n^m, \phi_n^m)$  λαμβάνουμε το σύστημα

$$\frac{\partial}{\partial t} X_n^m = i A_n^m X_n^m + N_n^m$$

(5)

$$N_n^m = (N_{un}^m, -i N_{vn}^m, (\bar{\phi})^{-1/2} N_{\phi n}^m)$$

Ο πίνακας A δίνεται από την σχέση

$$A = \begin{bmatrix} 0 & f_0 & -k\sqrt{\bar{\phi}} \\ f_0 & 0 & i l \sqrt{\bar{\phi}} \\ -k\sqrt{\bar{\phi}} & -i l \sqrt{\bar{\phi}} & 0 \end{bmatrix}$$

Θα βρούμε τις χαρακτηριστικές λύσεις (eigen) του γραμμικοποιημένου συστήματος της (5)

Οι ιδιοτιμές υπολογίζονται από την σχέση

$A - i\lambda = 0$  και είναι:

$$\lambda_1 = 0$$

$$\lambda_{2,3} = \pm [f_0^2 + \bar{\phi} (k^2 + l^2)]^{1/2} = \pm \sigma$$

όπου  $\lambda_1$  είναι η συχνότητα των κυμάτων Rossby ( που στην περίπτωση αυτή

είναι στάσιμη αφού  $f_0$  σταθερό) και  $\lambda_{2,3}$  είναι οι συχνότητες των κυμάτων βαρύτητας. Η ταχύτητα φάσης αυτών δίνεται από την σχέση:

$$|c| = \frac{\sigma}{\sqrt{k^2 + l^2}} = \left[ \bar{\phi} + \frac{f_0^2}{k^2 + l^2} \right]^{1/2}$$

επειδή το  $c$  είναι συνάρτηση των  $k, l$  τα κύματα αυτά μπορούν να μεταφέρουν μία τυπική μεταβολή σε μεγάλη έκταση. Τα ιδιοδιανύσματα (eigen vectors) του Πίνακα A προκύπτουν από την σχέση

$$A \mathbf{v}_j = \lambda_j \mathbf{v}_j \quad j = 1, 2, 3$$

Χρησιμοποιώντας το  $\lambda_1$  ευρίσκουμε το αντίστοιχο ιδιοδιάνυσμα

$$\bar{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} -il\sqrt{\bar{\phi}/f_0} \\ k\sqrt{\bar{\phi}/f_0} \\ 1 \end{bmatrix}$$

που είναι το γνωστό Rossby mode, ενώ το αντίστοιχο ( $\lambda_2, \lambda_3$ ) ιδιοδιάνυσμα βαρύτητας δίδεται από την σχέση

$$\mathbf{v}_{E,W} = \begin{bmatrix} if_0 l \mp \sigma k \\ -f_0 k \pm i\sigma l \\ \sqrt{\bar{\phi}(k^2 + l^2)} \end{bmatrix}$$

Το άνω σημείο δίνει το ιδιοδιάνυσμα της βαρύτητας που μετακινείται ανατολικά ενώ το κάτω δίνει το μετακινούμενο δυτικά.

Μια σπουδαία ιδιότητα των ιδιοδιανυσμάτων είναι ότι είναι ορθογώνια. Επομένως, μπορούμε να αναλύσουμε ένα διάνυσμα  $\bar{\mathbf{x}}^m$  σε σειρά από ιδιοδιανύσματα με τον ίδιο τρόπο όπως μπορούμε να αναλύσουμε ένα πεδίο σε σειρά Fourier. Εστω E ο πίνακας που έχει τα τρία ιδιοδιανύσματα σαν στήλες,

$$\mathbf{E} = \frac{1}{\sigma} \begin{bmatrix} -il\sqrt{\phi} & \frac{if_0 1 - \sigma k}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} & \frac{if_0 1 + \sigma k}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} \\ k/\sqrt{\phi} & \frac{-f_0 k + i\sigma 1}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} & \frac{-f_0 k - i\sigma 1}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} \\ f_0 & \frac{\sqrt{\phi} (k^2+1^2)}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} & \frac{\sqrt{\phi} (k^2+1^2)}{\sqrt{2(k^2+1^2)}} \end{bmatrix}$$

Για να προβάλλουμε ένα διάνυσμα  $\bar{X}_n^m$  στα ιδιοδιανύσματα γράφουμε:

$\bar{X}_n^m = \mathbf{E} \bar{Y}_n^m$  όπου  $\bar{X}_n^m$  είναι το γνωστό διάνυσμα και  $\bar{Y}_n^m = \mathbf{E}^{-1} \bar{X}_n^m$  είναι το διάνυσμα που περιέχει τις προβολές των ιδιοδιανυσμάτων. Προβάλλουμε το διάνυσμα  $\bar{X}_n^m (u_n^m, v_n^m, \phi_n^m)$ , και λαμβάνουμε:

$$(Y_R)_n^m = \frac{1}{\sigma} [-il\sqrt{\phi} u_n^m + k\sqrt{\phi} v_n^m + f_0 \phi_n^m] \quad (6)$$

$$(Y_{GE})_n^m = \frac{1}{\sigma\sqrt{2(k^2+1^2)}} [(if_0 1 - \sigma k)u_n^m - (f_0 k - i\sigma 1)v_n^m + \sqrt{\phi}(k^2+1^2)\phi_n^m] \quad (7)$$

$$(Y_{GW})_n^m = \frac{1}{\sigma\sqrt{2(k^2+1^2)}} [(if_0 1 + \sigma k)u_n^m - (f_0 k + i\sigma 1)v_n^m + \sqrt{\phi}(k^2+1^2)\phi_n^m] \quad (8)$$

Για δεδομένα πεδία  $u, v, \phi$  οι σχέσεις (6)-(8) μας δείχνουν την προβολή των πεδίων αυτών σε ιδιοδιανύσματα Rossby και βαρύτητας.

Προβάλλοντες την εξίσωση (8) στα ιδιοδιανύσματα (eigen vectors) λαμβάνουμε:

$$\frac{\partial}{\partial t} \bar{Y}_n^m = i\lambda \bar{Y}_n^m + \mathbf{E} \bar{q}_n^m \quad (9)$$

όπου  $\bar{q}_n^m$  είναι το πλάτος του ιδιοδιανύσματος του  $\bar{N}_n^m$ .

Πολλαπλασιάζοντας την (8) με  $E^{-1}$  από αριστερά λαμβάνουμε

$$\frac{\partial \bar{y}_\eta^m}{\partial t} = iE^{-1} AE \bar{y}_\eta^m + \bar{q}_\eta^m$$

εφαρμόζοντας τον μετασχηματισμό  $E^{-1} AE$  μετατρέπει τον Πίνακα  $A$  σε ένα διαγώνιο Πίνακα  $\Delta$  που περιέχει τις ιδιότητες  $\lambda_i$  σαν στοιχεία κυρίας διαγωνίου και μηδέν όλα τα άλλα στοιχεία.

Επομένως παίρνουμε το σύστημα

$$\frac{d(\bar{y}_R)_n^m}{dt} = i\lambda (\bar{y}_R)_n^m + (\bar{q}_R)_n^m \quad (10)$$

$$\frac{d(\bar{y}_{GE})_n^m}{dt} = i\lambda (\bar{y}_{GE})_n^m + (\bar{q}_{GE})_n^m \quad (11)$$

$$\frac{d(\bar{y}_{GW})_n^m}{dt} = i\lambda (\bar{y}_{GW})_n^m + (\bar{q}_{GW})_n^m \quad (12)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις είναι κανονικές διαφορικές εξισώσεις. Παραλείποντας τους μη γραμμικούς όρους και ολοκληρώνοντας λαμβάνουμε

$$\bar{y}_R(t)_n^m = \bar{y}_R(t=0)_n^m \quad (13)$$

$$\bar{y}_{GE}(t)_n^m = \bar{y}_{GE}(t=0)_n^m e^{i\lambda t} \quad (14)$$

$$\bar{y}_{GW}(t)_n^m = \bar{y}_{GW}(t=0)_n^m e^{-i\lambda t} \quad (15)$$

οι σχέσεις (13) - (15) είναι οι αναλυτικές λύσεις του γραμμοποιημένου συστήματος (1) - (3)

Δοθέντων των πεδίων  $u, v, \Phi$  από κάποια ανάλυση με την χρήση των (6)-(8)

λαμβάνουμε τα  $(YR(0))_{\Pi}^m$ ,  $(YGE(0))_{\Pi}^m$  και  $(YGW(0))_{\Pi}^m$ . Στη συνέχεια με την βοήθεια των (13) - (15) μπορούν να υπολογισθούν οι τιμές των συντελεστών των ιδιοδιανυσμάτων στη χρονική στιγμή  $t$ .

Χρησιμοποιώντας την  $\bar{X}_m = E\bar{Y}_m$  λαμβάνουμε το διάνυσμα  $X_{\Pi}^m(u_{\Pi}^m, v_{\Pi}^m, \phi_{\Pi}^m)$ , οπότε με αντίστροφο μετασχηματισμό της (4) υπολογίζουμε ξανά τα πεδία μάζας και ταχύτητας στο φυσικό χώρο. Από τις (13)-(15) παρατηρούμε ότι οι συντελεστές του ιδιοδιανύσματος Rossby  $(YR(t))$  παραμένουν σταθεροί ως προς τον χρόνο. Ενώ οι συντελεστές του ιδιοδιανύσματος βαρύτητας μπορούν να εγτελούν ταλάντωση υψηλής συχνότητας  $\sigma$  εκτός και αν το αρχικό πλάτος  $(YGE(0))_{\Pi}^m$  και  $(YGW(0))_{\Pi}^m$  είναι μηδέν.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι για να μην αυξάνει με το χρόνο το πλάτος μερικών ταλαντώσεων στο γραμμικό μοντέλο πρέπει  $(YGE(0))_{\Pi}^m = 0$  και  $(YGW(0))_{\Pi}^m = 0$  στις (14) και (15). Από τις (7) και (8) προκύπτει:

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2(k^2+1^2)}} [(if_0 1 - \sigma k)u(0)_{\Pi}^m - (f_0 k - i\sigma 1)v(0)_{\Pi}^m + \sqrt{f}(k^2+1^2)\phi(0)_{\Pi}^m] = 0 \quad (16)$$

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2(k^2+1^2)}} [(if_0 1 + \sigma k)u(0)_{\Pi}^m - (f_0 k + i\sigma 1)v(0)_{\Pi}^m + \sqrt{f}(k^2+1^2)\phi(0)_{\Pi}^m] = 0 \quad (17)$$

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να πληρούνται οι (16) και (17).

Συνήθως ζητούμε οι συνιστώσες του ιδιοδιανύσματος  $(YR)$  να μην μεταβάλλονται με την αρχικοποίηση. Αυτό επιτυγχάνεται αν αφαιρέσουμε τις συνιστώσες των κιμάτων βαρύτητας από τα αρχικά πεδία δηλαδή:

$$\left( u_L \right)_\eta^m = u(0)_\eta^m - \frac{1}{\sigma \sqrt{2(k^2+1^2)}} [(if_0 1-\sigma k) Y_{GE}(0)_\eta^m + (if_0 1+\sigma k) Y_{GW}(0)_\eta^m] \quad (18)$$

$$\left( v_L \right)_\eta^m = v(0)_\eta^m - \frac{1}{\sigma \sqrt{2(k^2+1^2)}} [(-f_0 k+i\sigma l) Y_{GE}(0)_\eta^m - (f_0 k+i\sigma l) Y_{GW}(0)_\eta^m] \quad (19)$$

$$\left( \phi_L \right)_\eta^m = \phi(0)_\eta^m - \frac{\sqrt{\phi}(k^2+1^2)}{\sigma \sqrt{2(k^2+1^2)}} [Y_{GE}(0)_\eta^m + Y_{GW}(0)_\eta^m] \quad (20)$$

Τροποποιώντας την αρχική ανάλυση σύμφωνα με τις σχέσεις (18)-(20) το πλάτος των αρχικών κυμάτων βαρύτητας είναι μηδέν και λόγω των (14) και (15) θα είναι μηδέν και κατά την ολοκλήρωση του γραμματοποιημένου συστήματος.

## 6.2. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟ NORMAL MODE INITIALIZATION

Οι σχέσεις (15)-(17) δηλώνουν ότι στην περίπτωση γραμματοποιημένου συστήματος εξισώσεων τα ιδιοδιανύσματα βαρύτητας αρχικά θα είναι μηδέν και θα παραμείνουν μηδέν καθόλη την ολοκλήρωση. Εάν οι ίδιες διαδικασίες χρησιμοποιηθούν και στα μη γραμμικά μοντέλα οι σχέσεις (10)-(12) δείχνουν ότι οι μη γραμμικοί όροι  $(\varphi_{GE})_\eta^m$  και  $(\varphi_{GW})_\eta^m$  θα δημιουργήσουν στις χρονικές τάσεις των  $(Y_{GE})_\eta^m$ ,  $(Y_{GW})_\eta^m$  πλάτη, με συνέπεια τα ιδιοδιανύσματα βαρύτητας να μην είναι μηδέν κατά την διάρκεια της ολοκλήρωσης αν και τα αρχικά mode είναι μηδέν. Επομένως πρέπει να εφαρμοσθεί μία διαφορετική διαδικασία.

Ο Machenhauer (1977) πρότεινε όπως οι αρχικές (χρονικές) τάσεις πρέπει να τοποθετηθούν μηδέν. Οπότε από τις (10)-(12) λαμβάνουμε:

$$(Y_{GE})_\eta^m = \frac{(\varphi_{GE})_\eta^m}{\sigma} \quad (21)$$

$$(Y_{GW})_\eta^m = \frac{(\varphi_{GW})_\eta^m}{\sigma} \quad (22)$$

οι σχέσεις (21) και (22) φανερώνουν μία αρχική σχέση στην οποία οι γραμμικές τάσεις των κινήτων βαρύτητας βρίσκονται σε ισορροπία με τις αντίστοιχες προβολές των μη γραμμικών όρων, που τελικά δίνουν μηδενικές τάσεις και στα ιδιοδιανύσματα βαρύτητας.

Οι εξισώσεις (21) και (22) σχηματίζουν ένα μη γραμμικό σύστημα αλγεβρικών εξισώσεων. Μία επαναληπτική μέθοδος λύσεως του συστήματος αυτού είναι:

$$\left( (y_{GZ})_{\frac{m}{n}} \right)^{v+1} = \frac{i}{\sigma} \left( (q_{GE})_{\frac{m}{n}} \right)^v \quad (23)$$

$$\left( (y_{GW})_{\frac{m}{n}} \right)^{v+1} = -\frac{i}{\sigma} \left( (q_{GW})_{\frac{m}{n}} \right)^v \quad (24)$$

Αρχίζοντας από τα πεδία της ανάλυσης μπορούν αρχικά να υπολογισθούν οι μη γραμμικοί όροι. Από τις (23) και (24) λαμβάνουμε μία πρώτη προσέγγιση των συνιστωσών των ιδιοδιανυσμάτων βαρύτητας που θα χρησιμοποιηθούν για νέο υπολογισμό των μη γραμμικών όρων. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται συνήθως δύο ή τρεις φορές. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την αρχικοποίηση προτείνονται οι εργασίες των Dickinson R.E. και D.L. Williamson (1972), Mackenhouer (1977), Baer, F. (1977), Daley (1981), Kasahara A. (1982) και Brawning G., Kasahara A.