

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΗΣ

---

ΚΑΚΟΥΡΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ [geom17011@geo.aegean.gr](mailto:geom17011@geo.aegean.gr)

ΜΟΚΑΛΗΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ : [geom17016@geo.aegean.gr](mailto:geom17016@geo.aegean.gr)

ΚΟΝΤΟΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ [kontos@aegean.gr](mailto:kontos@aegean.gr)

ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ [nsoul@aegean.gr](mailto:nsoul@aegean.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την αυτοματοποίηση της μεθοδολογίας για τη χάραξη των κλιματικών ζωνών σε μια περιοχή και την ανάπτυξη μεθοδολογίας για την πρόβλεψη της τάσης για αλλαγή του κλίματος. Πιο αναλυτικά, η μεθοδολογία βασίστηκε σε δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, και έχει δύο στόχους. Ο πρώτος είναι η αυτοματοποίηση της μεθοδολογίας για τη χάραξη των κλιματικών ζωνών με την ταξινόμηση Köppen, μέσω της χρήσης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Ο δεύτερος είναι η πρόβλεψη της τάσης για αλλαγή του κλίματος σε κάθε σημείο του χώρου, όχι μόνο στα ποσοτικά δεδομένα της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, αλλά και στα κατηγορικά δεδομένα των κλιματικών ζωνών που προκύπτουν από τα παραπάνω. Από την εξαγωγή των πρώτων αποτελεσμάτων φαίνεται ότι η μεθοδολογία που επιλέχθηκε μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω. Ως περιοχή μελέτης ορίστηκε η ήπειρος της Αφρικής. Η χάραξη των κλιματικών ζωνών βασίστηκε σε μηνιαία δεδομένα 36 χρόνων, από το 1981 ως το 2016, τόσο για τη θερμοκρασία όσο και για τη βροχόπτωση.

**Λέξεις-Κλειδιά:** Ταξινόμηση Köppen , Κλιματικές ζώνες, Κλιματική Αλλαγή, Τάση για Αλλαγή Ποσοτικών και Ποιοτικών Δεδομένων, Αφρική, GIS, R-Studio.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρώτη ποσοτική ταξινόμηση του παγκόσμιου κλίματος παρουσιάστηκε από το Γερμανό επιστήμονα Wladimir Köppen (1846-1940) το 1900. Η πραγματική ταξινόμησή του κλίματος κατασκευάστηκε με βάση τις ομάδες βλάστησης κάθε περιοχής που ορίστηκαν από τον γάλλο βοτανολόγο De Candolle που αναφέρεται στις κλιματολογικές ζώνες των αρχαίων Ελλήνων (SANDERSON, 1999). Οι πέντε ομάδες βλάστησης της ταξινόμησης Köppen διακρίνουν τα φυτά της ισημερινής ζώνης (A), (B), τη θερμή ζώνη μέτρησης (C), τη ζώνη χιονιού (D) και την πολική ζώνη (E). Ένα δεύτερο γράμμα στην ταξινόμηση θεωρεί περιγράφει τη υγρασία (π.χ. Df για χιόνι και πλήρως υγρό) και με ένα τρίτο γράμμα περιγράφεται η θερμοκρασία του αέρα (π.χ. Dfc για χιόνι, πλήρως υγρό με δροσερό καλοκαίρι). Παρόλο που διάφοροι συγγραφείς δημοσίευσαν βελτιωμένες ταξινομήσεις Köppen ή ανέπτυξαν νέες ταξινομήσεις, η κλιματική ταξινόμηση που αναπτύχθηκε αρχικά από την Köppen εξακολουθεί να είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη. Παράλληλα γίνεται μελέτη για την ανάλυση τάσης για την αλλαγή του κλίματος. Τα περιβαλλοντικά δεδομένα, παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες που δυσχεραίνουν τη στατιστική τους ανάλυση και την εξαγωγή ουσιαστών και αξιόπιστων συμπερασμάτων με τις κλασσικές στατιστικές μεθόδους (έλεγχοι υποθέσεων με προαπαιτούμενη γνώση της κατανομής, μοντέλα χρονολογικών σειρών κλπ). Ο κυριότερος και πιο διαδεδομένος στατιστικός έλεγχος που εφαρμόζεται στα περιβαλλοντικά δεδομένα είναι ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Kendall. Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται εκτός από ποιοτικά χαρακτηριστικά και σε ποσοτικά, δηλαδή παρουσιάζεται τα τελευταία 36 χρόνια από το 1981 έως το 2016 η τάση αλλαγής του κλίματος. Τα παραπάνω εφαρμόζονται για την περιοχή της Αφρικής.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Κλιματικές Ζώνες*

Έχουν χρησιμοποιηθεί δύο σύνολα δεδομένων κλιματικών παρατηρήσεων για την δημιουργία των κλιματικών ζωνών. Και οι δύο είναι διαθέσιμες σε ένα κανονικό πλέγμα γεωγραφικού πλάτους/μήκους 0,125 με μηνιαία δεδομένα. Μετατράπηκαν στην ίδια ποιότητα εικόνας έπειτα από επεξεργασία. Το πρώτο σύνολο δεδομένων παρέχεται από την επίσημη ιστοσελίδα του ECMWF που είναι το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προβλέψεων και συνεργάζεται με 34 κράτη. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν είναι αρχεία σε μορφή NetCDF που αφορούν όλη την Αφρική. Η θερμοκρασία ήταν σε Kelvin(K) και μετατράπηκε σε βαθμούς Κελσίου(C). Η ανάλυση των εικόνων ήταν 0.125 \* 0.125 degrees ανά πλευρά του κελίου. Στην συγκεκριμένη ιστοσελίδα υπάρχει μια λίστα από επιλογές που μπορείς να αποκτήσεις αλλά στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μόνο η θερμοκρασία δύο μέτρα (2m) πάνω από το έδαφος καθώς και υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν οι συντεταγμένες για την εκάστοτε περιοχή μελέτης και τέλος η ποιότητα του αρχείου που απαιτείται. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μηνιαία δηλαδή για κάθε έτος αντλήθηκαν δώδεκα αρχεία NetCDF που κάθε αρχείο είχε δεδομένα για ένα μήνα. Το δεύτερο σετ δεδομένων αντλείται για την βροχόπτωση και τα δεδομένα αντλήθηκαν από το CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data). Το CHIRPS, που ξεκίνησε από το 1981 έως και σήμερα, ενσωματώνει δορυφορικές εικόνες ψηφιακής ανάλυσης 0,05° μοίρες με δεδομένα επίγειου σταθμού για να δημιουργήσει χρονοσειρές βροχοπτώσεων για την ανάλυση των τάσεων και την εποχιακή παρακολούθηση της ξηρασίας. Αυτά τα δεδομένα έχουν ανάλυση 0.05\*0.05 μοίρες και είναι σε μορφή tif. Όπως και παραπάνω, είναι μηνιαία και μετρούν το ύψος της βροχόπτωσης σε χιλιοστά (mm). Ο

υπολογισμός των κλιματικών ζωνών βασίστηκε στον παρακάτω πίνακα για τα πρώτα δύο γράμματα.

**Πίνακας 1 : Κριτήρια για τα δυο πρώτα γράμματα.**

Type	Description	Criterion
<b>A</b>	<b>Equatorial climates</b>	$T_{\min} \geq +18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Af	Equatorial rainforest, fully humid	$P_{\min} \geq 60 \text{ mm}$
Am	Equatorial monsoon	$P_{\text{ann}} \geq 25(100 - P_{\min})$
As	Equatorial savannah with dry summer	$P_{\min} < 60 \text{ mm in summer}$
Aw	Equatorial savannah with dry winter	$P_{\min} < 60 \text{ mm in winter}$
<b>B</b>	<b>Arid climates</b>	$P_{\text{ann}} < 10 P_{\text{th}}$
BS	Steppe climate	$P_{\text{ann}} > 5 P_{\text{th}}$
BW	Desert climate	$P_{\text{ann}} \leq 10 P_{\text{th}}$
<b>C</b>	<b>Warm temperate climates</b>	$-3 \text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\min} < +18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Cs	Warm temperate climates with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40 \text{ mm}$
Cw	Warm temperate climates with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10P_{\text{wmin}}$
Cf	Warm temperate climates , fully humid	Neither Cs or Cw
<b>D</b>	<b>Snow climates</b>	$T_{\min} \leq -3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Ds	Snow climates with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40 \text{ mm}$
Dw	Snow climates with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10P_{\text{wmin}}$
Df	Snow climates , fully humid	Neither Ds or Dw
<b>E</b>	<b>Polar Climates</b>	$T_{\text{max}} < +10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
ET	Tundra climate	$0 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} < +10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
EF	Frost climate	$T_{\text{max}} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Αυτά είναι τα βασικά για την περιγραφή του κλίματος μιας περιοχής. Η ετήσια μέση θερμοκρασία πλησίον (2m) σηματοδοτείται από την  $T_{\text{ann}}$  και τις μηνιαίες μέσες θερμοκρασίες των θερμότερων και ψυχρότερων μηνών με  $T_{\text{max}}$  και  $T_{\text{min}}$ , αντίστοιχα. Με  $P_{\text{ann}}$  είναι η αθροιστική ετήσια βροχόπτωση και  $P_{\text{min}}$  είναι η βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα. Επιπλέον, τα  $P_{\text{smin}}$ ,  $P_{\text{smax}}$ ,  $P_{\text{wmin}}$  και  $P_{\text{wmax}}$  ορίζονται ως οι χαμηλότερες και υψηλότερες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για το καλοκαιρινό και το χειμερινό εξάμηνο στο εξεταζόμενο ημισφαίριο. Όλες οι θερμοκρασίες δίνονται σε  $^{\circ}\text{C}$ , μηνιαίες κατακρημνίσεις σε mm/μήνα και  $P_{\text{ann}}$  σε mm/έτος. Επίσης ορίζεται ένα κατώτατο όριο ξηρότητας  $P_{\text{th}}$  σε mm για τα ξηρά-ερημικά κλίματα (B), το οποίο εξαρτάται από το  $\{T_{\text{ann}}\}$ , το απόλυτο μέτρο της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας σε  $^{\circ}\text{C}$  και τον ετήσιο κύκλο βροχοπτώσεων :

**Πίνακας 2: Δείκτης ξηρασίας κατά τον Koppen.**

$$P_{th} = \begin{cases} 2 T_{ann} & \text{If at least 2/3 of the annual precipitation occurs in winter} \\ 2 T_{ann}+28 & \text{If at least 2/3 of the annual precipitation occurs in winter} \\ 2 T_{ann}+14 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Η εξαγωγή αποτελεσμάτων έγινε έπειτα από μοντελοποίηση με την χρήση του GIS. Αναλυτικότερα χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά γεωπληροφορικής (ArcMap 10.2.2) και γλώσσας προγραμματισμού python. Έτσι δημιουργήθηκαν script και μοντέλα για την δημιουργία κλιματικών ζωνών. Σκοπός ήταν η πλήρης αυτοματοποίηση για την δημιουργία κλιματικών ζωνών οποιασδήποτε περιοχής μελέτης παγκοσμίως. Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν μόνο οι κύριες κατηγορίες κλιματικών ζωνών δηλαδή το κεφαλαίο γράμμα κάθε κλίματος.

### **Ανάλυση Τάσης για Αλλαγή**

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για το αν τα ποσοτικά δεδομένα της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, αλλά και τα αποτελέσματα των κλιματικών ζωνών, αυξάνονται ή μειώνονται μονοτονικά με τον χρόνο. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, βασίστηκε στο στατιστικό έλεγχο Mann-Kendall μέσω του R-Studio.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Kendall εφαρμόζεται όταν υπάρχει η πεποίθηση ότι τα δεδομένα μπορεί να αποτελούν χρονολογική σειρά με τάση αύξουσα ή φθίνουσα. Η δοκιμασία Mann-Kendall επιβεβαιώνει μια αυξανόμενη τάση στην περίπτωση όπου οι τιμές που καταγράφονται μετέπειτα χρονικά είναι μεγαλύτερες από τις προηγούμενες καταγεγραμμένες. Αν οι προγενέστερες καταγεγραμμένες τιμές είναι μεγαλύτερες από ότι τις καταγεγραμμένες που ακολουθούν, η δοκιμή Mann-Kendall δείχνει πτωτική τάση. Έτσι γίνεται η υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις  $X_i$  προκύπτουν από μια συνεχή μονότονη – αύξουσα ή φθίνουσα – συνάρτηση του χρόνου  $f(t_i)$  της μορφής:

$$X_i = f(t_i) + \varepsilon_i$$

,όπου τα  $\varepsilon_i$  είναι τα κατάλοιπα τα οποία προέρχονται από την ίδια κατανομή με μέσο 0 .

Η μέθοδος Mann-Kendall ελέγχει την μηδενική υπόθεση  $H_0$ , ή ότι τα στοιχεία δεν δείχνουν καμία τάση, έναντι της εναλλακτικής  $H_1$  ή ότι τα στοιχεία δείχνουν τάση, όπως παρακάτω:

$H_0$  : Οι παρατηρήσεις είναι τυχαία κατανεμημένες στο χρόνο

$H_1$  : Υπάρχει τάση στα δεδομένα (αύξουσα ή φθίνουσα )

Η στατιστική συνάρτηση που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο υποθέσεων εξαρτάται από το πλήθος των δεδομένων και από την τυχόν έντονη αλληλεξάρτησή τους (δηλαδή πολύ κοντινές τιμές) με βάση τον τύπο:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k)$$

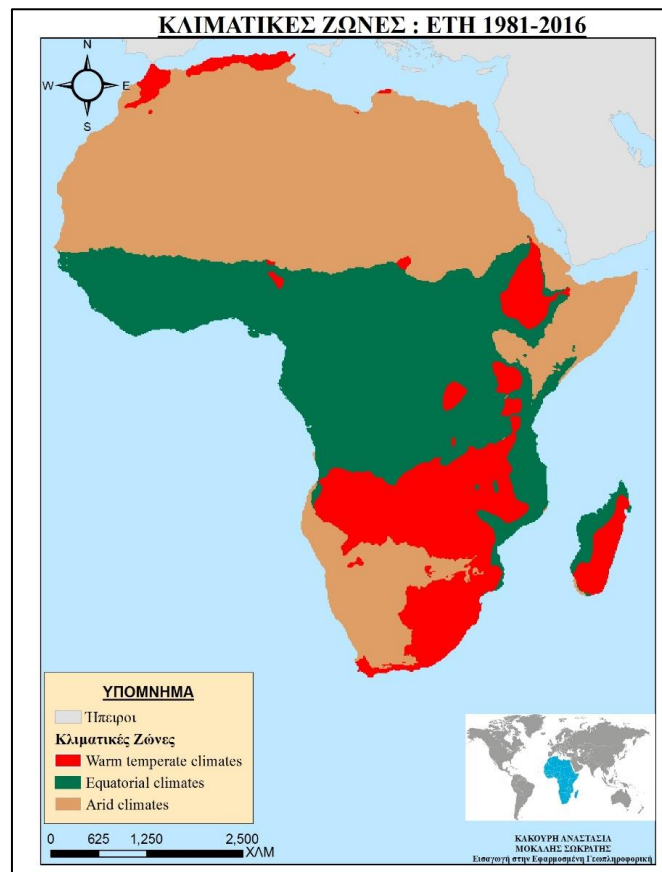
Σε αυτό το σημείο θα ήταν καλό να αναφερθεί ότι, οι μεταβλητές που υπολογίζονται από το στατιστικό έλεγχο του Mann-Kendall είναι το S, που προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση και μπορεί να λάβει τιμές -1, 0 και 1, το Z και το p-value, το οποίο ελέγχει αν τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν είναι στατιστικά σημαντικά, για διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Όσον αφορά το Z, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μια πτωτική τάση, αν το Z έχει αρνητική τιμή και μια αυξητική τάση αν είναι θετικό.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κλιματικές Ζώνες

Εκτελώντας τα κριτήρια του πίνακα 1 προκύπτουν τρεις τύποι κλιματικών ζωνών, ενώ δεν διακρίνονται καθόλου τα ψυχρά κλίματα δηλαδή αυτά με κωδικοποίηση D και E. Ο χάρτης 1 δείχνει τις κλιματικές ζώνες για την περιοχή της Αφρικής για μια σειρά 36 χρόνων μελέτης από το 1981 έως το 2016 με ποιότητα εικόνας 0.125 \* 0.125 μοίρες άνοιγμα κελιού. Οι τρεις κατηγορίες απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα. Η μεγαλύτερη επιφάνεια της Αφρικής καλύπτεται από ξηρά-ερημικά κλίματα(B), ακολουθούν τα τροπικά κλίματα (A) και την μικρότερη επιφάνεια έχουν τα εύκρατα (C).

Χάρτης 1: Κλιματικές Ζώνες της Αφρικής



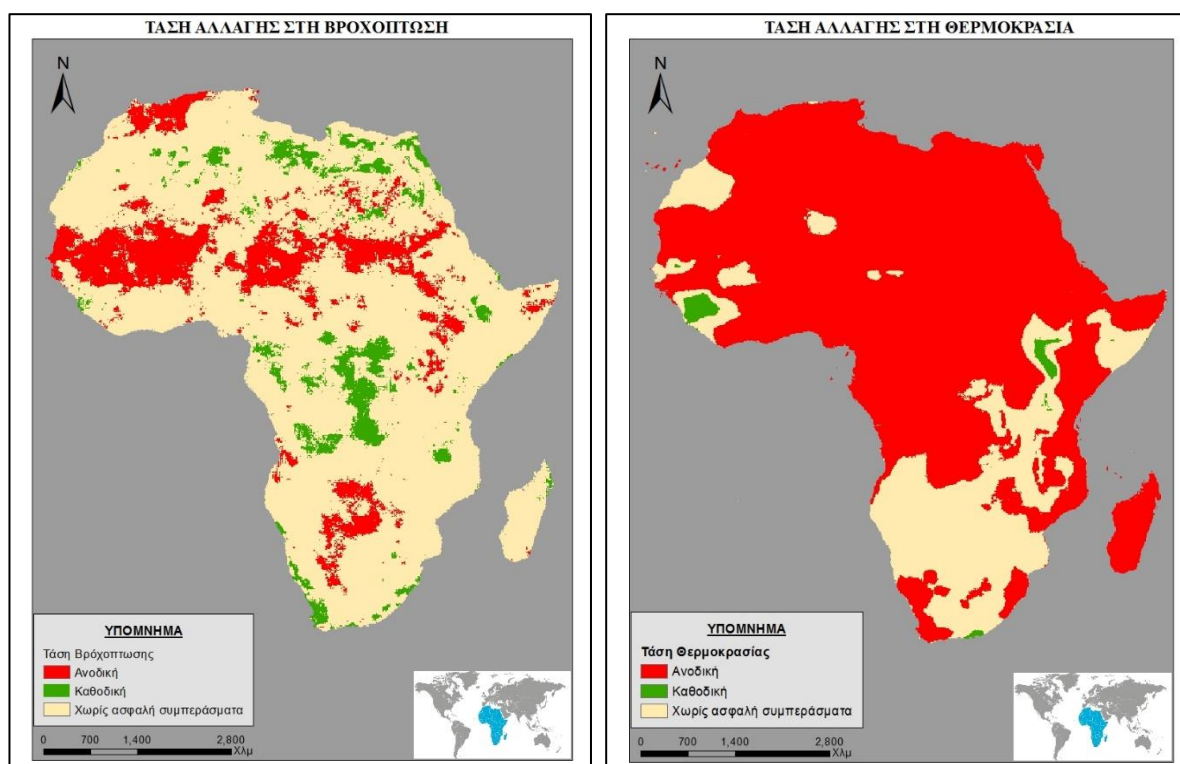
## Ανάλυση Τάσης για Αλλαγή

### Τάση Αλλαγής Βροχόπτωσης και Θερμοκρασίας

Εφαρμόζοντας τα στατιστικά τεστ του Mann-Kendall για τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης δημιουργήθηκε ο χάρτης 2 και χάρτης 3 της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας αντίστοιχα. Προκύπτουν τρεις κατηγορίες που παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα , αυτές οι κατηγορίες είναι η ανοδική , η καθοδική τάση καθώς και μια τρίτη κατηγορία που δείχνει τα σημεία εκείνα τα οποία δεν βγαίνουν ασφαλή συμπεράσματα.

Χάρτης 2 : Τάση Αλλαγής στη Βροχόπτωση

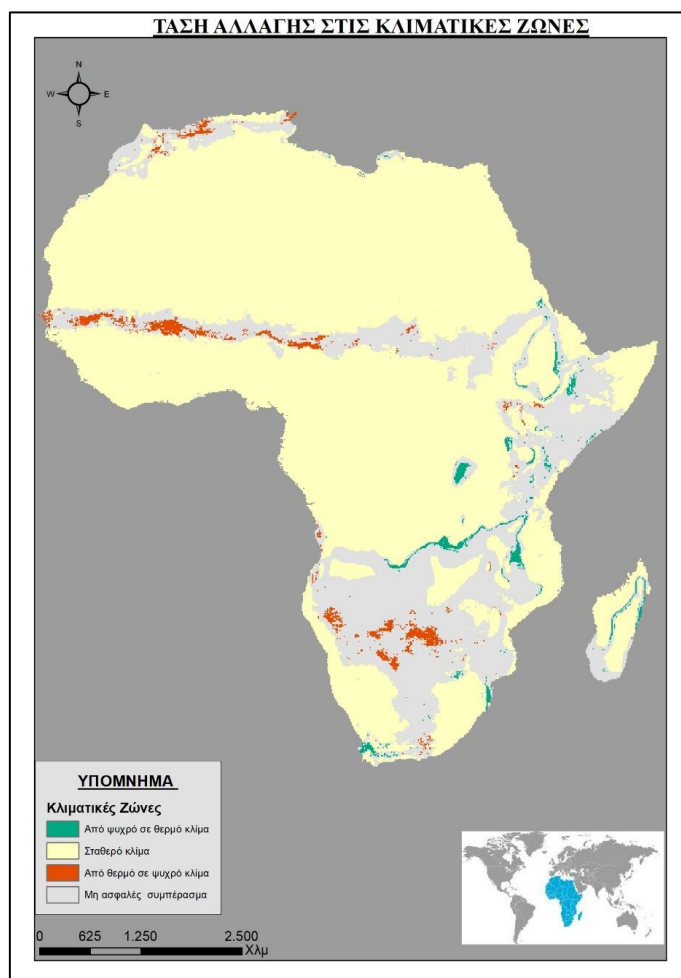
Χάρτης 3: Τάση Αλλαγής στη Θερμοκρασία



### Τάση Αλλαγής στις Κλιματικές Ζώνες

Παρομοίως με τα παραπάνω έπειτα από την χρήση του Mann-Kendall τεστ απεικονίζονται οι τάσεις για αλλαγές των κλιμάτων τα τελευταία 36 χρόνια μελέτης .Παρουσιάζονται τέσσερις κατηγορίες για την τάση οι τρεις είναι ίδιες με τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασία και η καινούργια είναι αυτή που δείχνει ότι δεν υπάρχει αλλαγή.

Χάρτης 4: Τάση Αλλαγής στις Κλιματικές Ζώνες της Αφρικής



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### Κλιματικές Ζώνες

Παρατηρώντας τον χάρτη 1 διακρίνεται εύκολα ότι τα ερημικά-ξηρά κλίματα βρίσκονται σε πληθώρα στην βόρεια Αφρική και σε μικρότερο κομμάτι στη νοτιοδυτική Αφρική. Σε αυτές τις περιοχές η ξηρασία φαίνεται να είναι μεγαλύτερη της βροχόπτωσης για αυτό υπάρχουν μεγάλες περιοχές ερήμου και κάποιες με ποώδη βλάστηση. Στην συνέχεια στην κεντρική Αφρική και σε μικρά γεωγραφικά πλάτη βόρεια και νότια του Ισημερινού διακρίνονται τα τροπικά κλίματα ,στην συγκεκριμένη αυτή κατηγορία κλίματος φαίνονται να υπάρχει πυκνή βλάστηση και δάση. Τέλος, εύκρατα κλίματα συναντώνται σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη από ότι τα τροπικά. Έτσι στην βόρεια Αφρική υπάρχουν περιοχές που βρέχονται από την Μεσόγειο και καθορίζει το κλίμα τους και στην περιφέρεια της νότιας Αφρικής καθώς βρέχεται ανατολικά από τον Ινδικό ωκεανό.

### *Ανάλυση Τάσης για Αλλαγή*

Για τα ποσοτικά δεδομένα τα συμπεράσματα μπορούν εύκολα να ερμηνευθούν παρατηρώντας τους χάρτες 2 και 3. Σε αυτόν της βροχόπτωσης δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα ενώ οι περιοχές που φαίνεται να έχουν ανοδική τάση είναι στην περιοχή ανάμεσα σε ερημικά-ξηρά και τροπικά κλίματα στα βόρεια-δυτικά και ένα μικρό κομμάτι της επιφάνειας στην νότια Αφρική. Για την θερμοκρασία η περιοχή που δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα είναι πιο συρρικνωμένη με την μεγαλύτερη επιφάνεια να την καταλαμβάνει η ανοδική τάση και η καθοδική να περιορίζεται σε μικρές περιοχές ανά την ήπειρο. Όσον αφορά την τάση για αλλαγή στις κλιματικές ζώνες φαίνεται να καλύπτεται η περιοχή μελέτης από σταθεροποίηση του κλίματος ενώ διακρίνονται εύκολα περιοχές με αλλαγές από ψυχρότερα κλίματα σε θερμότερα και το αντίστροφο. Αναλυτικότερα τάση για αλλαγή διακρίνεται στις περιοχές όπου οι ζώνες “εφάπτονται” με χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτά της ζώνης του Σάχελ ( περιοχή ανάμεσα στα ερημικά και τροπικά κλίματα) και της περιφέρειας της νοτίου Αφρικής ενώ σταθερά φαίνεται να παραμένουν τα κλίματα σε μεγάλες επιφάνειες για κάθε κατηγορία αντίστοιχα. Τέλος , υπάρχουν περιοχές που δεν μπορούν να βγουν ασφαλή συμπεράσματα λόγω της έντονης εναλλαγής των μετεωρολογικών φαινομένων.

Ως μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να προταθεί, η απεικόνιση των ζωνών δεύτερης και τρίτης τάξης, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Köppen, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τέλος, θα μπορούσαν να ελεγχθούν με διαφορετικά στατιστικά εργαλεία, όχι μόνο στις βασικές κατηγορίες του κλίματος, αλλά και οι κατηγορίες δεύτερης και τρίτης κλάσης.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

Grieser, J., et al., 2006. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. **15** (3), 259-263.

Hulme, M., et al., 2001. African climate change: 1900–2100. *Climate Research*, Vol 17: 145-168.

Niang, I., et al., 2014. Africa: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Parry, M., et al., 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Sanderson, M., 1999: The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. – Bull. Amer. Meteor. Soc. 80, 669–673.

World Meteorological Organization, 2015. The Climate in Africa: 2013. *World Meteorological Organization*, Geneva.

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Χίνη, Μ.Ε., 2016. Μελέτη της Χωροχρονικής Μεταβολής της Θερμοκρασίας για τον Ελλαδικό χώρο με τη χρήση GIS, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.