

ΧΩΡΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ. ΜΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Νικολάκης Δ., Νάστος Π.

*Εργαστήριο Κλιματολογίας και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος,
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Περίληψη

Είναι γνωστό ότι η βροχή και η θερμοκρασία του αέρα αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία τόσο του καιρού όσο και του κλίματος. Η μελέτη κάθε στοιχείου χωριστά είναι σχετικά εύκολη και συνήθης. Η δυσκολία προκύπτει όταν εξετάζεται η συμμεταβολή τους, πράγμα που επιχειρείται στην παρούσα εργασία. Για αυτό τον σκοπό ελήφθησαν υπόψιν τα μηνιαία κλιματικά στοιχεία βροχής και θερμοκρασίας αέρα, μιας πλήρους κλιματικής περιόδου (1961-1990), 27 μετεωρολογικών σταθμών της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, ικανοποιητικά διανεμημένων στον Ελληνικό χώρο. Στο πρώτο στάδιο εφαρμόστηκε η παραγοντική ανάλυση (Factor Analysis, T-mode, Varimax Rotation) στις μέσες μηνιαίες τιμές βροχής και θερμοκρασίας αέρα για το σύνολο των σταθμών. Όσον αφορά την βροχή προέκυψαν δύο κύριοι παράγοντες που ερμηνεύουν το 87.7% της συνολικής μεταβλητότητας και αντιστοιχούν στις δύο περιόδους, υγρή (Σεπτέμβριος-Απρίλιος) και ξηρή (Μάιος-Αύγουστος), και όσον αφορά την θερμοκρασία αέρα προέκυψαν επίσης δύο παράγοντες που εξηγούν το 97.6% της συνολικής μεταβλητότητας και αντιστοιχούν στις δύο περιόδους, ψυχρή (Οκτώβριος-Απρίλιος) και θερμή (Μάιος-Σεπτέμβριος). Στο δεύτερο στάδιο, η ανάλυση σε ομάδες (Hierarchical Cluster Analysis) εφαρμόστηκε στις τιμές των τεσσάρων εξαγομένων κυρίων παραγόντων (factor scores) από την παραγοντική ανάλυση, όπου και ταυτοποιήθηκαν χωρικά τέσσερις ομάδες σταθμών με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά βροχής και θερμοκρασίας αέρα.

SPATIAL COVARIABILITY OF PRECIPITATION AND AIR TEMPERATURE IN GREECE. A DIFFERENT APPROACH

Nikolakis D., Nastos P.

*Laboratory of Climatology and Atmospheric Environment,
Faculty of Geology and Geoenvironment, University of Athens*

Abstract

It is well known that precipitation and air temperature constitute fundamental elements of the weather and the climate. The study of each element separately is relatively easy and usual. The difficulty arises when their covariability is examined, and this is the objective of this study. For this purpose, the mean monthly precipitation and air temperature data with respect to the reference period 1961-1990 were obtained from 27 meteorological stations of Hellenic Meteorological Service, satisfactorily distributed all over the country. The first step was the application of Factor Analysis (T-mode, Varimax Rotation) to the mean monthly precipitation and air temperature data of all the stations. Regarding the precipitation, two main factors were extracted, which explain 87.7 % of the total variance and correspond to the wet period (September-April) and the dry period (May-August) while regarding the air temperature, two main factors were also extracted, explaining 97.6 % of the total variance and correspond to the cold period (October-April) and the warm period (May-September). The second step was the application of the Hierarchical Cluster Analysis to the four factor scores extracted by the Factor Analysis. This procedure resulted in four sub regions with particular characteristics of precipitation and air temperature, which demonstrate the spatial covariability of these two important climatic elements.

Λέξεις κλειδιά: χωρική συμμεταβολή, βροχή, θερμοκρασία αέρα, Ελλάδα.

Key words: spatial covariability, precipitation, air temperature, Greece.

1. Εισαγωγή

Για την πλήρη απεικόνιση του κλίματος μιας περιοχής απαιτείται η στατιστική μελέτη και τα χαρακτηριστικά όλων των κλιματικών παραμέτρων και παραγόντων μιας πλήρους κλιματικής περιόδου 30 ετών. Ως γνωστόν, οι κλιματικές παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η βροχή, η εξάτμιση, η υγρασία, η διεύθυνση και η ταχύτητα ανέμου, η ηλιοφάνεια, η νέφωση κ.ά., οι δε παράγοντες είναι το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο το ανάγλυφο η απόσταση από την θάλασσα κ.ά. Επομένως, ο αριθμός τόσο των κλιματικών παραμέτρων όσο και των παραγόντων είναι αρκετά μεγάλος. Παρά τον μεγάλο αριθμό των κλιματικών παραμέτρων και παραγόντων οι δυο, δηλαδή αυτοί της θερμοκρασίας και της βροχής θεωρούνται οι βασικότεροι και απαραίτητοι για δυο κυρίως λόγους. Πρώτον είναι τα φυσικά επακόλουθα της διανομής και μεταφοράς της ενέργειας στον πλανήτη και αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά όλων των κλιματικών ταξινομήσεων. Ολοι άλλωστε οι κλιματικοί δείκτες συνίστανται είτε απο αυτά τα ίδια ή απο συνδιασμό τους. Δεύτερον είναι εύκολο να μετρούνται και ως εκ τούτου ανευρίσκονται σχεδόν σε όλους τους σταθμούς μέτρησης και για ικανοποιητική χρονική περίοδο. Το κάθε ένα στοιχείο, απο αυτά, έχει μελετηθεί διεξοδικά είτε για όλον τον ελληνικό χώρο είτε για διάφορα τμήματά του, απο πολλούς ερευνητές. Όσον αφορά την θερμοκρασία του αέρα, τις τάσεις, τις ετήσιες και εποχικές μεταβολές της καθώς και την σχέση της με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία μελέτησαν μεταξύ άλλων οι Giles and Flocas (1984), Repapis and Philandras (1988), Metaxas et al. (1991), Sahsamanooglou and Makrogiannis (1992), Nastos (1995), Proedrou et al. (1997), Luterbacher et al. (2000), Feidas et al. (2004), Flocas et al. (2005), Maheras et al. (2006). Η κατανομή της βροχής στην Ελλάδα, οι ετήσιες και εποχικές μεταβολές της σε σχέση με την κυκλοφορία έχουν μελετηθεί από τους Repapis (1986), Repapis et al. (1993), Nastos (1993), Amanatidis et al. (1997), Metaxas et al. (1999), Fotiadi et al. (1999), Xoplaki et al. (2000), Maheras et al. (2004), Paliatsos et al. (2005), Feidas et al. (2007) μεταξύ άλλων.

Εκείνο πάνω στο οποίο έχει γίνει λίγη δουλειά είναι να εξεταστεί κανείς τον συνδυασμό ή την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραμέτρων πράγμα αρκετά δύσκολο που όμως παρουσιάζει και ενδιαφέρον και χρησιμότητα. Λόγου χάριν πολλές φορές τίθεται το ερώτημα αν ψυχροί χειμώνες ακολουθούνται απο πολλές βροχοπτώσεις ή συμβαίνει το αντίστροφο. Με βεβαία την αυξητική τάση της θερμοκρασίας πλανητικά, μεγάλες αβεβαιότητες διατυπώνονται ως προς την διαμόρφωση του καθεστώτος των βροχοπτώσεων. Οι Κανελλοπούλου κ.ά. (1996) αναλύοντας τις συσχετίσεις των δύο αυτών κλιματικών παραμέτρων διαπίστωσαν ότι κατά την θερμή περίοδο παρατηρούνται αρνητικές τιμές συσχετίσεων, στατιστικά σημαντικές (ε.ε. 95%), ενώ κατά την ψυχρή περίοδο, παρατηρούνται μικρές θετικές τιμές συσχετίσεων οι οποίες δεν είναι στατιστικά σημαντικές (ε.ε. 95%) για το σύνολο σχεδόν της χώρας. Εφαρμόζοντας πολυμεταβλητές μεθόδους ανάλυσης (Factor Analysis and Canonical Analysis) οι Nastos et al. (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των καθεστώτων βροχής και θερμοκρασίας αέρα κατά τον χειμώνα, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι η σχέση αυτή αντιστρέφεται. Σε γενικές γραμμές τα κλιματικά μοντέλα για την Ελλάδα και την Ευρώπη γενικότερα με μεγάλη σχεδόν βεβαιότητα, δείχνουν ότι μετά απο δυο ως πέντε δεκαετίες, ανάλογα με τον ρυθμό των εκπομπών των θερμοκηπιακών αερίων, η θερμοκρασία θα αυξηθεί απο 0.5 ως 2.5 κατά μέσον όρο. Η θέρμανση θα είναι εντονότερη κατα το θέρος και ηπιότερη κατά τον χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις, με μεγαλύτερη όμως αβεβαιότητα, αναμένεται να μειωθούν λίγο, ίσως μέχρι 10% κατά την ψυχρή περίοδο του έτους και μέχρι 20% κατά την θερμή περίοδο.

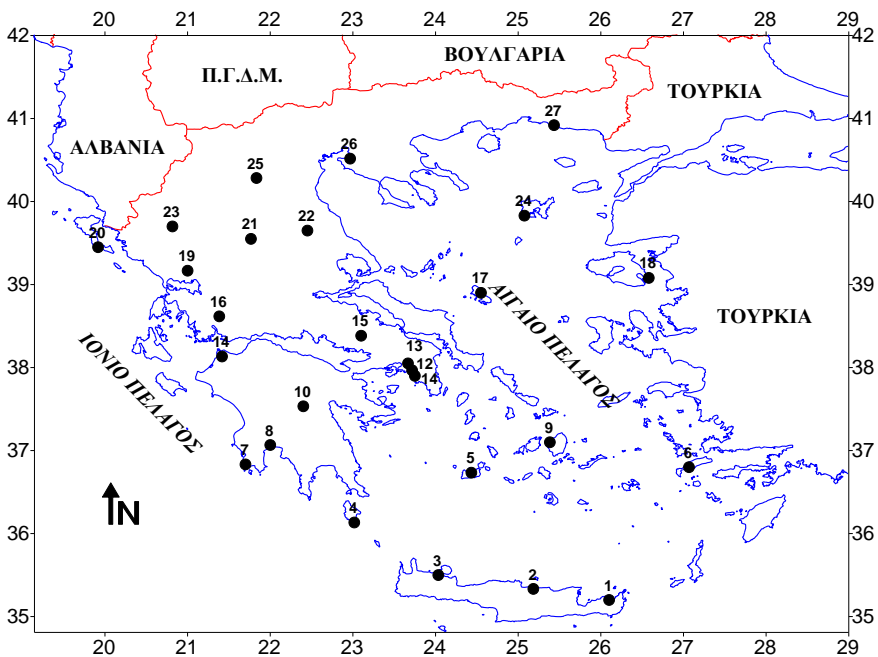
Στην παρούσα μελέτη προκειμένου να ερευνηθεί η συμμεταβολή των δυο στοιχείων

θερμοκρασίας αέρα και βροχής, γίνεται μια διαφορετική μαθηματική στατιστική προσέγγιση του προβλήματος.

2.Υλικό – Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες διεξαγωγής της παρούσας εργασίας ελήφθησαν υπ' όψιν τα μηνιαία κλιματικά στοιχεία βροχής και θερμοκρασίας του αέρα από 27 μετεωρολογικούς σταθμούς του Ελληνικού χώρου για μια πλήρη κλιματική περίοδο τριάντα ετών (1961- 1990),. Για την αξιοπιστία και ομοιογένεια των στοιχείων όλοι οι σταθμοί ελήφθησαν απο το Εθνικό δίκτυο της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ). Στον Πίνακα 1 δίνονται τα στοιχεία ταυτότητας (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο) κάθε σταθμού, στο δε Σχήμα 1 δίνεται η γεωγραφική κατανομή των 27 των σταθμών. Η όλη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων έγινε σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο εφαρμόστηκε η Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis, Varimax Rotation) στις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας και της βροχής. Ο πίνακας που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτός, που χαρακτηρίζεται ως T mode, και έχει σαν στήλες τις μέσες μηνιαίες τιμές του στοιχείου (π.χ θερμοκρασία ή βροχή) και σαν γραμμές τους αντίστοιχους μετεωρολογικούς σταθμούς θεωρούμενος ως ο πλέον κατάλληλος για συσχέτιση χρόνου-σταθμών ως προς το εξεταζόμενο στοιχείο (Jolliffe 1986, 1990; Manly 1986; Richman 1986). Η εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης στις παραμέτρους τόσο της βροχής όσο και της θερμοκρασίας είχε σαν αποτέλεσμα την εξαγωγή δύο κύριων παραγόντων σε κάθε μία από αυτές. Στο δεύτερο στάδιο έγινε ανάλυση ομαδοποίησης των τεσσάρων εξαχθέντων τιμών (factor scores) των κυρίων παραγόντων. Η μέθοδος ομαδοποίησης (Cluster Analysis) που εφαρμόστηκε είναι αυτή της ιεραρχικής πορείας (Hierarchical) με βάση την Ευκλείδεια απόσταση (Euclidian distance). Η Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δύο τιμών i και j βασίζεται στο Πυθαγόρειο Θεώρημα και ορίζεται ως εξής :



Σχήμα 1. Γεωγραφική διανομή του δικτύου των μετεωρολογικών σταθμών

Πίνακας 1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
1	ΣΗΤΕΙΑ	26.10	35.20	28.00
2	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	25.18	35.33	39.00
3	ΧΑΝΙΑ	24.03	35.50	62.00
4	ΚΥΘΗΡΑ	23.02	36.13	167.00
5	ΜΗΛΟΣ	24.43	36.73	182.00
6	ΚΩΣ	27.07	36.80	10.00
7	ΜΕΘΩΝΗ	21.70	36.83	33.00
8	ΚΑΛΑΜΑΤΑ	22.00	37.07	5.00
9	ΝΑΞΟΣ	25.38	37.10	10.00
10	ΤΡΙΠΟΛΗ	22.40	37.53	622.00
11	ΕΛΛΗΝΙΚΟ	23.75	37.90	10.00
12	ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ	23.72	37.97	107.00
13	ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	23.67	38.05	138.00
14	ΑΡΑΞΟΣ	21.42	38.13	15.00
15	ΑΛΙΑΡΤΟΣ	23.10	38.38	110.00
16	ΑΓΡΙΝΙΟ	21.38	38.62	47.00
17	ΣΚΥΡΟΣ	24.55	38.90	4.00
18	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	26.60	39.07	5.00
19	ΑΡΤΑ	21.00	39.17	42.00
20	ΚΕΡΚΥΡΑ	19.92	39.45	4.00
21	ΤΡΙΚΑΛΑ	21.77	39.55	149.00
22	ΛΑΡΙΣΑ	22.45	39.65	74.00
23	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	20.82	39.70	484.00
24	ΛΗΜΝΟΣ	25.07	39.75	3.00
25	ΚΟΖΑΝΗ	21.83	40.28	626.00
26	ΜΙΚΡΑ	22.97	40.52	5.00
27	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	25.43	40.85	3.00

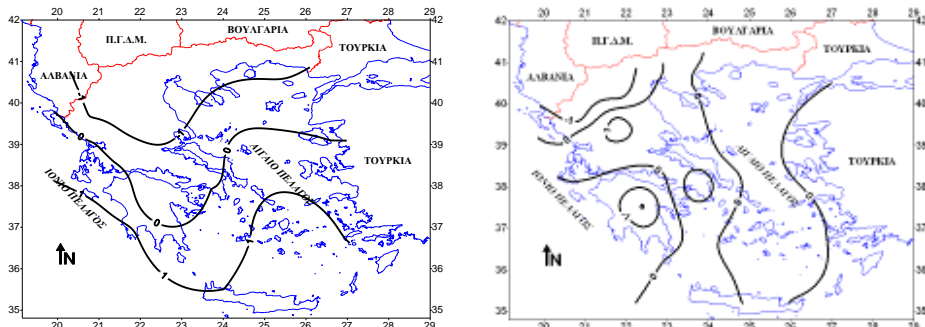
$$D(i, j) = [\sum (M(i, k) - M(j, k))^2]^{1/2}$$

όπου M είναι ο αρχικός πίνακας, $k = 1, \dots, N$, είναι οι διαφορετικές μεταβλητές, χαρακτηριστικές των τιμών που θα ταξινομηθούν και D είναι ο πίνακας αποστάσεων. Κατά την ομαδοποίηση, όπως προηγούμενα αναφέρθηκε ταυτοποιήθηκαν χωρικά τέσσερις ομάδες σταθμών με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά βροχής και θερμοκρασίας αέρα.

3. Αποτελέσματα

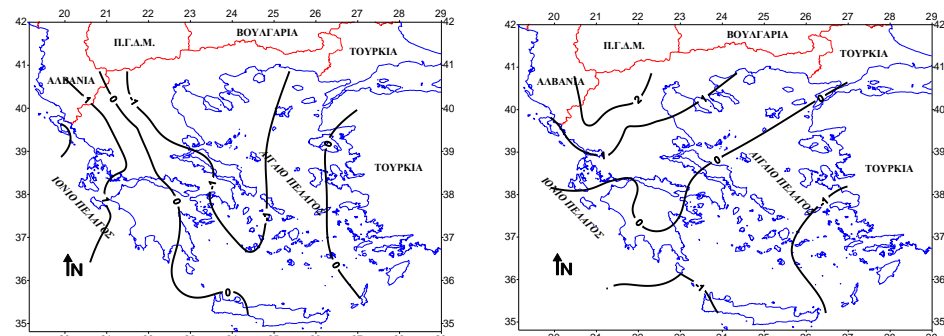
α) Θερμοκρασία. Κατά την εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης στις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας εξήχθησαν δυο κύριοι παράγοντες (Πίνακας 2). Ο πρώτος κύριος

παράγοντας ερμηνεύει το 83.3 % της ολικής μεταβλητότητας και περιλαμβάνει τους μήνες Οκτώβριο–Απρίλιο, που αντιστοιχούν απο πλευράς θερμοκρασίας στην ψυχρή περίοδο του έτους στα Μεσογειακά κλίματα. Ο δεύτερος κύριος παράγοντας ερμηνεύει το 14.2 % της ολικής μεταβλητότητας και περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο–Σεπτέμβριο, που αντιστοιχούν απο πλευράς θερμοκρασίας στην θερμή περίοδο του έτους στα Μεσογειακά κλίματα. Στο Σχήμα 2 εμφανίζεται η γεωγραφική απεικόνιση των ισοπληθών των τιμών (factor scores) των δυο κύριων παραγόντων της θερμοκρασίας αέρα, για τις δυο αντίστοιχες περιόδους.



Σχήμα 2. Χωρική κατανομή των τιμών (factor scores) των κύριων παραγόντων της θερμοκρασίας του αέρα, για την ψυχρή περίοδο (αριστερό γράφημα) και την θερμή περίοδο (δεξιό γράφημα)

β) Βροχή. Κατά την εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης στις μέσες μηνιαίες τιμές της βροχής εξήχθησαν δυο κύριοι παράγοντες. Οι τιμές των φορτίσεων (loadings) των κύριων παραγόντων που είναι μεγαλύτερες από την τιμή 0.7 παρουσιάζονται έντονα και πλάγια στον Πίνακα 2.



Σχήμα 3. Χωρική κατανομή των τιμών (factor scores) των κύριων παραγόντων της βροχής, για την υγρή περίοδο (αριστερό γράφημα) και την ξηρή περίοδο (δεξιό γράφημα)

Ο πρώτος κύριος παράγοντας ερμηνεύει το 53.9 % της ολικής μεταβλητότητας και περιλαμβάνει τους μήνες Οκτώβριο–Απρίλιο, που αντιστοιχούν απο πλευράς βροχής στην υγρή περίοδο του έτους στα Μεσογειακά κλίματα. Ο δεύτερος κύριος παράγοντας ερμηνεύει το 33.8 % της ολικής μεταβλητότητας και περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο–Σεπτέμβριο, που αντιστοιχούν απο πλευράς βροχής στην ξηρή περίοδο του έτους στα Μεσογειακά κλίματα. Στο Σχήμα 3 εμφανίζεται η γεωγραφική απεικόνιση των ισοπληθών των τιμών (factor scores) των δυο κύριων παραγόντων της βροχής, για τις δυο αντίστοιχες περιόδους.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα της εφαρμογής της Παραγοντικής Ανάλυσης στις μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχής.

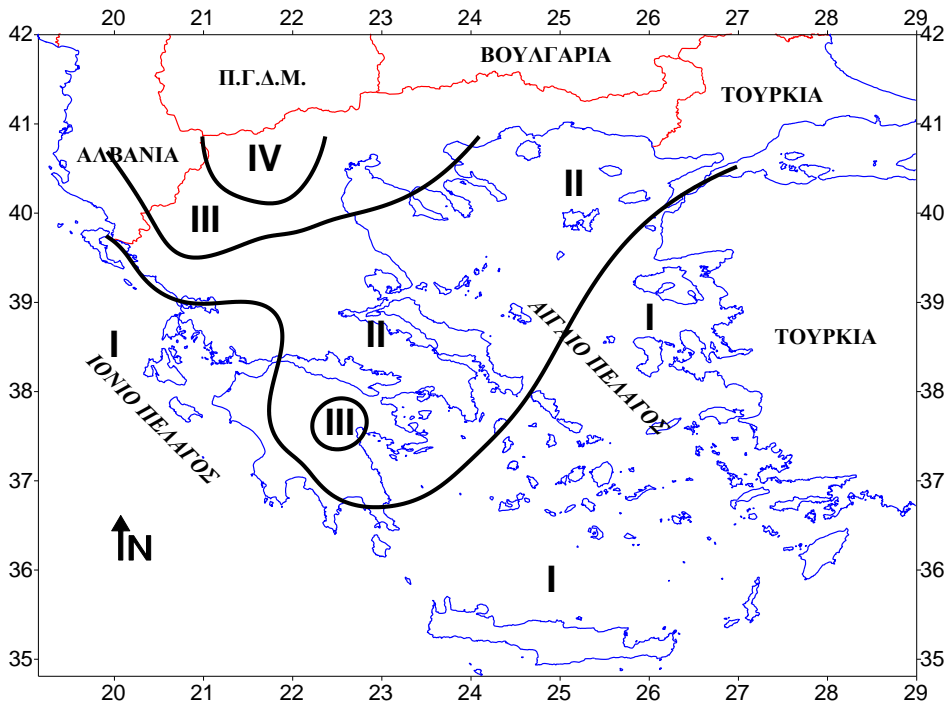
	Θερμοκρασία αέρα		Βροχή	
	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2
Ιανουάριος	0.960	0.269	0.873	-0.302
Φεβρουάριος	0.941	0.331	0.957	-0,091
Μάρτιος	0.895	0.427	0.900	0.112
Απρίλιος	0.760	0.621	0.740	0.608
Μάιος	0.492	0.858	0.140	0.975
Ιούνιος	0.323	0.925	-0.007	0.959
Ιούλιος	0.207	0.971	-0.153	0.963
Αύγουστος	0.322	0.920	0.115	0.968
Σεπτέμβριος	0.619	0.767	0.573	0.643
Οκτώβριος	0.875	0.472	0.827	0.219
Νοέμβριος	0.921	0.314	0.875	0.282
Δεκέμβριος	0.956	0.272	0.944	0.002
Ερμηνευόμενη Ολική μεταβλητότητα	83.3%	14.2%	53.9%	33.8%

γ) **Θερμοκρασία αέρα και Βροχή.** Στην προσπάθεια εξέτασης της συμμεταβολής θερμοκρασίας αέρα και βροχής εφαρμόστηκε η ομαδοποίηση των σταθμών, απο κοινού επι των τεσσάρων εξαχθέντων τιμών των κυρίων παραγόντων (δύο της θερμοκρασίας αέρα και δύο της βροχής) με την μέθοδο της ιεραρχικής ανάλυσης (Hierarchical Cluster Analysis) με βάση την Ευκλείδεια Απόσταση (Euclidian distance). Η μέθοδος έδωσε τέσσερις ομάδες σταθμών. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά στοιχεία της κάθε ομάδας δίνονται στον Πίνακα 3, ενώ η γεωγραφική απεικόνιση τους στο Σχήμα 4.

Πίνακας 3. Στατιστικά χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας αέρα και βροχής, για κάθε κλιματική ομάδα.

Ομάδες (clusters)	Θερμοκρασία αέρα				Βροχή			
	Μέση	Ελάχιστη	Μέγιστη	Τυπική Απόκλιση	Μέση	Ελάχιστη	Μέγιστη	Τυπική Απόκλιση
1	17.5	16.7	18.6	0.7	687.3	414.9	1096.9	198.9
2	15.8	14.1	18.2	1.5	531.2	376.2	706.1	133.6
3	13.4	13.3	13.5	0.1	949.6	808.0	1091.2	200.3
4	12.2	12.2	12.2	----	524.7	524.7	524.7	-----

Εξετάζοντας το Σχήμα 3 (αριστερό γράφημα), όπου εικονίζεται ο πρώτος κύριος παράγοντας της βροχής παρατηρούμε ότι κατά την υγρή περίοδο του έτους (Οκτώβριος-Απρίλιος), οι βροχές στον Ελληνικό χώρο διατάσσονται ομαλά ελαττούμενες απο τα δυτικά προς τα ανατολικά (λόγω της επίδρασης της δυτικής κυκλοφορίας και της πορείας των υφέσεων), αυξανόμενες και πάλι ελαφρά στα ανατολικά νησιά του Αιγαίου. Στο Σχήμα 3 (δεξιο γράφημα), παρουσιάζεται και ο δεύτερος κύριος παράγοντας της βροχής που αντιστοιχεί στην ξηρή περίοδο του έτους (Μαίος - Σεπτέμβριος). Εδώ τα πράγματα εμφανίζονται ομαλά. Δηλαδή οι βροχές ελαττώνονται βαθμιαία απο τα νότια προς τα βόρεια και αυξάνονται ομαλά πάνω απο τις ορεινές περιοχές τού ηπειρωτικού κορμού της χώρας πράγμα που δείχνει αύξηση της ηπειρωτικότητας οι δε βροχές οφείλονται σε θερμικές καταγίδες. Οι βροχές αυτές προκαλούνται από βαρομετρικά χαμηλά, στην ανώτερη τροπόσφαιρα κυρίως, σε συνδυασμό με την αστάθεια που τα συνοδεύει και την θαλάσσια αύρα και τις αύρες ορέων-κοιλιάδων. Στα ίδια συμπεράσματα έχουν καταλήξει οι Metaxas et al., (1999) οι οποίοι μελέτησαν την μεταβλητότητα του τύπου της διανομής της βροχής κατά την διάρκεια του έτους στην Ελλάδα.



Σχήμα 4. Περιοχές με ιδιαίτερα κοινά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας αέρα και βροχής.

Η απο κοινού ομαδοποίηση των στοιχείων θερμοκρασίας αέρα και βροχής έδωσε τέσσερις ζώνες (ομάδες) στον Ελληνικό χώρο (Σχήμα 4). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα δυτικά, νότια και ανατολικά παράλια. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι σχετικά υψηλές, με μέση τιμή 17.5 °C, κυμαινόμενες απο 16.7 °C ως 18.6 °C, τα δε μέσα ετήσια ύψη βροχής είναι και αυτά σχετικά υψηλά, με μέση τιμή 687.3 mm, κυμαινόμενα απο 414.9 mm ως 1096.9 mm. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα της κεντρικής και ανατολικής βορειοανατολικής χώρας και αποτελεί την προς τα βόρεια συνέχεια της πρώτης. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μικρότερες της πρώτης, με μέση τιμή 15.8 °C, κυμαινόμενες απο 14.1 °C ως 18.2 °C, τα δε μέσα ετήσια ύψη βροχής είναι και αυτά μικρότερα, με μέση τιμή 531.2 mm, κυμαινόμενα απο 376.2 mm ως 706.1 mm. Η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει μικρό τμήμα της

κεντρικής και βορειοβορειοδυτικής, αποτελεί την προς τα βόρεια συνέχεια της δεύτερης. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μικρότερες της δεύτερης, με μέση τιμή 13.4 °C, κυμαινόμενες από 13.3 °C ως 13.5 °C, τα δε μέσα ετήσια ύψη βροχής είναι μεγάλα, με μέση τιμή 949.5 mm, κυμαινόμενα από 808.0 mm ως 1091.2 mm. Τέλος η τέταρτη ομάδα περιλαμβάνει ένα πολύ μικρό τμήμα της βορειο-βορειοδυτικής χώρας και αποτελεί την προς τα βόρεια συνέχεια της τρίτης. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι οι πιο μικρές στον Ελληνικό χώρο, με μέση τιμή 12.2 °C, τα δε μέσα ετήσια ύψη βροχής είναι σχετικά πολύ μικρά 524.6 mm. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι κλιματικές υποπεριοχές που προέκυψαν δείχνουν εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος, την ηπειρωτικότητα καθώς και τον προσήνεμο ή υπήνεμο χαρακτήρα τους. Ο τελευταίος παράγοντας είναι καθοριστικός για το βροχομετρικό καθεστώς της δυτικής Ελλάδας, λόγω της μακράς οροσειράς της Πίνδου, η οποία είναι κάθετη στην δυτική κυκλοφορία των βροχομετρικών συστημάτων κατά τον χειμώνα αφενός, και αφετέρου δημιουργεί φυσικό εμπόδιο στη πνοή των Επείσων ανέμων που δεν επηρεάζουν κλιματικά τη δυτική Ελλάδα κατά το θέρος.

Παρόμοια αποτελέσματα αλλά σε εποχική βάση, αναφέρουν οι Nastos et al. (2002), οι οποίοι μελετώντας την συμμεταβολή των καθεστώτων θερμοκρασίας και βροχής στην Ελλάδα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κατά τον χειμώνα εμφανίζονται δύο χαρακτηριστικοί συνδυασμοί. Ο πρώτος αφορά υψηλές θερμοκρασίες σχεδόν σε όλη την Ελλάδα και μεγάλα ποσά βροχής στα δυτικά, βόρεια και ανατολικά της χώρας. Αυτό οφείλεται στη διέλευση των υφέσεων πάνω από την Ελλάδα. Ο δεύτερος συνδυασμός δείχνει χαμηλές θερμοκρασίες στα βόρεια και μεγάλα ποσά βροχής στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος, που οφείλεται στη διέλευση υφέσεων κυρίως στα νότια της χώρας, οι οποίες επηρεάζουν την χώρα με το βόρειο τομέα τους. Την άνοιξη και το θέρος επικρατεί αντίστροφη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και βροχής, επειδή οι υφέσεις κινούνται βορειότερα και το φθινόπωρο υψηλές θερμοκρασίες στο νοτιο-ανατολικό Αιγαίο Πέλαγος συνδέονται με μεγάλα ποσά βροχής στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος.

4. Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα που εξάγονται από την ανάλυση της χωρικής συμμεταβολής της θερμοκρασίας αέρα και βροχής στον ελληνικό χώρο, με εφαρμογή πολυμεταβλητών μεθόδων ανάλυσης είναι τα εξής:

α) Τα δυτικά, νότια και ανατολικά παράλια της χώρας εμφανίζουν σχετικά υψηλές μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας, και σχετικά υψηλές μέσες βροχοπτώσεις μεγάλης διακύμανσης.

β) Μεγάλο τμήμα της κεντρικής και ανατολικής-βορειοανατολικής χώρας εμφανίζει μέτριες μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρα μεγάλης διακύμανσης και μέτρια μέσα ύψη βροχής μεγάλης σχετικά διακύμανσης.

γ) Μικρό μέρος της κεντρικής και βορειοδυτικής χώρας παρουσιάζει σχετικά μικρές μέσες ετήσιες θερμοκρασίες πολύ μικρής διακύμανσης με υψηλά μέσα ύψη βροχής μικρής επίσης διακύμανσης.

δ) Πολύ μικρό μέρος της βόρειας-βορειοδυτικής χώρας έχει τις πιο χαμηλές μέσες ετήσιες θερμοκρασίες και μέτριες μέσες βροχοπτώσεις.

Βιβλιογραφία

Κανελλοπούλου Ε.Α., Π.Θ. Νάστος Π.Θ. και Κ.Μ. Φιλάνδρας, 1996: Συσχέτιση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα με την βροχή στον Ελλαδικό χώρο. 3ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 25-27 Σεπτεμβρίου 1996, Αθήνα.

Νάστος Π.Θ., 1995: Επίδραση φυσικογεωγραφικών παραγόντων στο θερμοκρασιακό καθεστώς του αέρα στην Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας και

Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Amanatidis G.T., C.C. Repapis and A.G. Paliatsos, 1997: Precipitation trends and periodicities in Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 6, 314-319.

Feidas H., C. Nouloupoulou, T. Makrogiannis and E. Bora-Senta, 2007: Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 155–177 (2007)

Feidas, H., T. Makrogiannis, E. Bora-Senta, 2004: Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(3-4), 185-208.

Flocas H.A., K. Tolika, C. Anagnostopoulou, I. Patrikas, P. Maheras, M. Vafiadis, 2005: Evaluation of maximum and minimum temperature of NCEP-NCAR reanalysis data over Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 80(1), 49-65.

Fotiadi A.K., D.A. Metaxas and A. Bartzokas, 1999: A statistical study of Precipitation in NW Greece. *International Journal of Climatology*, 19, 1221-1232.

Giles B.D. and A.A. Flocas, 1984: Air Temperature variations in Greece. Part 1. Persistence, Trend, And Fluctuations. *International Journal of Climatology*, 4, 531-539.

Jolliffe I., 1986: *Principal Component Analysis*, Springer, New York.

Jolliffe I., 1990: **Principal component analysis: a beginner's guide**—Introduction and application. *Weather*, 45, 375–382.

Luterbacher J., E. Xoplaki, R. Burgard, C. Schmutz, 2000: Connection between the large scale lower atmospheric circulation and the winter temperature variability over Greece: 1957–1997. *Proc. 5th Greek Scientific Conference in Meteorology Climatology-Atmospheric Physics*. Athens, 28–30 September 1998.

Maheras P., K. Tolika, C. Anagnostopoulou, M. Vafiadis, I. Patrikas and H. Flocas, 2004: On the relationships between circulation types and changes in rainfall variability in Greece. *International Journal of Climatology*, 24, 1695–1712.

Maheras, P., H. Flocas, K. Tolika, C. Anagnostopoulou, 2006: Circulation types and extreme temperature changes in Greece. *Climate Research Climate Research*, 30(2), 161-174.

Manly B.F.J., 1986: *Multiariate Statistical Methods: A Primer*, Chapman and Hall, London.

Metaxas D.A., A. Bartzokas and A. Vitsas, 1991: Temperature Fluctuations in the Mediterranean Area during the last 120 years. *International Journal of Climatology*, 11, 897-908.

Metaxas D.A., C.M. Philandras, P.T. Nastos, and C.C. Repapis, 1999: Variability of precipitation pattern in Greece during the year. *Fresenius Environmental Bulletin*, 8, 1-6.

Nastos P.T., 1993: Changements de la pluviosite en region Hellenique pendant la periode 1858-1992. **Publication De L'Association Internationale De Climatologie**, 6, 183-190.

Nastos P.T., C.M. Philandras, C.C. Repapis, 2002: Application of Canonical Analysis to Air Temperature and Precipitation Regimes over Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 11(8), 488-493.

Paliatsos A.G., Nastos P.T., Tzavelas G. and Panagiotakos D.B., 2005: Characteristics of precipitation in the Athens area, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14(7), 1-7.

Proedrou M., G. Theoharatos and C. Cartalis, 1997: Variations and trends in annual and seasonal air temperature in Greece determined from ground and satellite measurements. *Theoretical and Applied Climatology*, 57, 65-78.

Repapis C.C. and C. M. Philandras, 1988: A note on the air temperature trends of the last 100 years, as evidenced in the Eastern Mediterranean time series. *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 93-107.

Repapis C.C., G.T. Amanatidis, A.G. Paliatsos and H.T. Mantis 1993: Coherence spatiale **des precipitations en Grece. Publication De L'Association Internationale De Climatologie**, 6, 333-340.

Richman M., 1986: Rotation of P.C.A. *Journal of Climatology*, 6, 293-335.

Sahsamanoglou H.S., T.J. Makrogiannis, 1992: Temperature trends over the Mediterranean region, 1950-1988. *Theoretical and Applied Climatology*, 45, 183-192.

Xoplaki E, J. Luterbacher, R. Burkard, I. Patrikas and P. Maheras, 2000: Connection between the large scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. *Climate Research*, 14, 129-126.