

**ΠΜΣ Εφαρμοσμένης Οικονομικής
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Διπλωματική Εργασία

**ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ: ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ Ή ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ;
ΤΥΧΑΙΟ Ή ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΟ;**

Θεοδώρα Δημητρίου Καλέμη

Επιβλέπων Καθηγητής: Επίκουρος Καθηγητής Λουκάς Ζαχείλας

Βόλος 2016

Υπεύθυνη Δήλωση Πρωτοτυπίας Διπλωματικής Εργασίας

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Ιούνιος 2016

Στην οικογένειά μου
και στον επιβλέποντα καθηγητή μου,
κ. Λουκά Ζαχείλα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
Κεφάλαιο 1	7
Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 2.....	8
Ο Ήλιος.....	8
2.1 Στοιχεία και αριθμοί.....	8
2.2 Δομή	9
2.2.1 Ο πυρήνας	10
2.2.2 Η ζώνη ακτινοβολίας	10
2.2.3 Η ζώνη μεταφοράς	11
2.2.4 Η φωτόσφαιρα.....	11
2.2.5 Η χρωμόσφαιρα.....	11
2.2.6 Το στέμμα.....	12
2.3 Ηλιακή Δραστηριότητα.....	13
2.3.1 Οι προεξοχές	14
2.3.2 Οι εκλάμψεις	14
2.3.3 Ο ηλιακός άνεμος.....	15
2.3.4 Εκτινάξεις στεμματικού υλικού	16
2.3.5 Οι κόκκοι.....	17
2.3.6 Οι ηλιακές κηλίδες	18
2.3.7 Οι πυρσοί.....	21
2.4 Ηλιακός κύκλος (solar cycle).....	22
Κεφάλαιο 3	26
Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στη Γη.....	26
3.1 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στο κλίμα	26

Κεφάλαιο 4.....	33
Ηλιακές κηλίδες και Οικονομία	33
4.1 Συσχέτιση μεταξύ ηλιακής και οικονομικής δραστηριότητας.....	33
4.1.1 Ηλιακές κηλίδες και Επιχειρηματικές Αγορές.....	33
4.1.2 Ηλιακές κηλίδες και Χρηματοπιστωτικές Αγορές.....	36
4.1.3 Ηλιακές κηλίδες και Ανεργία.....	40
4.2 Ισορροπία ηλιακών κηλίδων (Sunspot equilibrium).....	42
Κεφάλαιο 5.....	44
Επίδραση ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη ζωή.....	44
5.1 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη συμπεριφορά	44
5.1.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία.....	47
5.2 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη σωματική και ψυχική υγεία .	49
5.2.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία.....	53
5.3 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στη συχνότητα των γεννήσεων.....	57
5.3.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία.....	62
Κεφάλαιο 6.....	64
Η περίπτωση της Ελλάδας	64
6.1 Εμπειρική Ανάλυση	65
6.2 Αποτελέσματα Εμπειρικής Ανάλυσης	65
6.2.1 Η περίπτωση των συνολικών γεννήσεων στην Ελλάδα.....	65
6.2.2 Η περίπτωση των νομών της Ελλάδας.....	75
Κεφάλαιο 7.....	88
Συμπεράσματα.....	88
Βιβλιογραφία.....	90
Παράρτημα.....	96

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ηλιακές κηλίδες αποτελούν περιοδικές, προσωρινές συγκεντρώσεις μαγνητικών πεδίων στην φωτόσφαιρα του Ήλιου και η ύπαρξή τους έχει καταγραφεί εδώ και εκατοντάδες χρόνια, ως μέτρο της ηλιακής δραστηριότητας. Ο αριθμός των κηλίδων στην ηλιακή επιφάνεια αυξομειώνεται, ακολουθώντας μια περιοδικότητα 11 ετών, που είναι γνωστή ως ενδεκαετής ηλιακός κύκλος. Κατά τη διάρκεια ενός κύκλου, υπάρχει ένα σημείο υψηλότερης δραστηριότητας των κηλίδων, το ηλιακό μέγιστο και ένα σημείο χαμηλότερης δραστηριότητας, το ηλιακό ελάχιστο. Κατά τη διάρκεια αυτών των κύκλων, έχει αποδειχθεί ότι η Γη επηρεάζεται από την Ηλιακή δραστηριότητα με ποικίλους τρόπους. Ως εκ τούτου, μπορούν να επηρεαστούν και οι «γήινοι» οικονομικοί κύκλοι. Οι ακραίες εκπομπές υπεριώδους ακτινοβολίας από τον Ήλιο αυξάνουν την ηλιακή δραστηριότητα και επιφέρουν δραματικές επιπτώσεις στην ανώτερη ατμόσφαιρα της Γης. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το κλίμα της Γης θερμαίνεται και ψύχεται καθώς η ηλιακή δραστηριότητα αυξάνεται και μειώνεται. Θεωρίες υποστηρίζουν ότι η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων επηρεάζει τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγή και τις τιμές, που πλήττουν τη συνολική οικονομική δραστηριότητα. Άλλες μελέτες συσχέτισαν τις κηλίδες με την τραπεζική και την επιχειρηματική δραστηριότητα, τη βιομηχανική παραγωγή και τους χρηματιστηριακούς δείκτες. Ερευνητές αποκάλυψαν μια ευρύτερη αντιστοιχία με την ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως αντικατοπτρίζεται στις μαζικές μετακινήσεις σε όλη την ιστορία. Τέλος, έχουν έρθει στο φως βιολογικά στοιχεία ότι οι κύκλοι των ηλιακών κηλίδων έχουν αντίκτυπο στον αριθμό των γεννήσεων και στην ανθρώπινη φυσιολογία και προδιαθέτουν τον ανθρώπινο οργανισμό σε διάφορες ασθένειες στη μετέπειτα πορεία της ζωής του, τομείς που, επίσης, μπορούν να επηρεάσουν την Οικονομία.

Λέξεις κλειδιά: ηλιακές κηλίδες, ηλιακός κύκλος, Οικονομία, αριθμός γεννήσεων, Ελλάδα

ABSTRACT

Sunspots correspond to periodical, temporary concentrations of magnetic fields in photosphere of the Sun and their occurrences have been recorded for hundreds of years as a measure of solar activity. The number of sunspots on the solar surface varies following an eleven-years periodic cycle. During each cycle, there is a point of high sunspot activity, known as solar maximum and a point of low activity, solar minimum. Those cycles can affect the Earth in many ways. Therefore, it is possible that the earthly economic cycles are also impacted. Extreme ultraviolet emissions from the Sun increase solar activity and produce dramatic effects in the Earth's upper atmosphere. There is evidence that the Earth's climate is affected as solar activity increases and decreases. Theories argue that sunspot activity affects weather, thus agricultural output and prices are affected, and overall economic activity is affected too. Other studies correlate sunspots with the banking and business activity, industrial production and stock market indices. Researchers uncovered a broader correspondence with human behavior, as reflected in massive movements throughout history. In conclusion, biological evidence has come to light that sunspots cycles do impact birth rates and humans physiologie and predispose the body to get ill in the future course of his life. Those are areas that may also affect the world economy.

Keywords: sunspots, sunspot cycle, Economy, birth rates, Greece

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η ανθρωπότητα έχει μελετήσει τον Ήλιο από την αυγή του πολιτισμού, δεδομένου ότι είναι η πηγή όλης της ζωής στη Γη. Η σπουδαιότητα αυτής της μελέτης για το μέλλον των ανθρώπων φαίνεται στις συλλογικές προσπάθειες των κυβερνήσεων του κόσμου και στα κονδύλια που έχουν διατεθεί για τη μελέτη της ηλιακής δραστηριότητας. Η ηλιακή δραστηριότητα έχει μια μεγάλη ποικιλία εκδηλώσεων. Οι ηλιακές κηλίδες είναι μία από αυτές. Η παρατήρηση, η ανάλυση και η ταξινόμηση των ηλιακών κηλίδων παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των γνώσεων σχετικά με τον Ήλιο και την επίδρασή του πάνω στη Γη.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ερευνήσουμε κατά πόσο οι ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν την Οικονομία και εάν ναι, με ποιον τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, θα μελετήσουμε το σχηματισμό και την εξέλιξη των ηλιακών κηλίδων και την επίδρασή τους στο κλίμα της Γης, στη σωματική και ψυχική υγεία των ανθρώπων, στην ανθρώπινη συμπεριφορά και δραστηριότητα, στη γεωργική και βιομηχανική παραγωγή και στις χρηματοπιστωτικές αγορές, τομείς που αποτελούν σημαντικές πτυχές της οικονομικής δραστηριότητας. Τέλος, με τη βοήθεια οικονομετρικού προγράμματος, θα αναλύσουμε τη συσχέτιση μεταξύ του μέσου ετήσιου αριθμού των ηλιακών κηλίδων και του ετήσιου αριθμού των γεννήσεων στην Ελλάδα συνολικά καθώς και τριών νομών της ξεχωριστά την περίοδο 1921-2014.

Θα ξεκινήσουμε με μια εισαγωγή στη δομή και την ατμόσφαιρα του Ήλιου, καθώς και οι δύο παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση, εξέλιξη και μελέτη των ηλιακών κηλίδων.

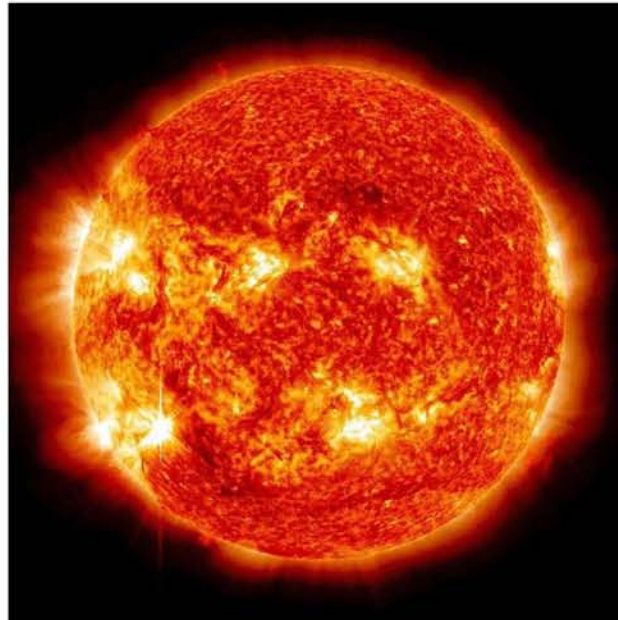
Κεφάλαιο 2

Ο Ήλιος

2.1 Στοιχεία και αριθμοί

Ο Ήλιος είναι το αστέρι που αποτελεί το κεντρικό σώμα του ηλιακού μας συστήματος, γύρω από το οποίο περιστρέφονται η Γη και οι άλλοι πλανήτες και από το οποίο λαμβάνουν τη θερμότητα και το φως (εικόνα 2.1). Σχηματίστηκε πριν από τουλάχιστον 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, βάσει των ηλικιών των παλαιότερων μετεωριτών και των τρεχουσών θεωριών του σχηματισμού του ηλιακού συστήματος (Guenther, 1989).

Εικόνα 2.1 Εικόνα από το Παρατηρητήριο Ηλιακής Δυναμικής (SDO) που δείχνει τον Ήλιο



Πηγή: www.nasa.gov

Είναι σχεδόν τέλεια σφαιρικός και αποτελείται από καυτό πλάσμα συνυφασμένο με μαγνητικά πεδία. Έχει διάμετρο περίπου 1.392.684 χιλιόμετρα (περίπου 109 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Γης) και η μάζα του, που είναι $1.988.500 \times 10^{24}$ κιλά (σχεδόν 330.000 φορές τη μάζα της Γης) αντιπροσωπεύει περίπου το 99,86% της συνολικής μάζας του ηλιακού συστήματος (Williams, 2013).

Κάθε δευτερόλεπτο, περίπου 4,26 δισεκατομμύρια κιλά του Ήλιου μετατρέπονται σε ενέργεια από τις πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του πυρήνα του (Eddy, 1979).

Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από ένα νοητό άξονα, όμως η περιστροφή του δεν μοιάζει με αυτήν της Γης. Στο ισημερινό του, περιστρέφεται περίπου κάθε 25 ημέρες, με την περιστροφική περίοδο να αυξάνεται σε περίπου 33 μέρες κοντά στους πόλους, καθώς η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του είναι μεγαλύτερη στον ισημερινό απ' ότι στους πόλους. Αυτή η επίδραση είναι γνωστή ως διαφορική περιστροφή και συμβαίνει λόγω του ότι ο ήλιος είναι μια αέρια σφαίρα πλάσματος και όχι ένα στερεό σώμα όπως η Γη (Thompson *et al.*, 1996).

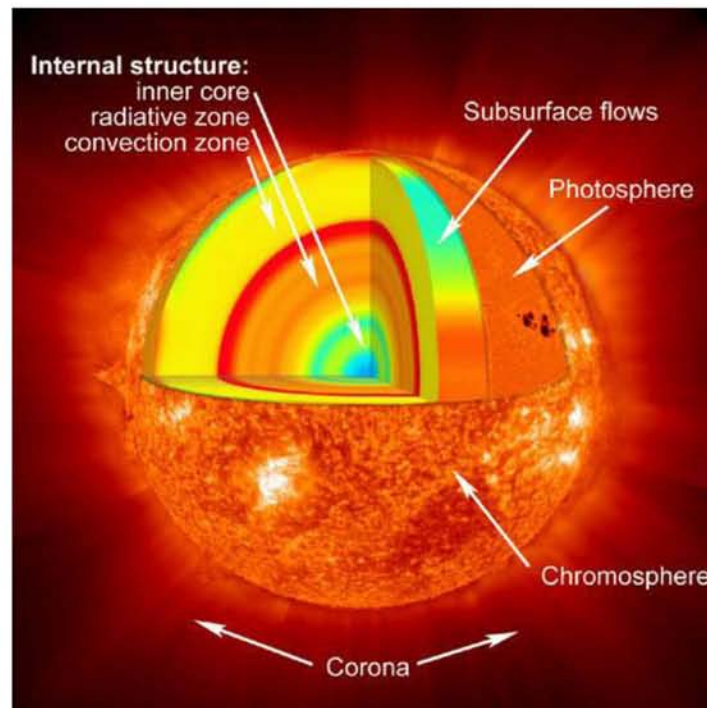
Η μέση απόστασή του από τη Γη είναι 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα ενώ η τιμή της αυξομειώνεται κατά 1,5% μέσα στο χρόνο (Eddy, 1979). Σε αυτή τη μέση απόσταση, το φως ταξιδεύει από τον Ήλιο στη Γη σε περίπου 8 λεπτά και 19 δευτερόλεπτα. Η ενέργεια αυτή από το φως του Ήλιου υποστηρίζει σχεδόν όλη τη ζωή πάνω στη Γη μέσω της φωτοσύνθεσης και καθοδηγεί το κλίμα και τον καιρό της Γης (Abarca del Rio *et al.*, 2003).

Η τεράστια επίδραση του Ήλιου στη Γη έχει αναγνωριστεί από τους προϊστορικούς χρόνους και ο Ήλιος είχε θεωρηθεί από σχεδόν όλους τους πολιτισμούς ως θεότητα. Μια ακριβής επιστημονική κατανόηση του Ήλιου αναπτύσσεται αργά και μέχρι πρόσφατα, επιφανείς επιστήμονες του 19ου αιώνα είχαν λίγη γνώση της φυσικής σύνθεσης και της πηγής ενέργειας του Ήλιου. Αυτή η αντίληψη είναι ακόμα υπό ανάπτυξη, καθώς υπάρχουν μια σειρά από φαινόμενα στην συμπεριφορά του Ήλιου που παραμένουν ανεξήγητα (Vita-Finzi, 2008).

2.2 Δομή

Σύμφωνα με τα θεωρητικά μοντέλα που έχουν κατασκευαστεί για τον Ήλιο, μπορούμε να διακρίνουμε σε αυτόν εσωτερικά και εξωτερικά τμήματα. Τα μοντέλα αυτά χωρίζουν το εσωτερικό του Ήλιου σε τρεις ζώνες: στον πυρήνα (core), στη ζώνη ακτινοβολίας (radiative zone) και στη ζώνη μεταφοράς (convection zone). Το εξωτερικό τμήμα του Ήλιου είναι γνωστό ως ατμόσφαιρα, η οποία αποτελείται από τα εξής στρώματα: τη φωτόσφαιρα (photosphere), τη χρωμόσφαιρα (chromosphere) και το στέμμα (corona) (εικόνα 2.2).

Εικόνα 2.2 Στρώματα του Ήλιου



Πηγή: www.nasa.gov

2.2.1 Ο πυρήνας

Ο πυρήνας είναι το πιο εσωτερικό τμήμα του Ήλιου. Είναι κατασκευασμένος από καυτά, πυκνά αέρια σε κατάσταση πλάσματος και θεωρείται ότι εκτείνεται από το κέντρο του Ήλιου έως το 20-25% της ηλιακής ακτίνας (Williams, 2013).

Ο πυρήνας είναι η μόνη περιοχή στον Ήλιο που παράγει σημαντική ποσότητα της θερμικής ενέργειας μέσω της πυρηνικής σύντηξης. Το υπόλοιπο μέρος του Ήλιου θερμαίνεται από την ενέργεια η οποία μεταφέρεται με την ακτινοβολία από τον πυρήνα προς τα εξωτερικά στρώματα. Η ενέργεια που παράγεται από την σύντηξη στον πυρήνα πρέπει στη συνέχεια να ταξιδεύει μέσω πολλών διαδοχικών στρωμάτων στην ηλιακή φωτόσφαιρα προτού διαφύγει στο διάστημα ως το φως του Ήλιου ή την κινητική ενέργεια των σωματιδίων. (Basu *et al.*, 2009)

2.2.2 Η ζώνη ακτινοβολίας

Αυτό είναι το στρώμα του Ήλιου αμέσως μετά από τον πυρήνα. Η πυκνότητα και η θερμοκρασία αρχίζουν να μειώνονται όσο απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα. Στη ζώνη

ακτινοβολίας, η ενέργεια που παράγεται από τη σύντηξη στον πυρήνα κινείται προς τα έξω ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Με άλλα λόγια, η ενέργεια μεταφέρεται από φωτόνια και έτσι το φως μεταφέρεται προς τα εξωτερικά στρώματα του Ήλιου (Turck-Chièze & Talon, 2008).

2.2.3 Η ζώνη μεταφοράς

Αυτό είναι το στρώμα του Ήλιου εξωτερικά της ζώνης ακτινοβολίας. Σε αυτό το στρώμα, το ηλιακό πλάσμα δεν είναι αρκετά πυκνό ή αρκετά θερμό ώστε να μεταφερθεί η θερμική ενέργεια από το εσωτερικό προς τα έξω με την ακτινοβολία, όπως συμβαίνει στη ζώνη ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα, η θερμική μεταφορά λαμβάνει χώρα μέσω θερμικών στηλών (ρευμάτων) που μεταφέρουν καυτό υλικό στην επιφάνεια της φωτόσφαιρας του Ήλιου. Μόλις το υλικό ψυχθεί κατά τη φωτόσφαιρα, «βουτάει» προς τα κάτω στη βάση της ζώνης μεταφοράς, για να λάβει περισσότερη θερμότητα από την κορυφή της ζώνης ακτινοβολίας¹.

2.2.4 Η φωτόσφαιρα

Η φωτόσφαιρα είναι η ορατή επιφάνεια του Ήλιου και αποτελεί το εσωτερικό στρώμα της ατμόσφαιρας του Ήλιου. Είναι το στρώμα κάτω από το οποίο ο Ήλιος γίνεται αδιαφανής στο ορατό φως. Ονομάστηκε φωτόσφαιρα καθώς αποτελεί τη στοιβάδα της Ηλιακής σφαίρας από την οποία και προέρχεται όλη η ακτινοβολούμενη ηλιακή ενέργεια, δηλαδή η θερμότητα και το φως. Το πάχος της είναι περίπου 500 χιλιόμετρα και λόγω της απόστασης του Ήλιου από τη Γη, το φως φτάνει στον πλανήτη μας σε περίπου οκτώ λεπτά (Williams, 2013).

2.2.5 Η χρωμόσφαιρα

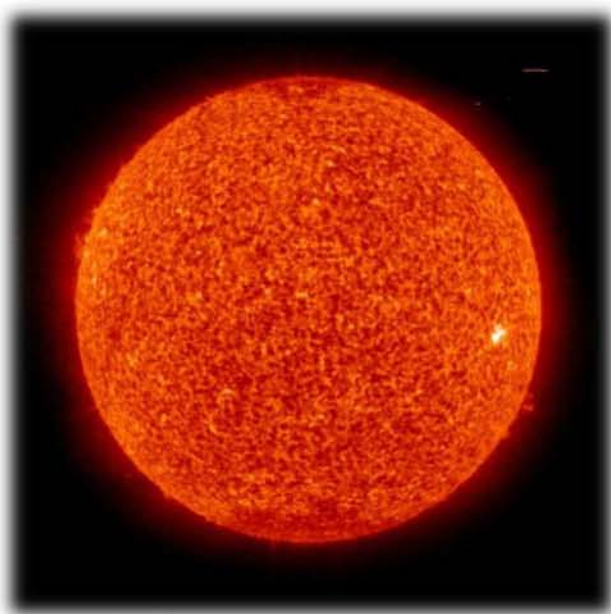
Η χρωμόσφαιρα είναι το δεύτερο από τα τρία κύρια στρώματα της ατμόσφαιρας του Ήλιου και έχει βάθος περίπου 2.500 χιλιόμετρα. Η χρωμόσφαιρα εκπέμπει μια κοκκινωπή λάμψη, η οποία είναι συνήθως αόρατη λόγω της συντριπτικής φωτεινότητας της φωτόσφαιρας και μπορεί να παρατηρηθεί μόνο κατά τη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης (εικόνα 2.3). Στην αντίθετη περίπτωση απαιτούνται ειδικά φίλτρα παρατήρησης για την ανάλυση της δομής της (εικόνα 2.4) (Williams, 2013).

¹ Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/interior.shtml>

Εικόνα 2.3 Ολική έκλειψη Ήλιου 1999



Εικόνα 2.4 Χρωμόσφαιρα



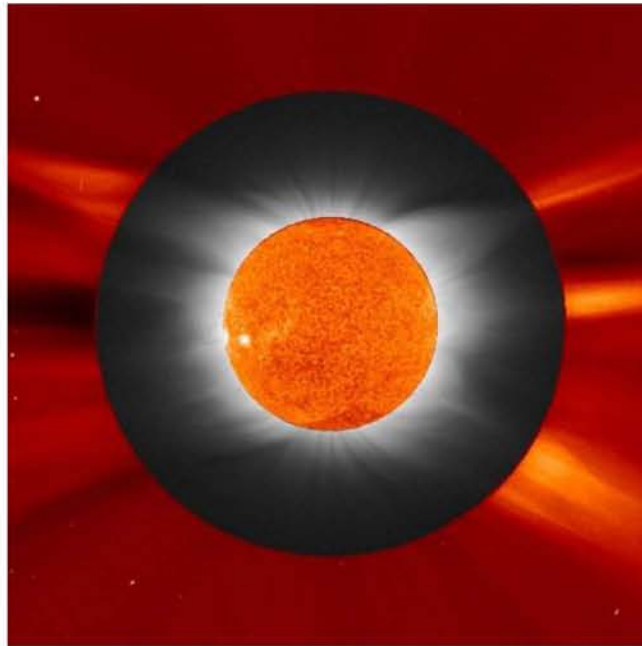
Πηγή: www.nasa.gov

2.2.6 Το στέμμα

Το στέμμα είναι το εξωτερικό στρώμα του Ήλιου, η αέρια στιβάδα, που περιβάλλει τη χρωμόσφαιρα. Ξεκινά σε περίπου 3.000 χιλιόμετρα πάνω από την ηλιακή επιφάνεια

(φωτόσφαιρα) και έχει όγκο πολύ μεγαλύτερο από αυτόν της φωτόσφαιρας. Το στέμμα δεν μπορεί να φανεί με γυμνό μάτι, παρά μόνο κατά τη διάρκεια μιας ολικής ηλιακής έκλειψης, διαφορετικά μόνο με τη χρήση ενός στεμματογράφου (εικόνα 2.5) (Altschuler & Newkirk, 1969).

Εικόνα 2.5: Το Στέμμα



Πηγή: www.nasa.gov

2.3 Ηλιακή Δραστηριότητα

Η ηλιακή δραστηριότητα αναφέρεται σε φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στη μαγνητικά θερμαινόμενη εξωτερική ατμόσφαιρα του Ήλιου. Πολλά από αυτά τα φαινόμενα σχετίζονται άμεσα με την εξαιρετικά πολύπλοκη και δυναμική φύση του ηλιακού μαγνητισμού.

Η ηλιακή δραστηριότητα έχει μια τεράστια ποικιλία από εκδηλώσεις που αφορούν χαρακτηριστικά της φωτόσφαιρας, όπως οι ηλιακές κηλίδες (sunspots), οι κόκκοι (granules) και οι πυρσοί (faculae), χαρακτηριστικά της χρωμόσφαιρας, όπως οι προεξοχές (prominences) και οι εκλάμψεις (solar flares) καθώς και χαρακτηριστικά του στέμματος, όπως είναι οι εκτινάξεις στεμματικού υλικού (coronal mass ejection) και η συνεχής ροή ηλιακού πλάσματος που είναι γνωστή ως ηλιακός άνεμος (solar wind) (Giampara *et al.*, 2009).

Στη συνέχεια, κάνουμε μια μικρή αναφορά σε καθένα από αυτά τα φαινόμενα και θα εστιάσουμε περισσότερο στη μελέτη των ηλιακών κηλίδων, δεδομένου ότι αποτελούν το κύριο θέμα της διπλωματικής εργασίας.

2.3.1 Οι προεξοχές

Οι προεξοχές παρουσιάζονται κοντά στο χείλος του Ήλιου και εμφανίζονται σαν επιμήκεις σχηματισμοί που προεκτείνονται πάνω από τη βάση της χρωμόσφαιρας (εικόνα 2.6). Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, τις ήρεμες και τις εκρηκτικές προεξοχές. Οι ήρεμες είναι περισσότερες σε αριθμό από τις εκρηκτικές, αλλά με μικρότερη λάμψη και διάρκεια ζωής γύρω στους δυο μήνες. Οι εκρηκτικές προεξοχές έχουν μικρή διάρκεια ζωής (συνήθως από μερικά λεπτά έως και μισή ώρα) και παρουσιάζουν βίαιες και ταχύτατες μεταβολές της λαμπρότητας και του μεγέθους τους (Yousef, 2014).

Εικόνα 2.6 Ηλιακή προεξοχή



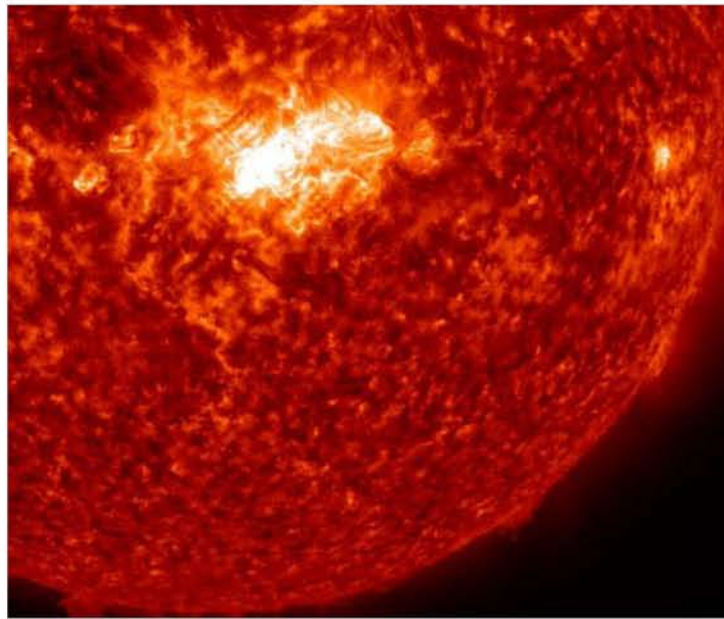
Πηγή: www.nasa.gov

2.3.2 Οι εκλάμψεις

Η ηλιακή έκλαμψη είναι μια ξαφνική και μεγάλη αύξηση της φωτεινότητας που παρατηρείται πάνω στην επιφάνεια του Ήλιου (εικόνα 2.7). Εκλάμψεις παρατηρούνται συνήθως σε

περιοχές όπου υπάρχουν ηλιακές κηλίδες και εμφανίζονται σαν απότομες εκρήξεις με λάμπεις τεραστίων διαστάσεων που απελευθερώνουν τεράστιες ποσότητες υψηλής ενέργειας. Η σπουδαιότητα μιας έκλαμψης καθορίζεται από την λαμπρότητα και την έκτασή της. Οι εκλάμπεις εμφανίζονται ξαφνικά (σε χρόνους από λίγα λεπτά έως πολύ λίγες ώρες) απελευθερώνοντας τη μαγνητική ενέργεια που αποθηκεύεται στο στέμμα.

Εικόνα 2.7 Μία μεσαίου επιπέδου ηλιακή έκλαμψη, 3 Φεβ. 2014

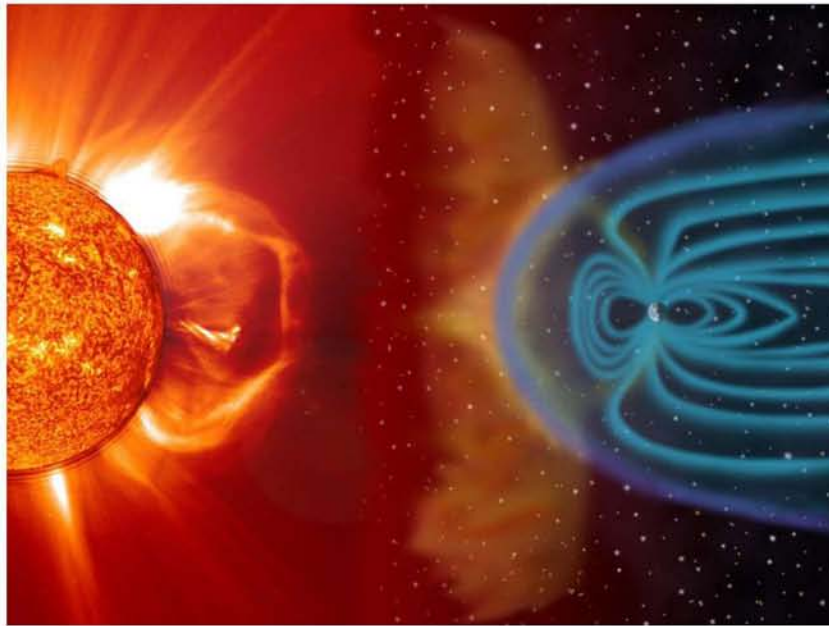


Πηγή: www.nasa.gov

2.3.3 Ο ηλιακός άνεμος

Ο ηλιακός άνεμος είναι ένα ρεύμα πλάσματος ή διαφορετικά ένα συνεχές ρεύμα ιόντων, πρωτονίων και ηλεκτρονίων που απελευθερώνεται από την ανώτερη ατμόσφαιρα του Ήλιου. Η ταχύτητά του είναι περίπου 400 χλμ/δ και χρειάζεται περίπου 4,5 ημέρες για να φτάσει στη Γη. Ο ηλιακός άνεμος μπορεί να προκαλέσει φαινόμενα όπως το πολικό σέλας (βόρειο και νότιο σέλας) καθώς και γεωμαγνητικές καταιγίδες, οι οποίες μπορούν να αλλάξουν την κατεύθυνση των γραμμών του μαγνητικού πεδίου της Γης και να δημιουργήσουν ισχυρά πλήγματα σε δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στον πλανήτη μας (εικόνα 2.8) (Russell, 2001).

Εικόνα 2.8 Ο ηλιακός άνεμος παραμορφώνει το μαγνητικό πεδίο της Γης

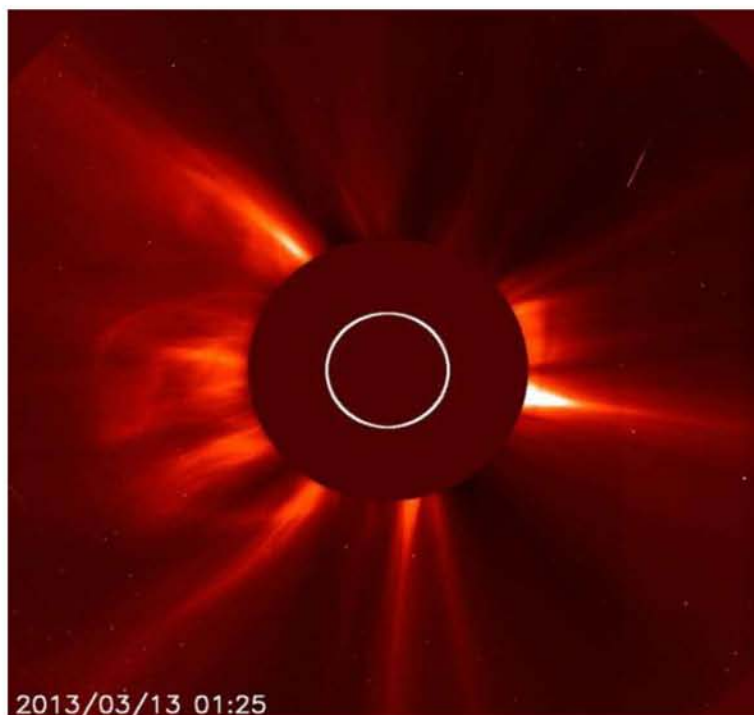


Πηγή: www.nasa.gov

2.3.4 Εκτινάξεις στεμματικού υλικού

Οι εκτινάξεις στεμματικού υλικού (CME) είναι τεράστιες εκρήξεις πλάσματος σε σχήμα μπαλονιού που προέρχονται από το στέμμα του Ήλιου (εικόνα 2.9). Πρόκειται, στην ουσία, για μια μαζική έκρηξη του ηλιακού ανέμου που κινείται κατά μήκος των γραμμών του μαγνητικού πεδίου του Ήλιου και προκαλεί μια αύξηση της θερμοκρασίας δεκάδων εκατομμυρίων βαθμών. Οι εκτινάξεις στεμματικού υλικού σε συνδυασμό με τις ηλιακές εκλάμψεις μπορούν να διαταράξουν ραδιοφωνικές μεταδόσεις και να προκαλέσουν βλάβες σε δορυφόρους και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των γραμμών ηλεκτρικής μετάδοσης, με αποτέλεσμα ενδεχομένως μαζικές και μεγάλης διάρκειας διακοπές ρεύματος (Munro *et al.*, 1979).

Εικόνα 2.9 Το Solar Heliospheric Observatory (SOHO) της NASA συνέλαβε αυτή την εικόνα από μια εκτίναξη στεμματικού υλικού στις 12 Μαρτίου 2013.



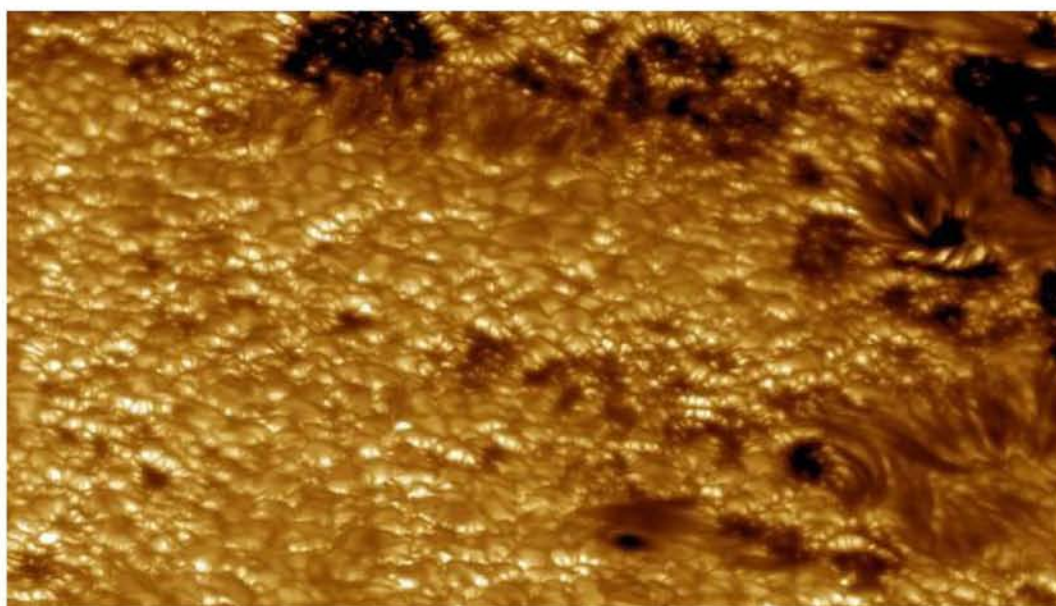
Πηγή: www.nasa.gov

2.3.5 Οι κόκκοι

Οι κόκκοι εμφανίζονται στην φωτόσφαιρα του Ήλιου και προκαλούνται από ρεύματα μεταφοράς του πλάσματος που υπάρχουν εντός της ζώνης μεταφοράς του Ήλιου. Πολλοί κόκκοι μαζί προκαλούν την «κοκκώδη» εμφάνιση της φωτόσφαιρας, η οποία διακρίνεται εμφανώς με τη βοήθεια φίλτρων και ονομάζεται κοκκίαση (εικόνα 2.10). Ένας τυπικός κόκκος έχει διάμετρο περίπου 1.500 χιλιόμετρα και διαρκεί από 8 έως 20 λεπτά πριν εξαφανιστεί εντελώς. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η επιφάνεια του Ήλιου καλύπτεται από περίπου 4 εκατομμύρια κόκκους. Κάτω από το φωτόσφαιρα υπάρχει ένα στρώμα από μεγαλύτερους κόκκους, με διάμετρο έως και 30.000 χιλιόμετρα και με διάρκεια ζωής έως και 24 ώρες².

² Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature1.shtml>

Εικόνα 2.10 Εκατοντάδες κόκκοι, διαμέτρου περίπου 1.000 χιλιομέτρων



Πηγή: www.nasa.gov

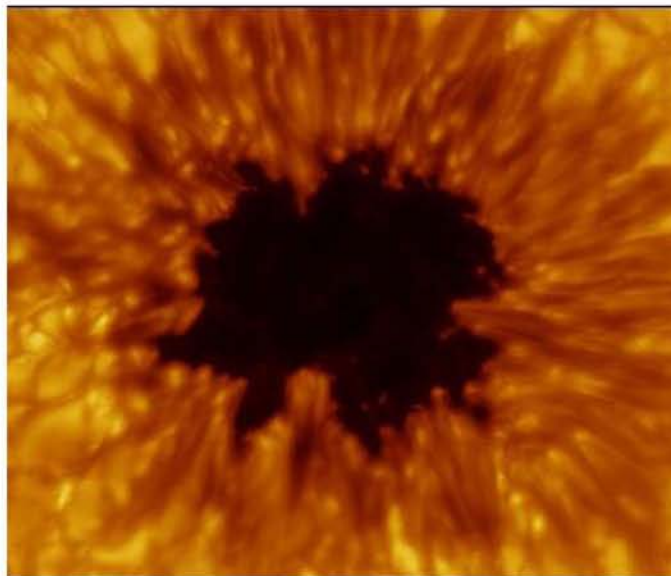
2.3.6 Οι ηλιακές κηλίδες

Οι ηλιακές κηλίδες είναι περιοχές όπου ισχυρά μαγνητικά πεδία αναδύονται από το εσωτερικό του Ήλιου και στις οποίες συμβαίνουν σημαντικά εκρηκτικά φαινόμενα. Αποτελούν το πιο ευδιάκριτο και χαρακτηριστικό φαινόμενο της ηλιακής φωτόσφαιρας και η μελέτη τους είναι απαραίτητη για την κατανόηση καθώς και την παρακολούθηση της ηλιακής μαγνητικής δραστηριότητας. Οι άνθρωποι δείχνουν ενδιαφέρον για τις ηλιακές κηλίδες από εκατοντάδες χρόνια. Ο Γαλιλαίος δημιούργησε σχέδια των ηλιακών κηλίδων το 1612 (Vita-Finzi, 2008).

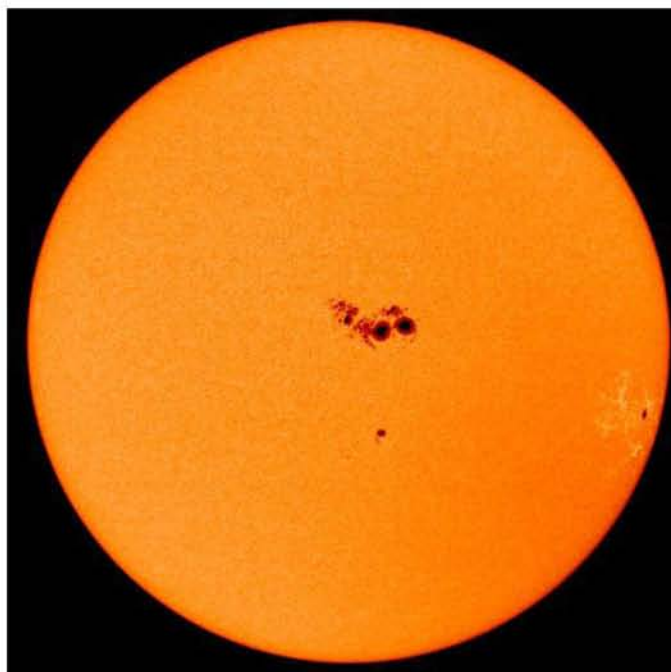
Οι ηλιακές κηλίδες προκαλούνται από μαγνητική δραστηριότητα, η οποία παρεμποδίζει τα ρεύματα μεταφοράς θερμότητας από το ηλιακό εσωτερικό, δημιουργώντας έτσι περιοχές με μειωμένη επιφανειακή θερμοκρασία. Αποτελούν παροδικό φαινόμενο και είναι ορατές ως μικρές ή μεγαλύτερες σκοτεινές κυκλικές επιφάνειες, καθώς η θερμοκρασία και η ακτινοβολία στην περιοχή αυτή είναι μικρότερη από ότι στις γειτονικές περιοχές της φωτόσφαιρας (εικόνες 2.11 και 2.12). Αν και η θερμοκρασία τους είναι υψηλή, δηλαδή περίπου 2.700 - 4.200 °K, η αντίθεσή τους με τον περιβάλλοντα χώρο που βρίσκεται σε θερμοκρασία περίπου 5.500 °K δημιουργεί την ψευδαίσθηση ότι πρόκειται για μαύρα,

σκοτεινά σημεία³. Στην πραγματικότητα, εάν μια ηλιακή κηλίδα απομονωνόταν από την περιβάλλουσα φωτόσφαιρα, θα ήταν πιο φωτεινή από τη Σελήνη.

Εικόνα 2.11 Ηλιακή κηλίδα-λεπτομερής προβολή



Εικόνα 2.12 Κηλίδα 20 φορές μεγαλύτερη από τη Γη



Πηγή: www.nasa.gov

³ Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature1.shtml>

Η κάθε κηλίδα υποδιαιρείται σε δύο μέρη: τη σκιά, που είναι το κεντρικό και σκοτεινότερο μέρος, όπου το μαγνητικό πεδίο είναι περίπου κάθετο στην ηλιακή επιφάνεια και την παρασκιά, η οποία περιβάλλει τη σκιά και είναι θερμότερη και φωτεινότερη από αυτή. Οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου εδώ είναι πιο πλάγιες. Κινούνται προς το δυτικό μέρος του ηλιακού δίσκου, με τη μια να προηγείται (ηγούμενη) και την άλλη να ακολουθεί (επόμενη) (Willis *et al.*, 2006).

Οι κηλίδες συνήθως εμφανίζονται σε ζεύγη, μία στο βόρειο ημισφαίριο και μία στο νότιο ημισφαίριο, με κάθε ηλιακή κηλίδα να έχει τον αντίθετο μαγνητικό πόλο από την άλλη. Με άλλα λόγια, το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου είναι τέτοιο ώστε οι ηγούμενες ηλιακές κηλίδες που υπάρχουν σε ένα ημισφαίριο του Ήλιου έχουν την ίδια μαγνητική πολικότητα, η οποία είναι αντίθετη προς τη μαγνητική πολικότητα των ηγούμενων ηλιακών κηλίδων που υπάρχουν στο αντίθετο ημισφαίριο. Αυτή η ιδιότητα είναι γνωστή ως νόμος του Hale (Howard, 1991).

Η δημιουργία μιας ηλιακής κηλίδας δεν προκαλείται απότομα. Αντιθέτως, ακολουθεί κάποιες διαδοχικές φάσεις. Στην αρχή, εμφανίζεται συνήθως ως ένας σχετικά μικρός, σκοτεινός πόρος - ο πόρος είναι στην ουσία μια μικρή, πρώιμη κηλίδα που δεν εμφανίζει παρασκιά (Sobotka, 2002). Στη συνέχεια, στην περιοχή αυτή αναπτύσσονται σταδιακά και άλλοι πόροι, οι οποίοι ενώνονται με αποτέλεσμα το μέγεθος της κηλίδας να μεγαλώνει. Μόλις μια ηλιακή κηλίδα φτάσει στη μέγιστη δυνατή έκτασή της, συνήθως σταθεροποιείται και αρχίζει να παρακμάζει, καθώς το μαγνητικό πεδίο εξασθενεί. Το μέσο μέγεθος των ηλιακών κηλίδων, όταν εμφανίζονται για πρώτη φορά, είναι περίπου 1.600 χιλιόμετρα σε διάμετρο και συνήθως διαρκούν για λίγες ώρες. Μερικές ηλιακές κηλίδες, ωστόσο, συνεχίζουν να αυξάνονται και γίνονται σε μέγεθος πολλές φορές μεγαλύτερες από τη Γη, ενώ μπορεί να διαρκέσουν για περισσότερο από ένα μήνα⁴.

Πολύ συχνά, γύρω από την ηγούμενη ηλιακή κηλίδα εμφανίζονται και άλλες μικρότερες κηλίδες και όλες μαζί αποτελούν μια ομάδα κηλίδων. Οι ομάδες ηλιακών κηλίδων μπορούν να έχουν μια άπειρη ποικιλία σχηματισμών και μεγεθών, που κυμαίνονται από μικρές μοναχικές κηλίδες έως γιγαντιαίες ομάδες κηλίδων με σύνθετη δομή. Ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων που υπάρχουν στην επιφάνεια του Ηλίου μια χρονική περίοδο υπολογίζεται αρχικά από την καταμέτρηση του αριθμού των ομάδων ηλιακών κηλίδων και στη συνέχεια του αριθμού των μεμονωμένων ηλιακών κηλίδων. Ο «αριθμός των ηλιακών κηλίδων» (sunspot

⁴ Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature1.shtml>

number⁵) δίνεται από το άθροισμα του αριθμού των μεμονωμένων ηλιακών κηλίδων και του αριθμού των ομάδων πολλαπλασιασμένου με το δέκα. Ο μαθηματικός τύπος είναι ο εξής:

$$R = k(10g + s), \text{ όπου}$$

- s είναι ο αριθμός των μεμονωμένων ηλιακών κηλίδων
- g είναι ο αριθμός των ομάδων των ηλιακών κηλίδων, και
- k είναι ένας παράγοντας που ποικίλλει ανάλογα με την τοποθεσία και τα όργανα μετρήσεων

Δεδομένου ότι οι περισσότερες ομάδες των ηλιακών κηλίδων έχουν, κατά μέσο όρο, περίπου δέκα κηλίδες, αυτός ο τύπος για τον υπολογισμό των ηλιακών κηλίδων δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα, ακόμη και όταν οι συνθήκες παρατήρησης δεν είναι ιδανικές και οι μικρές κηλίδες είναι δύσκολο να παρατηρηθούν.

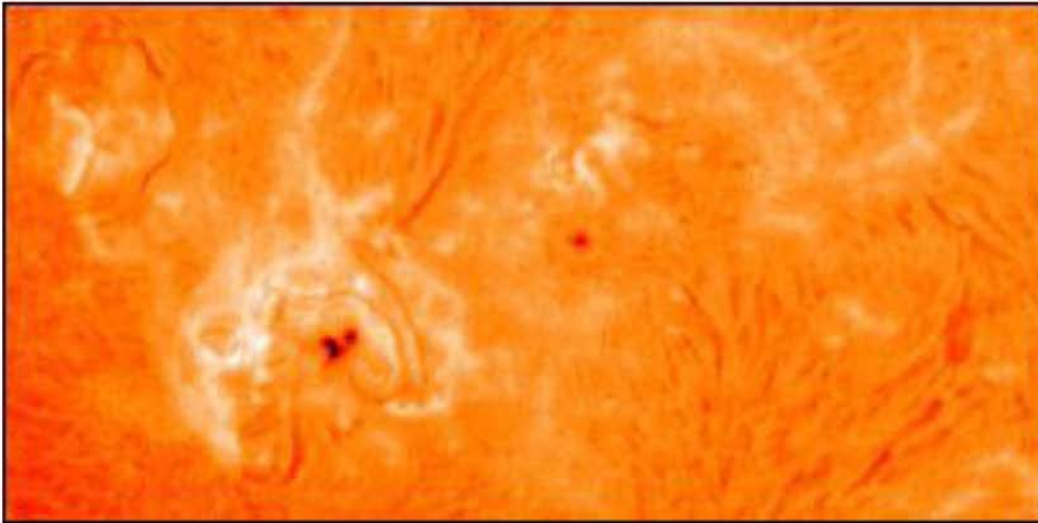
2.3.7 Οι πυρσοί

Οι πυρσοί είναι φωτεινές, μαγνητικές περιοχές της ηλιακής φωτόσφαιρας και, συνήθως, περιβάλλουν τις ηλιακές κηλίδες (εικόνα 2.13). Μια ηλιακή κηλίδα έχει πάντα γύρω της πυρσούς, αν και οι δεύτεροι μπορεί να υπάρχουν και πέρα από αυτά τα σημεία. Ενώ οι ηλιακές κηλίδες έχουν την τάση να κάνουν τον Ήλιο να φαίνεται πιο σκούρος, οι πυρσοί τον κάνουν να δείχνει φωτεινότερος. Έχουν μήκος από 10.000 έως 30.000 χιλιόμετρα και αποτελούν εξάρσεις της επιφάνειας του Ήλιου, που είναι λίγο θερμότερες από ότι η περιβάλλουσα φωτόσφαιρα⁶.

⁵ Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

⁶ Πηγή: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature1.shtml>

Εικόνα 2.13 Πυρσοί



Πηγή: www.nasa.gov

2.4 Ηλιακός κύκλος (*solar cycle*)

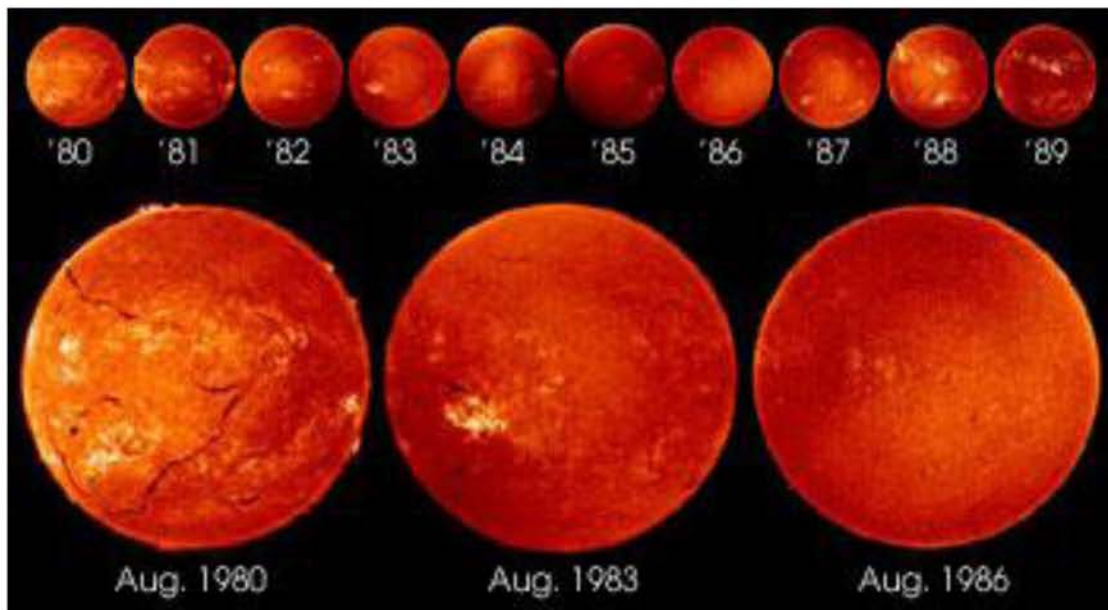
Ο Ήλιος, όπως και η Γη, έχει ένα μαγνητικό πεδίο με ένα μαγνητικό βόρειο και ένα νότιο πόλο. Σε αντίθεση όμως με τη Γη, το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου αλλάζει πολικότητα, δηλαδή ο βόρειος και ο νότιος πόλος εναλλάσσονται θέσεις (ο βόρειος πόλος γίνεται νότιος πόλος και το αντίστροφο). Αυτή η πολική αντιστροφή είναι γνωστή ως ηλιακός κύκλος και συμβαίνει κάθε 22 χρόνια περίπου. Μέσα σε κάθε ηλιακό κύκλο συμβαίνουν δύο ενδεκαετείς κύκλοι ηλιακών κηλίδων (Babcock, 1961).

Όπως προαναφέραμε, ο αριθμός των κηλίδων στην ηλιακή επιφάνεια αυξάνεται και έπειτα μειώνεται με βραδύτερο ρυθμό. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε περίπου 11 χρόνια. Αυτή η περιοδικότητα την οποία ακολουθεί η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων ονομάζεται ενδεκαετής κύκλος ηλιακών κηλίδων. Με άλλα λόγια, ο ενδεκαετής κύκλος εκδηλώνεται με την εμφάνιση και την εξαφάνιση μεγάλου αριθμού ηλιακών κηλίδων στην επιφάνεια του Ήλιου (εικόνα 2.14). Ο ηλιακός κύκλος ανακαλύφθηκε το 1843 από τον Samuel Heinrich Schwabe, ο οποίος μετά από 17 χρόνια παρατηρήσεων πρόσεξε μια περιοδική μεταβολή του μέσου αριθμού των ηλιακών κηλίδων που υπήρχαν στον ηλιακό δίσκο από έτος σε έτος.

Εικόνα 2.14 Εικόνα του Ήλιου κάθε χρόνο από το 1980 έως το 1989:

1980-ηλιακό μέγιστο

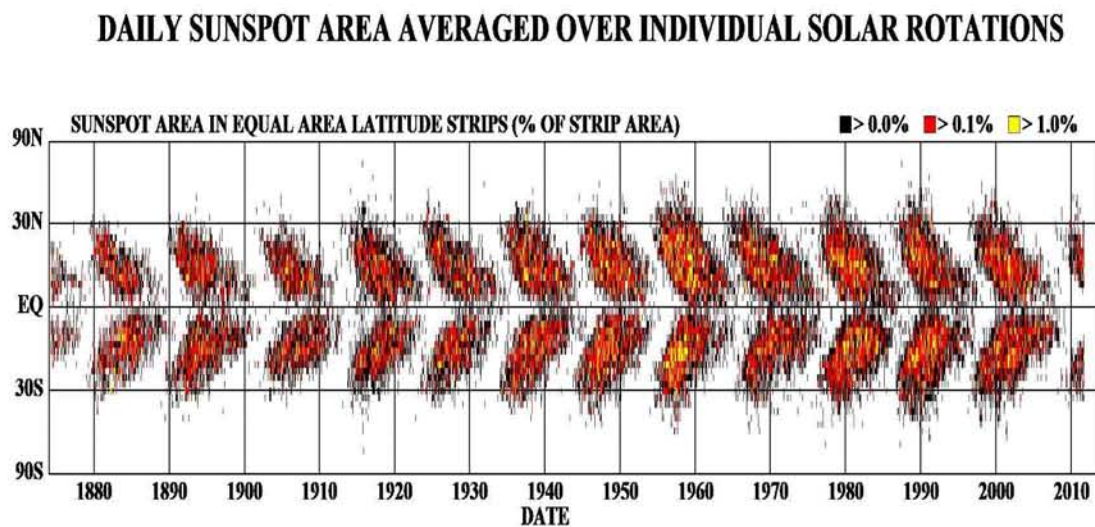
1986-ηλιακό ελάχιστο



Πηγή: www.nasa.gov

Το σημείο της υψηλότερης δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων κατά τη διάρκεια ενός κύκλου είναι γνωστό ως ηλιακό μέγιστο (Solar Maximum) και το σημείο της χαμηλότερης δραστηριότητας ως ηλιακό ελάχιστο (Solar Minimum), όπου ο αριθμός των κηλίδων είναι πολύ μικρός ή πλησιάζει το μηδέν. Στην αρχή του κύκλου, οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζονται στα υψηλότερα ηλιογραφικά πλάτη και στη συνέχεια, καθώς ο κύκλος πλησιάζει στο μέγιστο, κινούνται προς τον ισημερινό. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως νόμος του Spörer. Αν σχεδιάσουμε αυτή την κίνηση πάνω από ένα μεγάλο αριθμό ετών, παίρνουμε ένα διάγραμμα που θυμίζει φτερά πεταλούδας, ένα σε κάθε πλευρά του ισημερινού, με το ένα ζευγάρι να ακολουθεί το προηγούμενο. Λόγω αυτής της εμφάνισης, το διάγραμμα έχει πάρει το όνομα «διάγραμμα πεταλούδας» (butterfly diagram- εικόνα 2.15). Η σχεδίαση καταυτόν τον τρόπο επιτρέπει στους αστρονόμους να δουν εύκολα τις τάσεις τόσο στη θέση όσο και στο μέγεθος των ηλιακών κηλίδων (Maunder, 1904).

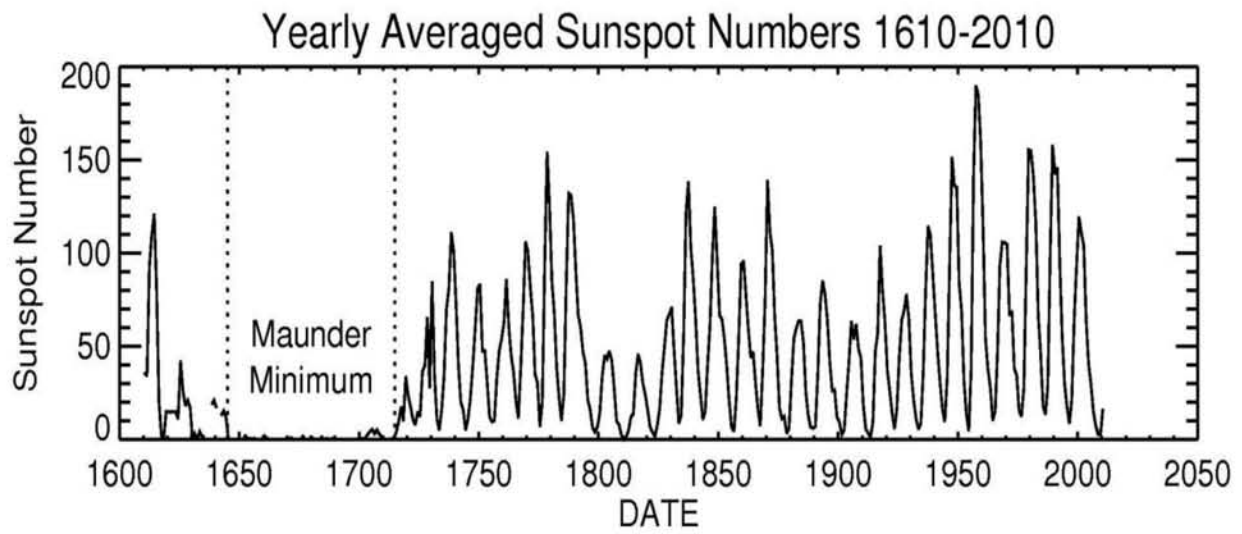
Εικόνα 2.15 Διάγραμμα πεταλούδας, ανάπτυξης των ομάδων ηλιακών κηλίδων κοντά στο ηλιακό ισημερινό.



Πηγή: www.nasa.gov

Ο ηλιακός κύκλος, βέβαια δεν είναι αυστηρά περιοδικός. Έχει παρατηρηθεί πως οι κύκλοι μπορεί να ποικίλουν τόσο σε μέγεθος όσο και σε διάρκεια. Για παράδειγμα, πρόωρες καταγραφές των ηλιακών κηλίδων δείχνουν ότι ο Ήλιος πέρασε από μια περίοδο αδράνειας στα τέλη του 17ου αιώνα. Πολύ λίγες ηλιακές κηλίδες είχαν παρατηρηθεί στον Ήλιο την περίοδο από το 1645 έως το 1715. Παρά το γεγονός ότι οι παρατηρήσεις δεν ήταν τόσο εκτεταμένες, όσο στα επόμενα χρόνια, η έλλειψη των ηλιακών κηλίδων κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι καλά τεκμηριωμένη. Αυτή η εποχή είναι γνωστή ως το **Ελάχιστο του Maunder** (Maunder minimum), προς τιμήν του Edward Walter Maunder, ο οποίος είχε ερευνήσει εκτενώς αυτό το περίεργο γεγονός (εικόνα 2.16) (Hathaway *et al.*, 1994).

Εικόνα 2.16 Μέσος όρος αριθμού ηλιακών κηλίδων ετησίως. Παρατηρούμε το Ελάχιστο του Maunder μεταξύ των ετών 1650 – 1700.



Πηγή: www.nasa.gov

Κεφάλαιο 3

Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στη Γη

Η ηλιακή δραστηριότητα, ή καλύτερα, η ηλιακή μεταβλητότητα αυτής, όπως την περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο, έχει μια σειρά από επιπτώσεις που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον άνθρωπο. Ακόμη και μικρές αλλαγές στην ηλιακή δραστηριότητα μπορούν να επηρεάσουν τη Γη σε σημαντικά επίπεδα και με εκπληκτικά πολύπλοκους τρόπους. Για παράδειγμα, μία δόση ηλιακής ακτινοβολίας είναι περιστασιακός κίνδυνος για τους αστροναύτες και για τα ηλεκτρονικά συστήματα των δορυφόρων. Διαταραχές στο μαγνητικό πεδίο της Γης, που προκαλούνται από κάποια μορφή ηλιακής δραστηριότητας, μπορούν να καταστρέψουν τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, να διακόψουν τα μέσα επικοινωνίας και να υποβαθμίσουν τα συστήματα πλοήγησης υψηλής τεχνολογίας, επηρεάζοντας κατά συνέπεια τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

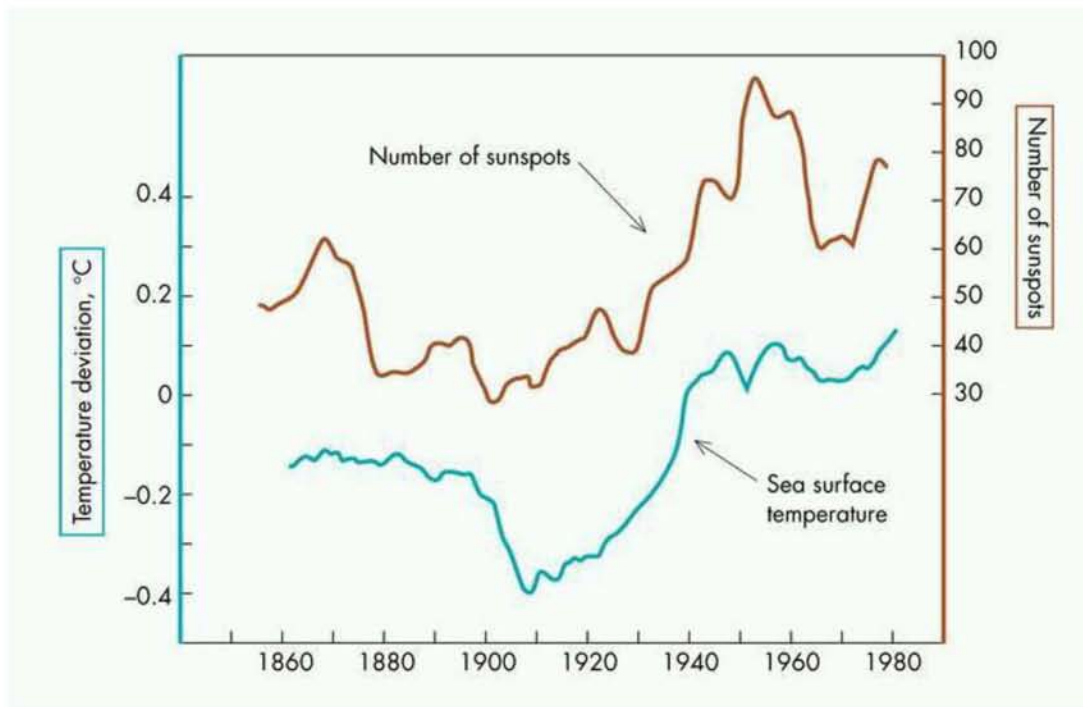
Επιπλέον, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή, συμπεριλαμβανομένων των μακροπρόθεσμων περιόδων ξηρασίας, βροχοπτώσεων, παγετών, κ.τ.λ. αλλά και άλλες καιρικές αλλαγές επηρεάζονται, επίσης, από την ηλιακή δραστηριότητα. Παραδείγματος χάριν, πολυετείς παρατηρήσεις έδειξαν ότι στα χρόνια του μέγιστου των ηλιακών κηλίδων, η Γη είναι ψυχρότερη, επικρατούν περισσότερες βροχές και καταιγίδες απ' ό,τι συμβαίνει στις περιόδους ελάχιστου αριθμού κηλίδων, μέσα στον 11ετή κύκλο.

3.1 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στο κλίμα

Ένα σημαντικό στοιχείο, που φαίνεται να επηρεάζεται από τη δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων, είναι το κλίμα της Γης. Από ιστορικά και γεωλογικά αρχεία γνωρίζουμε ότι το κλίμα της Γης έχει υποστεί αρκετές αλλαγές. Κάποιες φορές, οι αλλαγές αυτές ήταν σχετικά απότομες και είχαν προφανώς μεγάλα κοινωνιολογικά αποτελέσματα. Η ιδέα ύπαρξης σχέσης μεταξύ μακροπρόθεσμων μεταβολών της ηλιακής δραστηριότητας και του κλίματος, δημοσιεύτηκε από τον John A. Eddy (1976) και επανεξετάστηκε λεπτομερώς από τον George C. Reid (1987). Ο δεύτερος, έλεγξε την καταγραφή του μέσου όρου της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο (Sea Surface Temperature-SST) και παρατήρησε μια εντυπωσιακή ομοιότητα ανάμεσα σε αυτή και την μακροπρόθεσμη μεταβολή της ηλιακής δραστηριότητας, την περίοδο 1860-1980. Ανάμεσα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία τόνισε, ήταν και το Ηλιακό Ελάχιστο κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, η απότομη αύξηση που οδήγησε στο «Μεγάλο Μέγιστο» του 1950, μια σύντομη

πτώση κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, ακολουθούμενη από μια ανοδική πορεία στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και μετέπειτα (εικόνα 3.1) (Reid, 1991).

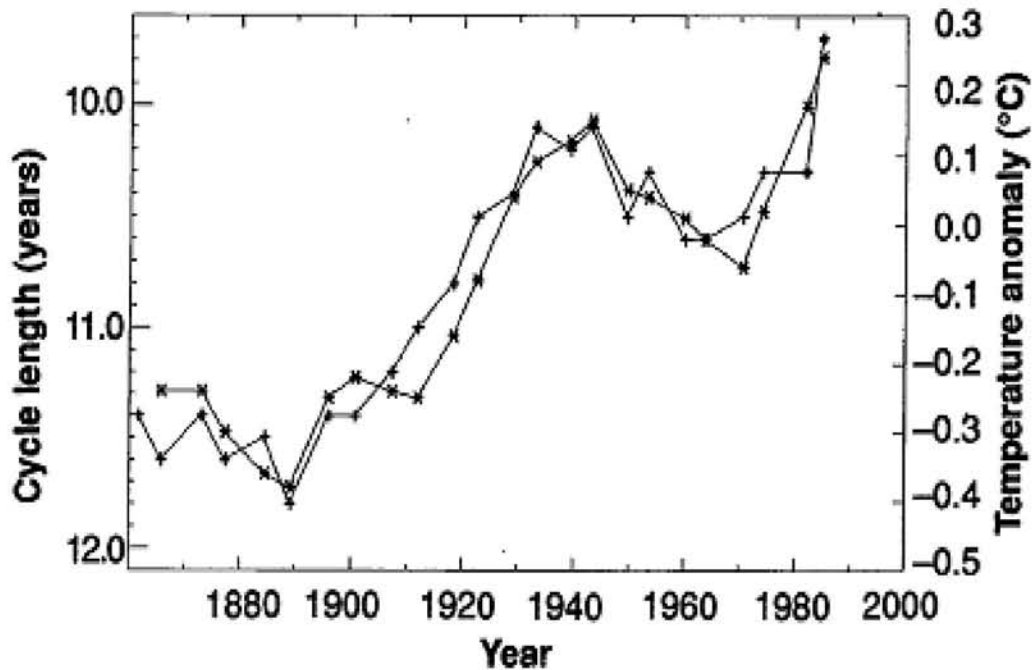
Εικόνα 3.1 Σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού ηλιακών κηλίδων και της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας σε πολλές χρονικές περιόδους.



Πηγή: NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration

Ένα άλλο σύνολο δεδομένων που υποστηρίζει τις προτάσεις της άμεσης επιρροής της ηλιακής δραστηριότητας στο παγκόσμιο κλίμα δημοσιεύθηκε από τους Friis-Christensen και Lassen (1991). Αυτοί έδειξαν πως η καταγραφή της μεταβολής του μήκους του ηλιακού κύκλου εμφανίζει υψηλή συσχέτιση με τις μακροπρόθεσμες μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα στο βόρειο ημισφαίριο της Γης από το 1860 και έπειτα (εικόνα 3.2).

Εικόνα 3.2 Μια σύγκριση με τη θερμοκρασία του αέρα στο Βόρειο Ημισφαίριο της Γης, δείχνει μια εξαιρετικά καλή συσχέτιση με την ομαλοποιημένη καμπύλη της μεταβολής του μήκους του ηλιακού κύκλου.

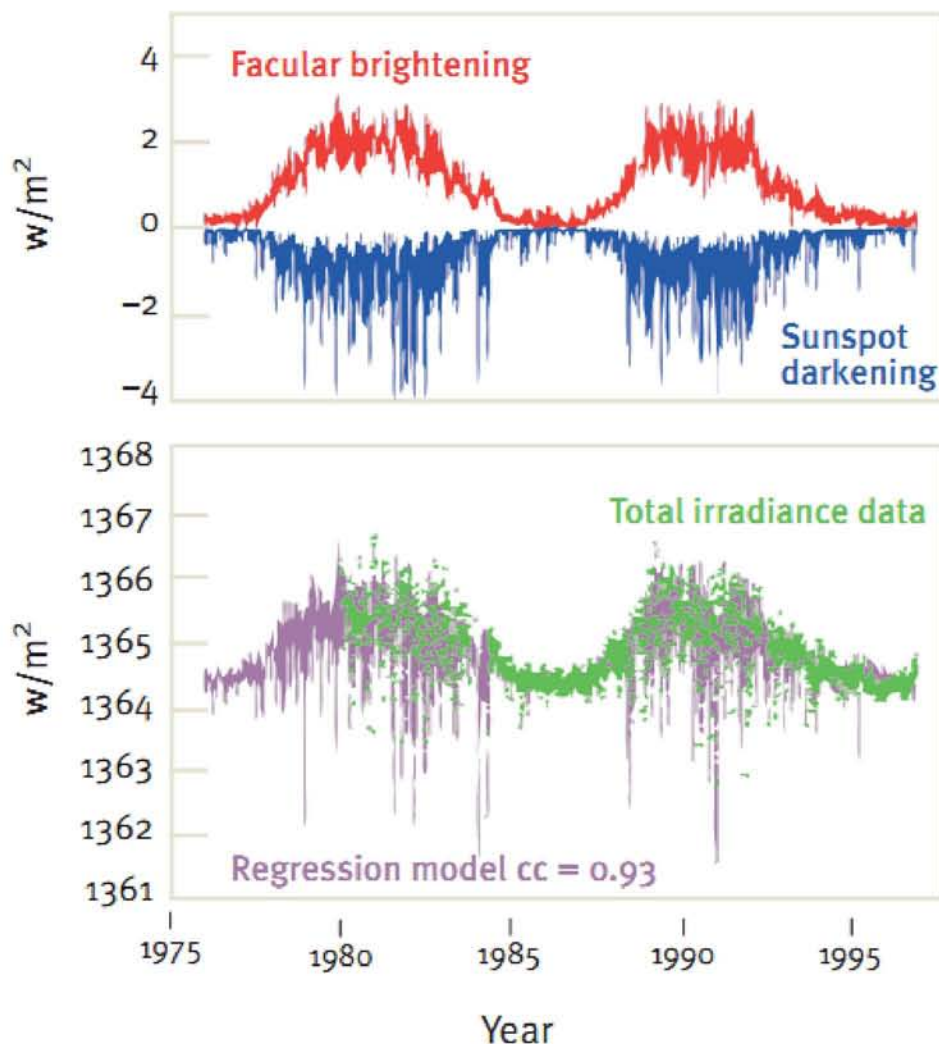


Πηγή: Friis-Christensen & Lassen, 1991

Μια ακόμη παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε για να αποδειχθεί η ύπαρξη σχέσης μεταξύ της ηλιακής μεταβλητότητας και της αλλαγής του κλίματος είναι η μέτρηση της συνολικής ακτινοβολίας του Ήλιου (Total Solar Irradiance-TSI). Οι άμεσες μετρήσεις της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας ξεκίνησαν το 1978, με τη βοήθεια δορυφόρων έξω από την ατμόσφαιρα της Γης, ωστόσο οι μετρήσεις αυτές δεν ήταν σε θέση να παράσχουν την απαιτούμενη ακρίβεια. Ακόμη και με αυτές τις αδυναμίες, η σύγκριση των μετρήσεων της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων δείχνουν ότι ο Ήλιος εκπέμπει περισσότερη ακτινοβολία όταν είναι πιο δραστήριος, δηλαδή όταν βρίσκεται κοντά σε Ηλιακό Μέγιστο. Το γεγονός αυτό, αρχικά φαίνεται παράδοξο, δεδομένου ότι οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζονται ως σκοτεινά σημεία της επιφάνειας του Ήλιου. Η εξήγηση σε αυτό το γεγονός είναι πως η ύπαρξη ηλιακών κηλίδων προϋποθέτει, όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα, την ύπαρξη πυρσών, οι οποίοι αποτελούν μεγαλύτερες και φωτεινότερες περιοχές, με έντονη εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας (εικόνα 3.3) (Fröhlich & Lean, 1998).

Εικόνα 3.3 Πάνω εικόνα: Οι διακυμάνσεις ακτινοβολίας για πάνω από δύο ηλιακούς κύκλους, εκτιμώμενη από τις δύο κύριες επιρροές, της φωτεινότητας των πυρσών και της συσκότισης των ηλιακών κηλίδων.

Κάτω εικόνα: Δεδομένα μετρήσεων συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας το διάστημα 1978-1995.



Πηγή: Fröhlich & Lean, 1998

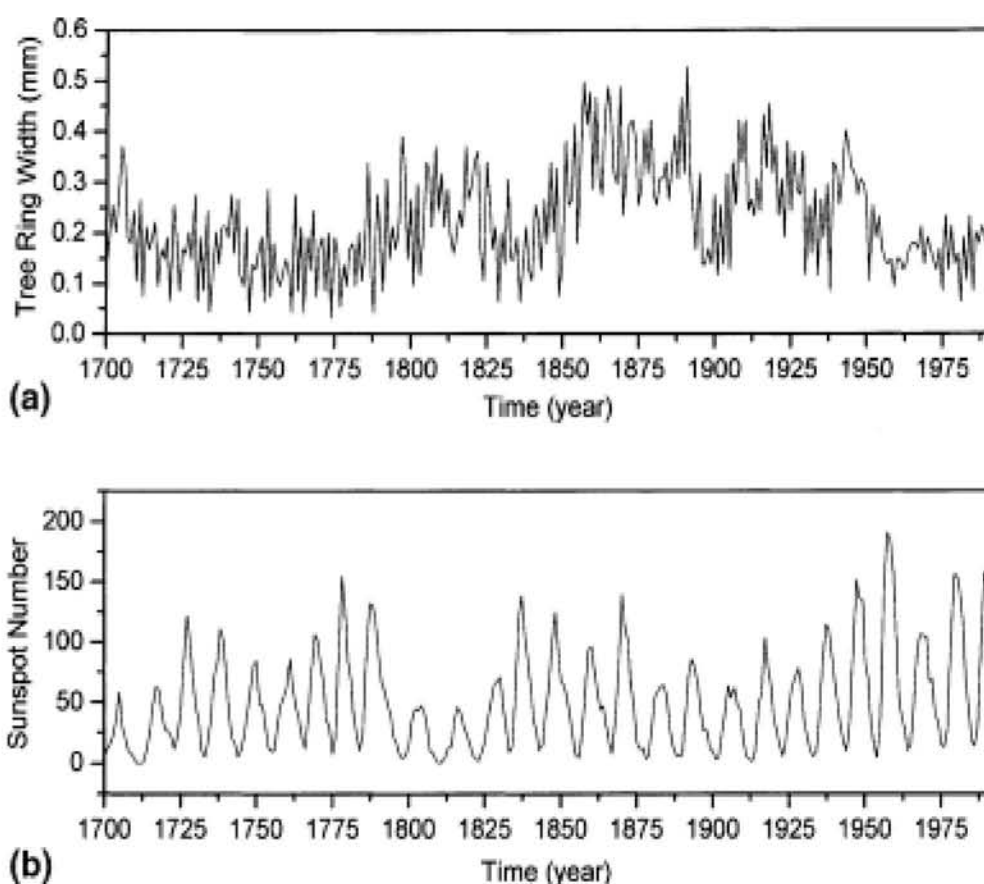
Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει άμεσα το κλίμα της Γης είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε χώρα. Η σχέση ανάμεσα στη συχνότητα των καταιγίδων και του κύκλου των ηλιακών κηλίδων αποτελεί μια εγγενώς πιο ελκυστική ιδέα από ότι πολλές από τις άλλες προτεινόμενες επιδράσεις των καιρικών συνθηκών, δεδομένου ότι η ηλιακή δραστηριότητα επηρεάζει αναμφισβήτητα την κοσμική ακτινοβολία. Ένα κλασικό άρθρο σε αυτόν τον τομέα είναι του Brooks (1934), ο οποίος ανακάλυψε έναν ενδεκαετή κύκλο στη συχνότητα των καταιγίδων στη Σιβηρία (συσχέτιση της τάξης του 0,88 με τον αριθμό των

ηλιακών κηλίδων), στο εσωτερικό της Σουηδίας (0,38), στις νοτιοανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (0,36), στη Δυτική Ινδία (0,34) και στη νότια Ασία (0,40). Δυστυχώς, όμως, μεταγενέστερες μελέτες απορρίπτουν αυτά τα πρώιμα συμπεράσματα (Pittock, 1978).

Για να μελετηθεί το παγκόσμιο κλίμα της Γης, μπορούν να διερευνηθούν καταγραφές φυσικών στοιχείων, όπως είναι, για παράδειγμα, τα δεδομένα των δακτυλίων των δέντρων (tree rings). Υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι κάποιες παραλλαγές στο πάχος των δακτυλίων των δέντρων μπορούν να αποδοθούν στην ηλιακή δραστηριότητα. Με άλλα λόγια, οι δακτύλιοι των δέντρων φαίνεται να επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία σχετίζεται με την ηλιακή δραστηριότητα. Πολλοί ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του πάχους των δακτυλίων των δέντρων και του αριθμού των ηλιακών κηλίδων, χρησιμοποιώντας δεδομένα δακτυλίων δέντρων από διάφορα σημεία της Γης. Τον τελευταίο αιώνα, ο Douglass το 1928, προσπάθησε να εντοπίσει την ενδεκαετή περιοδικότητα στην ανάπτυξη των δακτυλίων των πεύκων από την Αριζόνα με επιτυχία. Ο Muirghy το 1991 (1991) παρατήρησε σε δακτυλίους δέντρων από την Ταϊβάν, περιόδους των 11,1 και 13,6 χρόνων σε σχέση με την περίοδο 11 χρόνων του ηλιακού κύκλου, ενώ παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε δακτυλίους δέντρων από το Μαρόκο, από τους Dutilleul και Till (1992).

Άλλη μια έρευνα που αφορά δακτυλίους δέντρων σε περιοχές της Χιλής, απέδειξε μια μακρά τάση ανταπόκρισης του μεγέθους των δακτυλίων των δέντρων στις αυξομειώσεις της ηλιακής δραστηριότητας. Πιο συγκεκριμένα, την περίοδο από το 1700 έως το 1991, παρατηρήθηκε μια αύξηση του πάχους των δακτυλίων των δέντρων κατά τη διάρκεια των διαστημάτων με χαμηλό αριθμό ηλιακών κηλίδων (1800-1835 και 1875-1935) και το αντίθετο κατά τη διάρκεια των διαστημάτων με υψηλό αριθμό ηλιακών κηλίδων (1725-1800, 1835-1850 και 1950-1991) (εικόνα 3.4) (Nordemann *et al.*, 2005).

Εικόνα 3.4 (a) Χρονοσειρά πλάτους δακτυλίων δέντρων
(b) Χρονοσειρά αριθμού ηλιακών κηλίδων



Πηγή: Nordemann *et al.*, 2005

Μια ιστορική μακροπρόθεσμη συσχέτιση μεταξύ της ηλιακής δραστηριότητας και της αλλαγής του κλίματος είναι η περίοδος του Ελάχιστου του Maunder (Maunder minimum), μια περίοδος κατά την οποία, όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων ήταν πολύ μικρή έως μηδενική. Αυτή η περίοδος ηλιακής αδράνειας, που διαρκεί από το 1645 έως το 1715, αντιστοιχεί σε μια κλιματική περίοδο που ονομάζεται «Μικρή Εποχή των Παγετώνων», κατά την οποία επικράτησαν στην Ευρώπη ασυνήθιστες συνθήκες ψύχους, όπως για παράδειγμα, ποτάμια που συνήθως έμεναν χωρίς πάγο, πάγωσαν και το χιόνι παρέμεινε όλο το χρόνο σε χαμηλότερα υψόμετρα απ' ό,τι συνήθως (Friis-Christensen & Lassen, 1991).

Μια πιο σύγχρονη θεωρία υποστηρίζει ότι οι παγκόσμιες χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της Μικρής Εποχής των Παγετώνων επιβράδυναν την ανάπτυξη των δέντρων, με

αποτέλεσμα να έχουν ασυνήθιστα πυκνό ξύλο. Μερικοί επιστήμονες υποθέτουν ότι το πυκνό ξύλο που προκλήθηκε μέσα από αυτή την αργή ανάπτυξη των δέντρων κατά τη διάρκεια αυτής της ψυχρής περιόδου είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των διάσημων μουσικών οργάνων Stradivarius. Τα όργανα αυτά (άρπες, κιθάρες, βιόλες, βιολοντσέλα, βιολιά) είναι διάσημα για την ποιότητα του ήχου που παράγουν. Ο οργανοποιός Antonio Stradivari γεννήθηκε ένα χρόνο πριν από την έναρξη του Ελάχιστου του Maunder. Ένα βιολί Stradivarius που δημιουργήθηκε την περίοδο από το 1680 έως το 1700, θα μπορούσε να αξίζει εκατοντάδες χιλιάδες έως αρκετά εκατομμύρια δολάρια (ΗΠΑ) σε σημερινές τιμές. Το βιολί «Molitor» Stradivarius, κατασκευής του 1697, που φημολογείται ότι ανήκε στον Ναπολέοντα (στην πραγματικότητα ανήκε σε έναν στρατηγό του στρατού του), πωλήθηκε σε δημοπρασία το 2010 στη βιολονίστα Anne Akiko Meyers για 3.600.000 δολάρια και για την ώρα αποτελεί παγκόσμιο ρεκόρ.

Συμπερασματικά, το κλίμα αλλάζει, με επιπτώσεις που γίνονται εμφανείς στην καθημερινότητά μας και μας επηρεάζουν πρακτικά και οικονομικά. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το κλίμα της Γης θερμαίνεται και ψύχεται καθώς η ηλιακή δραστηριότητα αυξάνεται και μειώνεται, όπως επίσης και θεωρίες που υποστηρίζουν ότι η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων επηρεάζει τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες, με τη σειρά τους, επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγή και τις τιμές, με τις τελευταίες να πλήττουν τη συνολική οικονομική δραστηριότητα. Επιπλέον, πιθανώς να θέτουν και την υγεία μας σε κίνδυνο, καθώς το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες αποτελούν σημαντικές συνιστώσες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία. Από την αρχαιότητα, υπήρχε η πεποίθηση ότι κάποια κλίματα ασκούσαν θετική επίδραση στην υγεία του οργανισμού και συντελούσαν στην ενίσχυση του αμυντικού του συστήματος. Στο έργο του Ιπποκράτη «Περί αέρων, υδάτων και τόπων» διαβάζουμε χαρακτηριστικά: *«Οι ασθένειες προκαλούνται κυρίως με τις μεταβολές των εποχών και κατά τη διάρκεια των εποχών, γάρη στις μεγάλες εναλλαγές κρύου και ζέστης»*. Στις επιπτώσεις αυτές στην οικονομική δραστηριότητα, την ανθρώπινη υγεία και ψυχολογία θα αναφερθούμε εκτενέστερα στα επόμενα κεφάλαια.

Κεφάλαιο 4

Ηλιακές κηλίδες και Οικονομία

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, ασχοληθήκαμε με την επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στη Γη και τις άμεσες επιπτώσεις της στο περιβάλλον και, κατά συνέπεια, στον άνθρωπο. Αναφερθήκαμε σε μελέτες διαφόρων ερευνητών που αφορούν την επίδραση του κύκλου των ηλιακών κηλίδων στο κλίμα της Γης, στη θερμοκρασία καθώς και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στον πλανήτη. Το ερώτημα που τίθεται σ' αυτό το σημείο είναι το εξής: εφόσον η ηλιακή δραστηριότητα φαίνεται να επηρεάζει όλους αυτούς τους τομείς, οι οποίοι με τη σειρά τους πιθανώς να επηρεάζουν κάποιους από τους παράγοντες της παγκόσμιας οικονομίας, είναι δυνατόν να μην επηρεάζει την οικονομία στο σύνολό της; Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στη σχέση της ηλιακής δραστηριότητας με την οικονομία και στην πιθανή συσχέτισή της με τους μακροοικονομικούς δείκτες, όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ), το επίπεδο των τιμών, τα ποσοστά ανεργίας, κ.λ.π., τους χρηματιστηριακούς δείκτες και τους επιχειρηματικούς κύκλους.

4.1 Συσχέτιση μεταξύ ηλιακής και οικονομικής δραστηριότητας

4.1.1 Ηλιακές κηλίδες και Επιχειρηματικές Αγορές

Πιθανώς, η πρώτη καταγεγραμμένη υπόθεση αναφορικά με τη σχέση μεταξύ της ηλιακής και της επιχειρηματικής δραστηριότητας εμφανίστηκε το 1801. Σε ένα έγγραφο που παρουσιάστηκε εκείνη τη χρονιά, ο αστρονόμος Sir William Herschel (1801), επέστησε την προσοχή σε μια προφανή σχέση μεταξύ της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων και της τιμής του σιταριού. Χρησιμοποίησε τα στοιχεία για τις τιμές των σιτηρών από το θεμελιώδες έργο του Adam Smith (1776) με τίτλο «Έρευνα για τη Φύση και τις Αιτίες του Πλούτου των Εθνών», τα σύγκρινε με τα στοιχεία για τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων κατά την ίδια περίοδο και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι πέντε μεγάλες περιόδους έλλειψης ηλιακών κηλίδων συμπίπτουν με τις περιόδους αυξημένων τιμών του σίτου. Υποστήριξε πως η έλλειψη δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων φαίνεται να συσχετίζεται με «φτωχές» καλλιέργειες και κατά συνέπεια με τις υψηλές τιμές των προϊόντων και αντίστροφα.

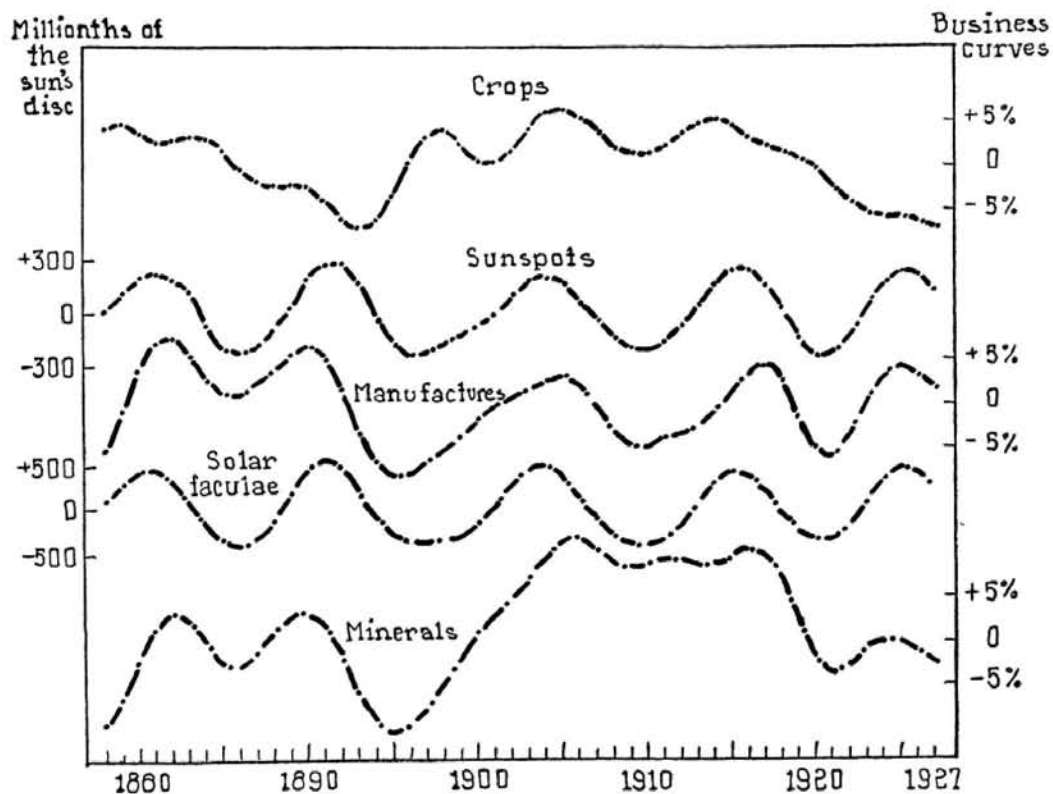
Το έργο αυτό έλαβε σκληρές κριτικές από την επιστημονική κοινότητα της εποχής και η παρεμπόδισή του κατέδειξε μια απόλυτη απόρριψη της ιδέας μιας πιθανής επίδρασης της ηλιακής δραστηριότητας στη Γη.

Αυτές οι υποθέσεις έλαβαν μεγαλύτερη προσοχή το 1870, όταν ο Βρετανός οικονομολόγος και στατιστικολόγος William Stanley Jevons υποστήριξε ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ των ηλιακών κηλίδων και των κρίσεων του επιχειρηματικού κύκλου. Ο Jevons, στην προσπάθειά του να απαντήσει στο ερώτημα γιατί η οικονομία φαίνεται να παρουσιάζει μια προβλέψιμη περιοδικότητα δέκα ετών, ξεκίνησε τη θεωρία του μελετώντας τη σχέση της ηλιακής περιόδου και της τιμής του καλαμποκιού. Μέσα στην επόμενη δεκαετία, εξέλιξε αυτή την ιδέα, ερευνώντας τη σχέση των ηλιακών κηλίδων με τις εμπορικές κρίσεις, όπου προσπάθησε να εξηγήσει αυτό που ο ίδιος αποκάλεσε «η μυστηριώδης περιοδικότητα» των εμπορικών κρίσεων. Ο Jevons είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το πώς ο κύκλος των ηλιακών κηλίδων μπορεί να επηρεάσει τη γεωργική παραγωγή σε απομακρυσμένες περιοχές της Βρετανικής Αυτοκρατορίας, ειδικά στην Ινδία. Θεωρούσε πως οι ηλιακές κηλίδες είναι αυτές που δημιουργούν τις καιρικές συνθήκες στη Γη. Αυτές, με τη σειρά τους, οδηγούν σε μεγαλύτερες και πιο ικανοποιητικές καλλιέργειες, επιτρέποντας στους φτωχούς του κόσμου να δαπανήσουν τα χρήματα στα βρετανικά υφάσματα, που διαφορετικά θα διέθεταν στις υψηλές τιμές των τροφίμων. Καθώς οι Βρετανοί βιομήχανοι θα επέκτειναν την παραγωγή ως απάντηση στην αυξημένη ζήτηση, τροφοδοτώντας έτσι την οικονομική ανάπτυξη, ο κύκλος των ηλιακών κηλίδων θα έφθινε, χτυπώντας, παράλληλα, τα μακρινά έθνη και διακόπτοντας με αυτόν τον τρόπο τη ζήτηση. Αυτό θα άφηνε τους κατασκευαστές βαθιά στο χρέος και με πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα, προκαλώντας έτσι μια εμπορική κρίση. Ο Jevons γνώριζε ότι το μοντέλο του είχε ψεγάδια. Το 1878 παραδέχθηκε πως τα στοιχεία που είχε βρει μέχρι εκείνη τη στιγμή δεν είχαν καμία βαρύτητα. Παρόλα αυτά, προχωρούσε την έρευνά του, καταφεύγοντας ακόμα και σε κόλπα με τους αριθμούς, σε μια απελπισμένη προσπάθεια να συσχετίσει τις εμπορικές κρίσεις με τον κύκλο των ηλιακών κηλίδων. Η εμμονή του αυτή τον οδήγησε τελικά στη γελοιοποίηση, αμαυρώνοντας την ακαδημαϊκή του καριέρα (Britton & Kuester, 2003).

Αργότερα, οι Garcia-Mata και Shaffner (1934) επανεξέτασαν τα αποδεικτικά στοιχεία σχετικά με την ύπαρξη σχέσης μεταξύ της ηλιακής δραστηριότητας και του επιχειρηματικού κύκλου στις ΗΠΑ. Συσχέτισαν τις χρονοσειρές των ηλιακών κηλίδων με τις χρονοσειρές οικονομικών δεδομένων και συγκεκριμένα στην παραγωγή των καλλιεργειών, των ορυκτών και των κατασκευών για την περίοδο 1860-1930. Δεν κατάφεραν να υποστηρίξουν τη θεωρία του Jevons σχετικά με την επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στις καλλιέργειες και κατά συνέπεια στην τιμή των προϊόντων. Ωστόσο, αποκάλυψαν μια στατιστικά σημαντική

συσχέτιση μεταξύ των διακυμάνσεων της μη γεωργικής επιχειρηματικής δραστηριότητας στις ΗΠΑ και του κύκλου των ηλιακών κηλίδων (εικόνα 4.1).

Εικόνα 4.1 Οι καμπύλες των ηλιακών κηλίδων των καλλιεργειών, των ορυκτών και των κατασκευών.



Πηγή: Garcia-Mata & Shaffner, 1934

Το ερώτημα εάν ο κύκλος των ηλιακών κηλίδων έχει την παραμικρή επιρροή στην απόδοση των καλλιεργειών απασχόλησε πολλούς επιστήμονες έκτοτε. Ο αστροφυσικός Lev Pustilnik και ο οικονομολόγος Gregory Yom Din (2003), έδειξαν ότι οι τιμές του σίτου στην Αγγλία κατά τον 17^ο αιώνα είχαν επηρεαστεί από τον ηλιακό κύκλο. Περίοδοι της χαμηλής δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων αντιστοιχούσαν σε αυξημένες τιμές του σιταριού,

υποδεικνύοντας χαμηλότερη απόδοση των καλλιεργειών. Το γεγονός αυτό στηρίζεται στην ιδέα ότι ο ηλιακός κύκλος επηρεάζει το κλίμα και τις εσοδείες στη Γη, πιθανώς με την αλλαγή των επιπέδων της νεφοκάλυψης. Οι δύο επιστήμονες προχώρησαν σε μια παρόμοια ανάλυση για τις τιμές σιταριού στις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Δεν περίμεναν να δουν μια σύνδεση ηλιακών κηλίδων και καλλιεργειών, λόγω των σύγχρονων τεχνολογιών που έκαναν τις καλλιέργειες πιο ισχυρές απέναντι στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, βρήκαν μια σύνδεση μεταξύ του αριθμού των ηλιακών κηλίδων και της τιμής του σιταριού. Η υποψία τους ότι το φαινόμενο εξακολουθεί να υφίσταται, προκλήθηκε από το γεγονός ότι το 70% του σκληρού σίτου της Αμερικής μεγαλώνει σε ένα μέρος της Βόρειας Ντακότα, όπου εντοπίζονται καιρικές συνθήκες θα μπορούσαν να έχουν δραματικές επιπτώσεις στη συνολική παραγωγή.

4.1.2 Ηλιακές κηλίδες και Χρηματοπιστωτικές Αγορές

Έχουν υπάρξει αρκετοί ισχυρισμοί για την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων και των κινήσεων της χρηματιστηριακής αγοράς. Μια προσπάθεια για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ των ηλιακών κηλίδων και των τιμών των μετοχών έγινε από τον Charles Collins (1965). Ο Collins, μελετώντας δεδομένα 93 ετών, παρατήρησε μια σχέση μεταξύ της αύξησης της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων και της επακόλουθης πτώσης των τιμών των μετοχών των Η.Π.Α. Διαπίστωσε ότι, όταν ο μέσος μηνιαίος αριθμός των ηλιακών κηλίδων ανήλθε για πρώτη φορά μέσα στον κύκλο σε πάνω από 50, ακολούθησε μια πτώση στο χρηματιστήριο. Σύμφωνα με τον Collins, εάν το έτος κατά το οποίο ο μέσος μηνιαίος αριθμός ηλιακών κηλίδων υπερβαίνει τις 50 υποκαθίσταται από το έτος κατά το οποίο ο ετήσιος αριθμός των ηλιακών κηλίδων υπερβαίνει τις 50, η σχέση αυτή ενισχύεται.

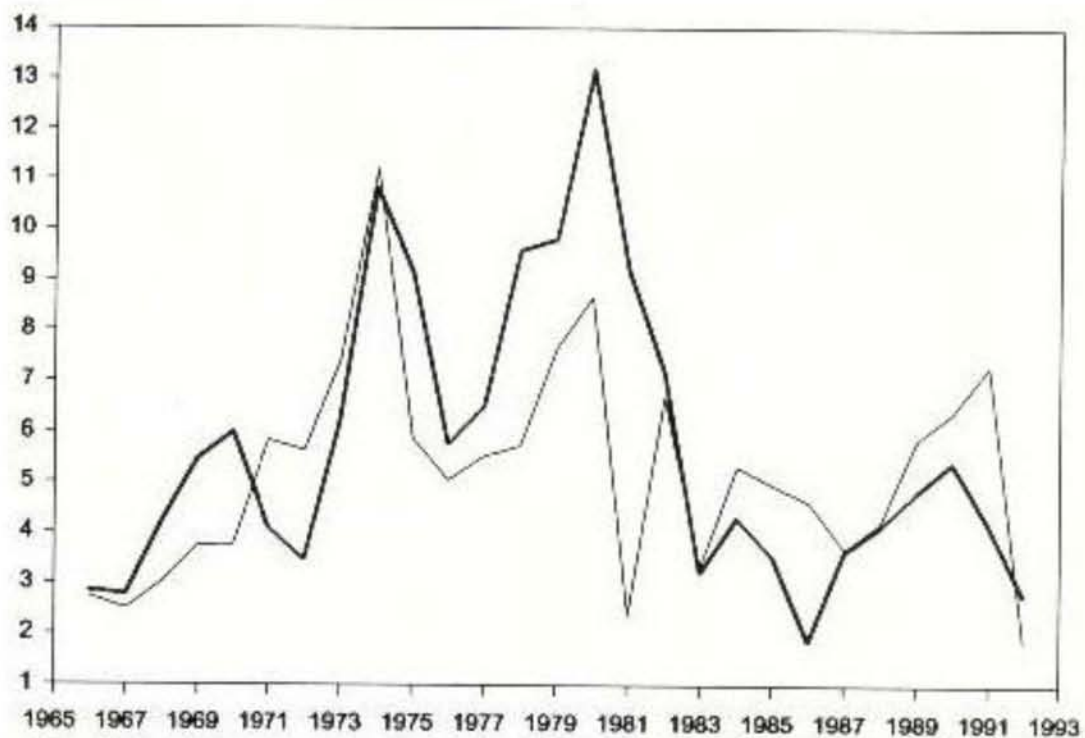
Το πιο πρόσφατο παράδειγμα αυτού του φαινομένου συνέβη τον Οκτώβριο του 1987, όταν ο μέσος μηνιαίος αριθμός των ηλιακών κηλίδων ανήλθε σε 55,8 και ήταν η πρώτη φορά που ξεπέρασε τις 50, δεδομένου ότι ο ηλιακός κύκλος ξεκίνησε το 1986.

Ο Edward Dewey (1968) βρήκε 43 οικονομικές δραστηριότητες που κυμαίνονται ανάλογα με τον ενδεκαετή κύκλο του Ήλιου, συμπεριλαμβανομένων των τιμών των βασικών εμπορευμάτων, των τιμών των μετοχών, της τραπεζικής δραστηριότητας, της επιχειρηματικής δραστηριότητας, της βιομηχανικής παραγωγής και της παραγωγικότητας της γεωργίας.

Ο Bryan Walsh (1993) επανεξέτασε τα ευρήματα του Dewey, χρησιμοποιώντας τα νεότερα διαθέσιμα στοιχεία για τις αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο της Γης, οι οποίες ακολουθούν σε

γενικές γραμμές τον ηλιακό κύκλο. Ισχυρίστηκε ότι οι διαταραχές στο γεωμαγνητικό πεδίο, που προκαλεί η ηλιακή δραστηριότητα, προηγούνται από αρκετούς κοινούς δείκτες της οικονομικής και χρηματοοικονομικής απόδοσης (ΑΕΠ, Δείκτης Τιμών Καταναλωτή, τιμές των μετοχών, κλπ) κατά 6 έως 12 μήνες, με συσχετισμούς υψηλούς έως 65% (εικόνα 4.2). Επιπλέον, υποστήριξε πως η αγορά χρυσού, ομολόγων καθώς και ο δείκτης Dow Jones, παρουσίασαν υψηλό βαθμό συσχέτισης με τις διαταραχές στο γεωμαγνητικό πεδίο, τόσο από πλευράς μεγέθους όσο και κατεύθυνσης (εικόνα 4.3).

Εικόνα 4.2 Ετήσιος ρυθμός μεταβολής του ΔΤΚ των ΗΠΑ σε σχέση με τις αλλαγές στο γεωμαγνητικό πεδίο.



Πηγή: Walsh, 1993

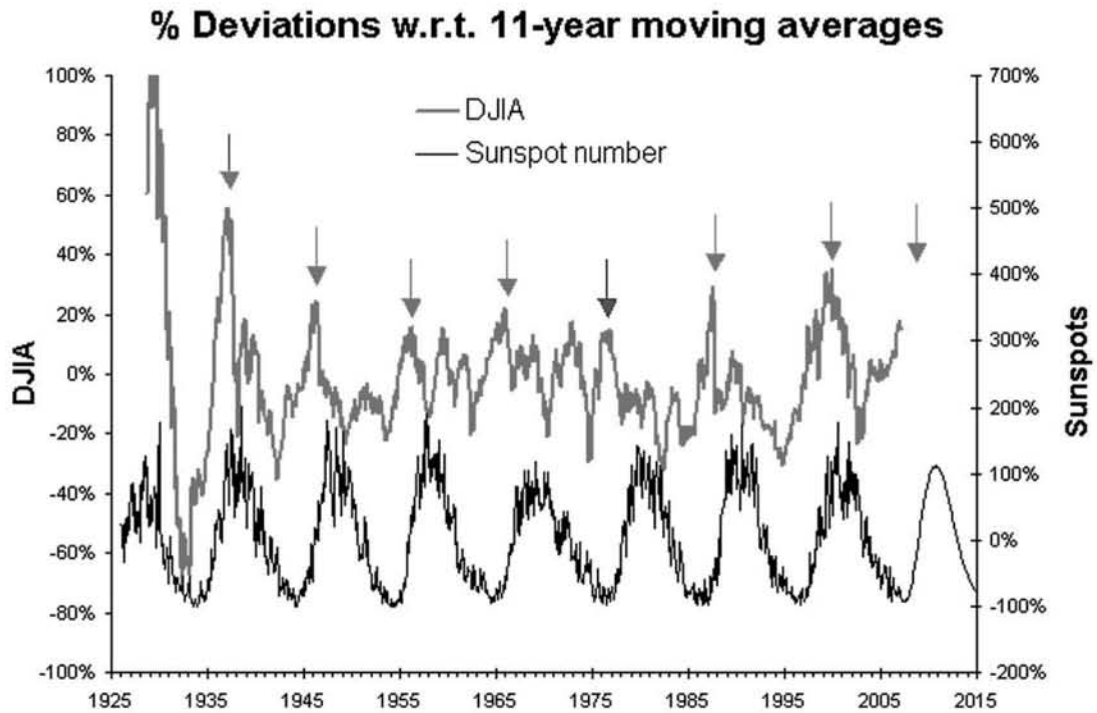
Εικόνα 4.3 Δείκτης μαγνητικών διακυμάνσεων και χρηματοοικονομικές μεταβλητές.

	Predicted Change in Direction	Statistical Significance	Correlation Coefficient	Statistical Significance
Economic				
U.S. Real GNP	68%	98.0%	0.58	99.9%
U.S. CPI-U	85%	99.9%	0.64	99.9%
Financial				
DJIA	87%	99.9%	0.63	99.0%
Gold	76%	99.0%	0.81	99.9%
Bonds	78%	97.0%	0.82	99.9%

Πηγή: Walsh ,1993

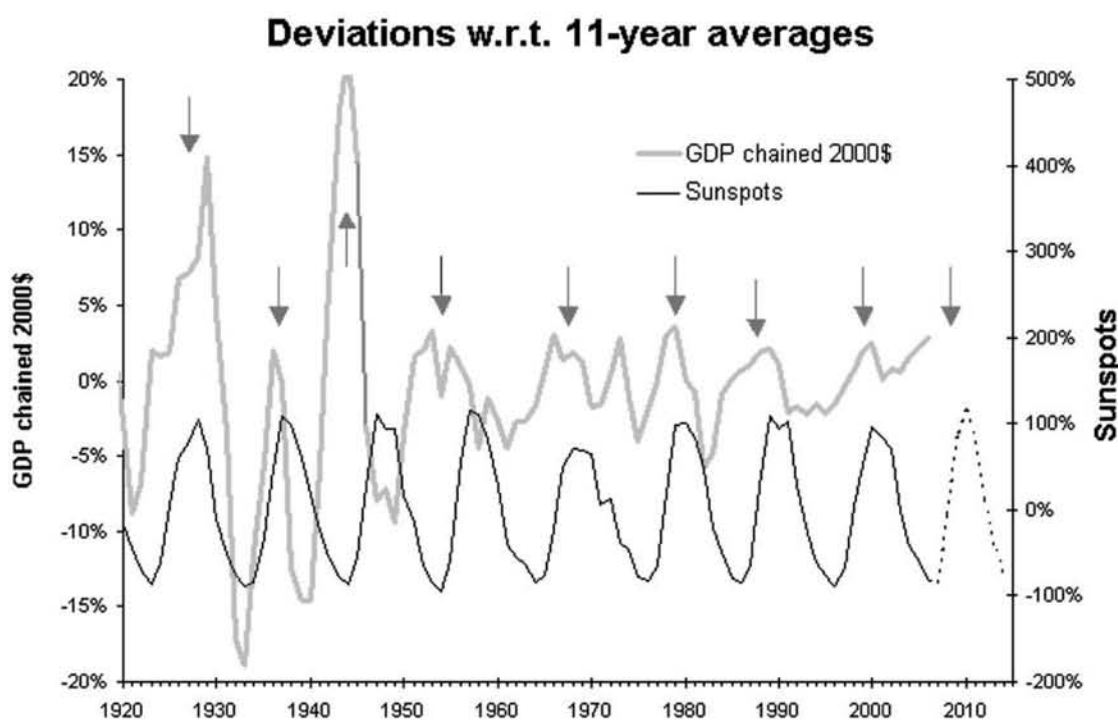
Μια πιο πρόσφατη έρευνα για την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του δείκτη Dow Jones Industrial Average και του αριθμού των ηλιακών κηλίδων, καθώς και μεταξύ του ΑΕΠ των ΗΠΑ και του αριθμού των ηλιακών κηλίδων πραγματοποιήθηκε από τον Theodore Modis (2007). Τα στοιχεία που μελέτησε καλύπτουν 80 χρόνια ιστορίας, από το 1928, όπου έγινε η πρώτη μηνιαία αναφορά του DJIA, έως το 2007. Ωστόσο, τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξε, δεν ήταν τόσο ενθαρρυντικά. Οι διακυμάνσεις του υποδείγματος του DJIA είναι πιο «άτακτες» από εκείνες των ηλιακών κηλίδων. Η μαθηματική συσχέτιση μεταξύ των δύο υποδειγμάτων δεν είναι σημαντική, αλλά υπάρχει αρκετή οπτική ομοιότητα μεταξύ των δύο καμπυλών του υποδείγματος (εικόνα 4.4). Ομοίως για την περίπτωση του ΑΕΠ, η συσχέτιση μεταξύ των διακυμάνσεων του ΑΕΠ και των ηλιακών κηλίδων και πάλι δεν είναι αποδείξιμη μαθηματικά, αλλά οπτικά, το αποτέλεσμα είναι πιο εντυπωσιακό από ότι μεταξύ του DJIA και των ηλιακών κηλίδων (εικόνα 4.5).

Εικόνα 4.4 Τα ποσοστά αποκλίσεων των κινούμενων μέσων τάσεων του DJIA και του αριθμού των κηλίδων. Τα βέλη δείχνουν τις «σημαντικές» κορυφές του DJIA. Το τελευταίο βέλος είναι μια πρόβλεψη (Ιούνιος-2008).



Πηγή: Modis, 2007

Εικόνα 4.5 Η συσχέτιση των διακυμάνσεων μεταξύ της ετήσιας εξέλιξης του ΑΕΠ των ΗΠΑ και των ηλιακών κηλίδων. Τα βέλη δείχνουν τις «σημαντικές» κορυφές του ΑΕΠ. Το τελευταίο βέλος είναι μια πρόβλεψη (Ιούνιος-2008).



Πηγή: Modis, 2007

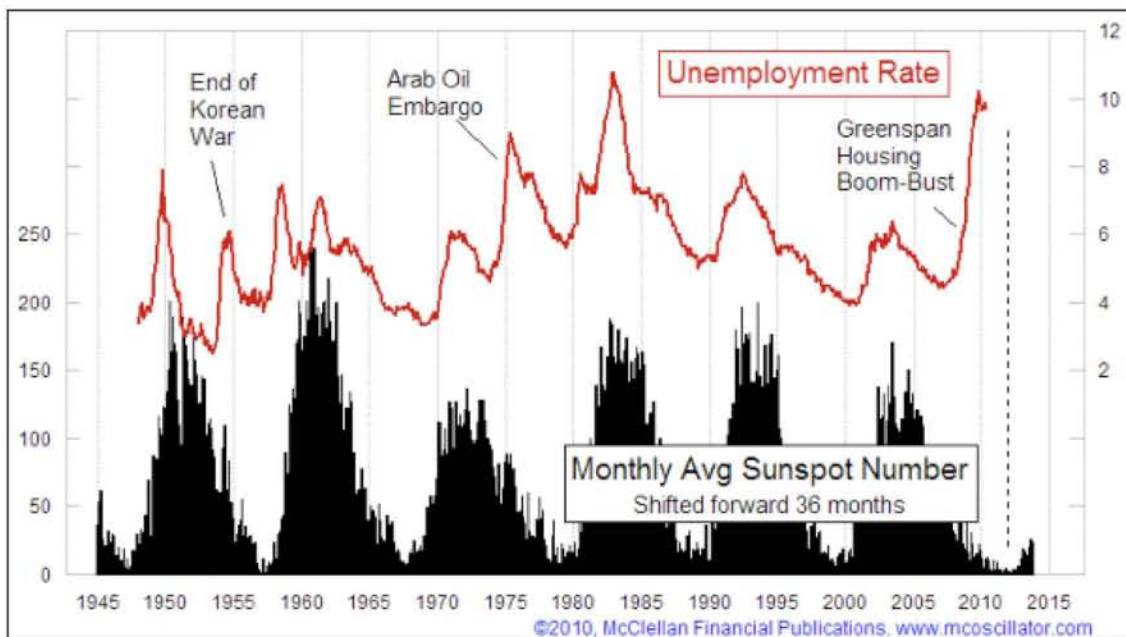
4.1.3 Ηλιακές κηλίδες και Ανεργία

Αρκετοί είναι και οι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη σχέση μεταξύ της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων και του ποσοστού ανεργίας. Μια πιο πρόσφατη μελέτη υποστήριξε ότι υπήρχε μια σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των ηλιακών κηλίδων και του ποσοστού ανεργίας στην Ιαπωνία, την περίοδο 1971-2001. Τα αποτελέσματα οδήγησαν τους συντάκτες της έρευνας στην προώθηση της υπόθεσης ότι η μεταβολή της δραστηριότητας του Ήλιου μπορεί να επηρεάσει το ποσοστό ανεργίας και κατ'επέκταση την οικονομία (Otsu *et al.*, 2006).

Ο Tom McClellan (2010) υποστήριξε ότι κατά τη μεταπολεμική περίοδο, οι κορυφές του ποσοστού ανεργίας στις ΗΠΑ ακολουθούσαν τις κορυφές της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων, με διαφορά περίπου τριών ετών. Βέβαια, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου,

υπήρξαν και άλλες κορυφές του ποσοστού ανεργίας στις ΗΠΑ, οι οποίες, όμως, θα μπορούσαν να αποδοθούν σε πολιτικές δράσεις που πραγματοποιήθηκαν από τις ΗΠΑ ή από ξένες κυβερνήσεις. Ως παράδειγμα, αναφέρει το αραβικό εμπάργκο πετρελαίου στα μέσα της δεκαετίας του 1970, το οποίο είχε μεγάλο αρνητικό αντίκτυπο στην οικονομία των ΗΠΑ (εικόνα 4.6).

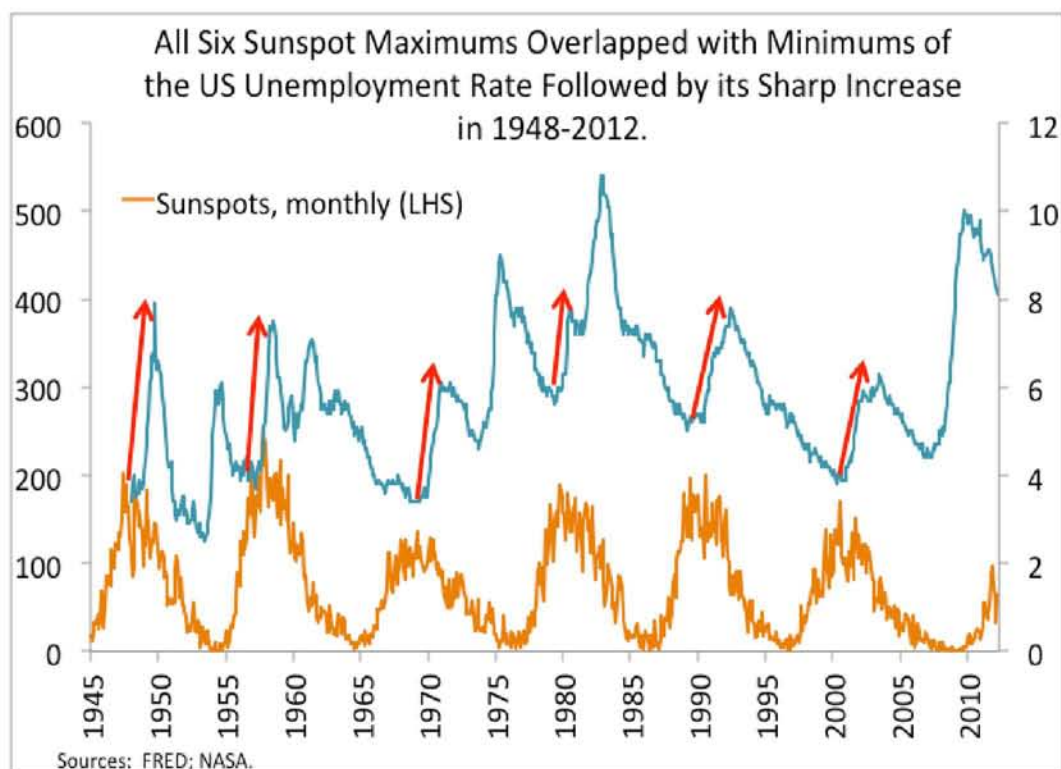
Εικόνα 4.6 Κορυφές ηλιακών κηλίδων και ποσοστού ανεργίας των ΗΠΑ



Πηγή: McClellan , 2010

Ο Mikhail Gorbanev (2012) επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας για τα στοιχεία των ΗΠΑ. Μελετώντας τα μηνιαία στοιχεία σχετικά με την ανεργία των ΗΠΑ για την περίοδο 1948-2012, κατέληξε στην ύπαρξη μιας οπτικά συναρπαστικής αντιστοιχίας μεταξύ του ποσοστού ανεργίας και του αριθμού των ηλιακών κηλίδων (εικόνα 4.7). Παρατήρησε και ο ίδιος ότι η ανεργία έφθανε στο ελάχιστό της ακριβώς πριν από ένα ηλιακό μέγιστο και στο αποκορύφωμά της, περίπου 2-3 χρόνια αργότερα. Ωστόσο, δήλωσε πως δεν θα μπορούσαμε να είμαστε βέβαιοι αν αυτό αντανακλά μια πραγματικά σταθερή σχέση ή μια ενδιαφέρουσα σύμπτωση.

Εικόνα 4.7 Οι 6 περίοδοι των μεγίστων των ηλιακών κηλίδων σε σχέση με τα ποσοστά ανεργίας των ΗΠΑ, την περίοδο 1948-2012.



Πηγή: Gorbanev, 2012

4.2 Ισορροπία ηλιακών κηλίδων (*Sunspot equilibrium*)

Στην οικονομική θεωρία, υπάρχει ο όρος «ηλιακές κηλίδες», ο οποίος όμως δεν χρησιμοποιείται με την πραγματική του έννοια, δηλαδή ως παροδικά φαινόμενα που εμφανίζονται στην επιφάνεια του Ηλίου. Ο όρος αυτός αναφέρεται συνήθως σε μια εξωγενή τυχαία μεταβλητή, δηλαδή, μια τυχαία μεταβλητή που δεν επηρεάζει τα βασικά οικονομικά μεγέθη, όπως είναι οι προτιμήσεις των καταναλωτών, τα κληροδοτήματα ή η τεχνολογία. Οι εξωγενείς, αυτές, τυχαίες μεταβλητές δεν επηρεάζουν τα βασικά οικονομικά μεγέθη άμεσα, αλλά μπορεί να έχουν επίδραση στην ισορροπία διότι επηρεάζουν τις προσδοκίες. Η ιδέα ότι οι αυθαίρετες μεταβολές των προσδοκιών μπορεί να επηρεάσουν την οικονομία, ακόμη και αν δεν έχουν καμία σχέση με τα θεμελιώδη μεγέθη, είναι αμφιλεγόμενη, αλλά ήταν ευρέως διαδεδομένη σε πολλούς τομείς της οικονομίας. Οι ηλιακές κηλίδες μπορεί επίσης να αναφέρονται στη σχετική έννοια της εξωγενούς αβεβαιότητας, δηλαδή, της οικονομικής αβεβαιότητας που δεν προέρχεται από μεταβολή των βασικών οικονομικών μεγεθών. Οι «ηλιακές κηλίδες» έχουν συμπεριληφθεί στα οικονομικά μοντέλα ως ένας τρόπος για να

συλληφθούν αυτές οι «εξωγενείς» διακυμάνσεις, σε τομείς όπως η τιμολόγηση του ενεργητικού, οι οικονομικές κρίσεις, οι επιχειρηματικοί κύκλοι, η οικονομική ανάπτυξη και η νομισματική πολιτική. Πολλοί πειραματικοί οικονομολόγοι ερευνητές έχουν δείξει πως οι ηλιακές κηλίδες μπορούν να επηρεάσουν την οικονομική δραστηριότητα.

Στα οικονομικά, η ισορροπία των ηλιακών κηλίδων είναι μια οικονομική ισορροπία, όπου η έκβαση της αγοράς ή η κατανομή των πόρων ποικίλλει με έναν τρόπο που δεν σχετίζεται με τα βασικά οικονομικά μεγέθη. Με άλλα λόγια, το αποτέλεσμα εξαρτάται από μια «εξωγενή» τυχαία μεταβλητή, δηλαδή μια τυχαία επίδραση που έχει σημασία μόνο επειδή οι άνθρωποι νομίζουν ότι έχει σημασία. Οι David Cass και Karl Shell (1983) επινόησαν τον όρο «ηλιακές κηλίδες» σαν έναν υποβλητικό και λιγότερο τεχνικό τρόπο για να πούμε «εξωγενής τυχαία μεταβλητή». Στην πραγματικότητα, όμως, χρησιμοποίησαν τον όρο αυτό ως κοροϊδία σχετικά με το έργο του οικονομολόγου Τζέβονς, ο οποίος συσχέτισε τον οικονομικό κύκλο με τον κύκλο των πραγματικών ηλιακών κηλίδων, όπως αναφέραμε στην ενότητα 4.1.1..

Ο Shell (1987) σημείωσε ότι ο καλύτερος τρόπος για να αναλυθούν οι σχετικές αδυναμίες του χρηματοπιστωτικού συστήματος είναι να θεωρηθούν (και να μελετηθούν) ως αποτέλεσμα της ισορροπίας των ηλιακών κηλίδων.

Η κατάρρευση του χρηματοπιστωτικού συστήματος το 2008 μπορεί να θεωρηθεί, εν μέρει, ως αποτέλεσμα των ηλιακών κηλίδων.

Κεφάλαιο 5

Επίδραση ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη ζωή

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο Ήλιος είναι ένας πιθανός υπαίτιος της κλιματικής αλλαγής και, μέσω του κλίματος, της αλλαγής των βιολογικών, κοινωνικών και πολιτιστικών συνθηκών του ανθρώπινου περιβάλλοντος. Τα διαφορετικά κλιματικά καθεστώτα της Γης καθορίζονται ουσιαστικά από τις μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας. Όποιος μπορεί να διακρίνει τις διαφορές ημέρας και νύχτας, ή την πορεία των εποχών, πρέπει να αναγνωρίσει ότι ο Ήλιος έχει τη δύναμη να αλλάξει το κλίμα και έτσι να επηρεάσει την πορεία των ανθρώπινων υποθέσεων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι επιδράσεις της ηλιακής δραστηριότητας πάνω σε κοινωνικά, βιολογικά και ψυχολογικά φαινόμενα. Σύμφωνα με τις μελέτες διάφορων ερευνητών, η ηλιακή δραστηριότητα μπορεί να συσχετιστεί με την έξαρση επιδημιών ή άλλων ασθενειών, τις αυξομειώσεις των γεννήσεων, των θανάτων και των αυτοκτονιών, αλλά και με κοσμοϊστορικά γεγονότα, όπως πολέμους και μεγάλες επαναστάσεις (Γαλλική, Ρωσική κ.τ.λ.). Στη συνέχεια, κάνουμε μια εκτενέστερη αναφορά σε καθεμιά από αυτές τις επιδράσεις της δραστηριότητας του Ηλίου.

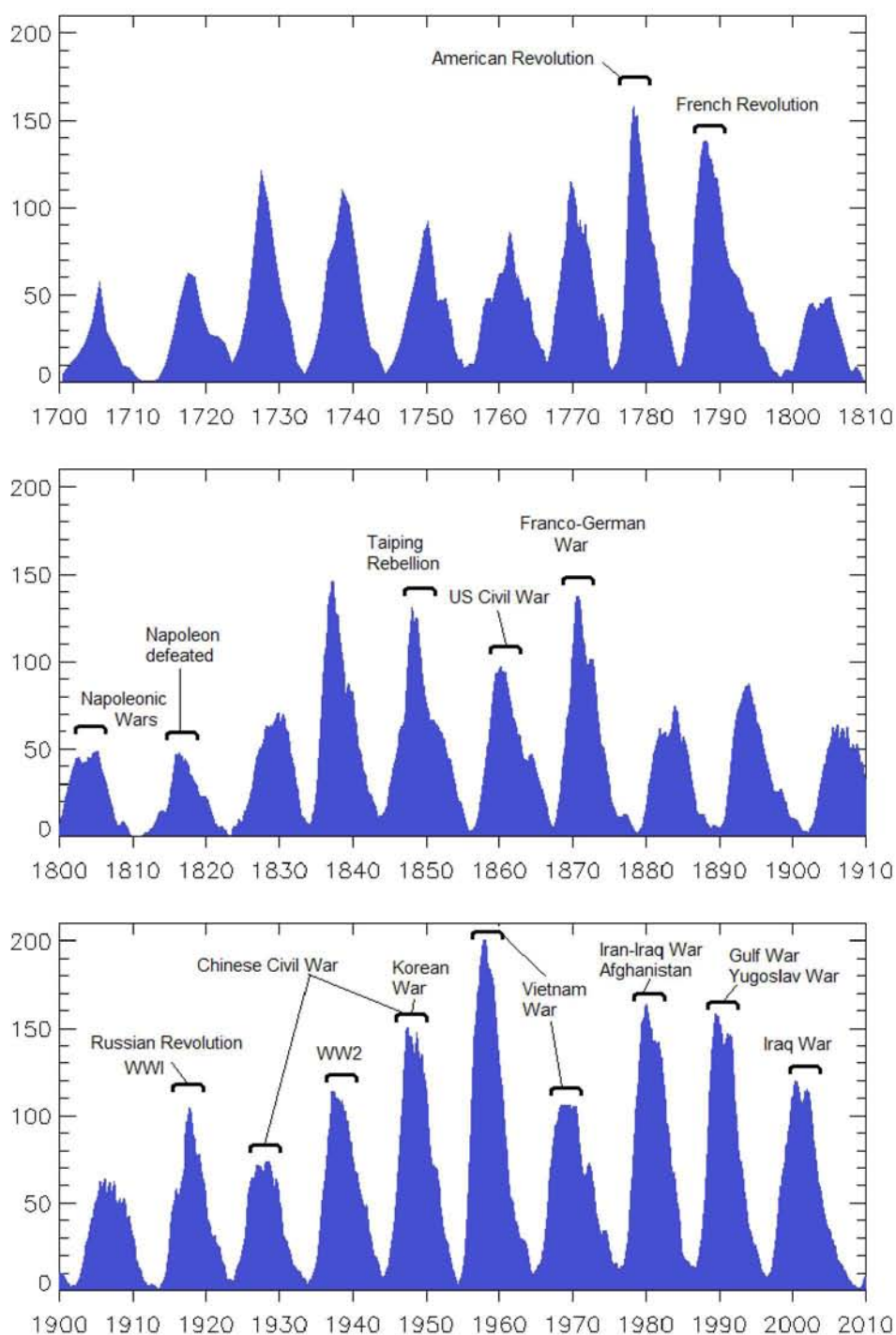
5.1 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη συμπεριφορά

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε στο κεφάλαιο 3, εάν ο Ήλιος επηρεάζει, μέσω του κλίματος, την υγεία των ανθρώπων, θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι η ηλιακή δραστηριότητα θα μπορούσε να επηρεάζει και την ανθρώπινη συμπεριφορά. Σύμφωνα με τους ερευνητές, ενώ οι ηλιακές κηλίδες αυτές καθαυτές δεν επηρεάζουν τον άνθρωπο, οι ηλιακές εκλάμψεις και άλλες διαταραχές που προέρχονται από τον Ήλιο κατά τη διάρκεια της αυξημένης δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των σωματιδίων (ηλεκτρονίων και πρωτονίων) και της επιβλαβούς ακτινοβολίας φωτός (υπεριώδεις ακτίνες) που φτάνουν στη Γη. Αυτή η ακτινοβολία, επηρεάζει τα κύματα του εγκεφάλου και τα επίπεδα ορμονών, προκαλώντας μια σειρά από διαφορετικές αντιδράσεις, κυρίως στους άνδρες. Συνεπώς, αντιδρώντας στα μεταβαλλόμενα επίπεδα ορμονών, μερικά άτομα μπορούν να γίνουν όλο και πιο ευερέθιστα και επιθετικά, ενώ άλλα μπορούν αντίθετα να γίνουν πιο δημιουργικά (Davis Jr & Lowell, 2006).

Ήδη από το 1915, μερικοί επιστήμονες άρχισαν να αναγνωρίζουν τη σύνδεση μεταξύ της ηλιακής δραστηριότητας και της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Το έργο αυτό ξεκίνησε ο Ρώσος

επιστήμονας Alexander Chizhevsky (1971), ο οποίος παρατήρησε ότι μαζικές αλλαγές στην ανθρώπινη συμπεριφορά συσχετίζονται με τους κύκλους των ηλιακών κηλίδων. Ο Chizhevsky παρατήρησε ότι οι εκπομπές ακτινοβολίας που προκύπτουν από τις ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν όχι μόνο την ηλεκτρική χρήση, τα αεροπορικά δυστυχήματα και τις επιδημίες, αλλά και την ανθρώπινη ψυχική ζωή και δραστηριότητα. Επίσης, πρότεινε ότι η ανθρώπινη ιστορία επηρεάζεται από τις κορυφές της ενδεκαετούς δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων, προκαλώντας τους ανθρώπους να ενεργήσουν μαζικά, μέσω εξεγέρσεων, επαναστάσεων, εμφυλίων πολέμων και πολέμων μεταξύ των εθνών. Ανέλυσε αρχεία των ηλιακών κηλίδων, συγκρίνοντάς τα με εξεγέρσεις, επαναστάσεις, μάχες και πολέμους σε πάνω από εβδομήντα χώρες για την περίοδο 500 π.Χ. έως το 1922 μ.Χ. και ανακάλυψε ότι το 80% από τα σημαντικότερα ιστορικά γεγονότα στη Γη που αφορούν μεγάλο αριθμό ανθρώπων, συνέβησαν κατά την περίοδο της μέγιστης δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων. Για παράδειγμα, ο Αμερικανικός Εμφύλιος Πόλεμος, που συνέβη περίπου το 1858-1861, όπως και ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος το 1916-1918, αποτελούν χρονολογίες γύρω από τις οποίες η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων ήταν στο μέγιστο της (εικόνα 5.1). Ωστόσο, σε περιόδους ελάχιστης δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων, ο Chizhevsky κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι άνθρωποι δεν φάνηκαν να ενδιαφέρονται για το αν είναι αδρανείς, αντιθέτως, ήταν πρόθυμοι να αφήσουν τις καταστάσεις ως έχουν.

Εικόνα 5.1 Οι κύκλοι των ηλιακών κηλίδων και η έναρξη των μεγάλων συγκρούσεων



Πηγή: Van den Berghe, 2012

Στη δεκαετία του 1930, ο καθηγητής Raymond Wheeler (1943), ιστορικός στο Πανεπιστήμιο του Κάνσας, προχώρησε την παρατήρηση του Chizhevsky ένα βήμα παραπέρα. Μελέτησε ιστορικά αρχεία 20 αιώνων και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ένας πολύ σημαντικός εκατονταετής κύκλος κλιματικών αλλαγών που επηρεάζει τις ανθρώπινες υποθέσεις. Ο

κύκλος αυτός εμφανίζει τέσσερις διακριτές φάσεις που είναι οι εξής: ψυχρή-ξηρή, ψυχρή-υγρή, θερμή-ξηρή και θερμή-υγρή. Υποστήριξε ότι επειδή οι άνθρωποι επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες, οι κύκλοι του καιρού παράγουν παρόμοια πρότυπα συμπεριφοράς και κατά συνέπεια, γεγονότα στην ιστορία κατά τη διάρκεια των ίδιων φάσεων του κύκλου. Στην περίοδο του ψυχρού κλίματος, η ανθρώπινη σκέψη και δράση είναι ατομιστική, με αποτέλεσμα οι άνθρωποι να γίνονται επιθετικοί και ανεξάρτητοι και να προωθούν την επανάσταση, τους εμφύλιους πολέμους και την αναρχία, ενώ κατά τη θερμή περίοδο δίνεται έμφαση στον ολισμό, στη σχέση του ατόμου με το σύνολο και την κοινωνία, τονίζοντας τον εθνικισμό και οδηγώντας έτσι σε σημαντικούς πολέμους μεταξύ των εθνών. Ωστόσο, δεν ήταν σε θέση να κάνει μια σαφή σύνδεση με τους κύκλους των ηλιακών κηλίδων, επειδή τα δεδομένα εκείνη την εποχή ήταν ανεπαρκή. Τα στοιχεία αυτά αναλύθηκαν στατιστικά από τον Edward Dewey, ο οποίος επικύρωσε την ύπαρξη αυτών των κύκλων πολέμου. Μετά από προσεκτική εξέταση αυτών των στοιχείων, προέκυψε ένα υπόδειγμα σύμφωνα με το οποίο οι πόλεμοι είναι πιο πιθανό να ξεκινήσουν σε καιρία σημεία του κύκλου των ηλιακών κηλίδων και συγκεκριμένα, όταν οι ηλιακές κηλίδες μειώνονται με ραγδαίους ρυθμούς (Dewey & Mandino, 1971).

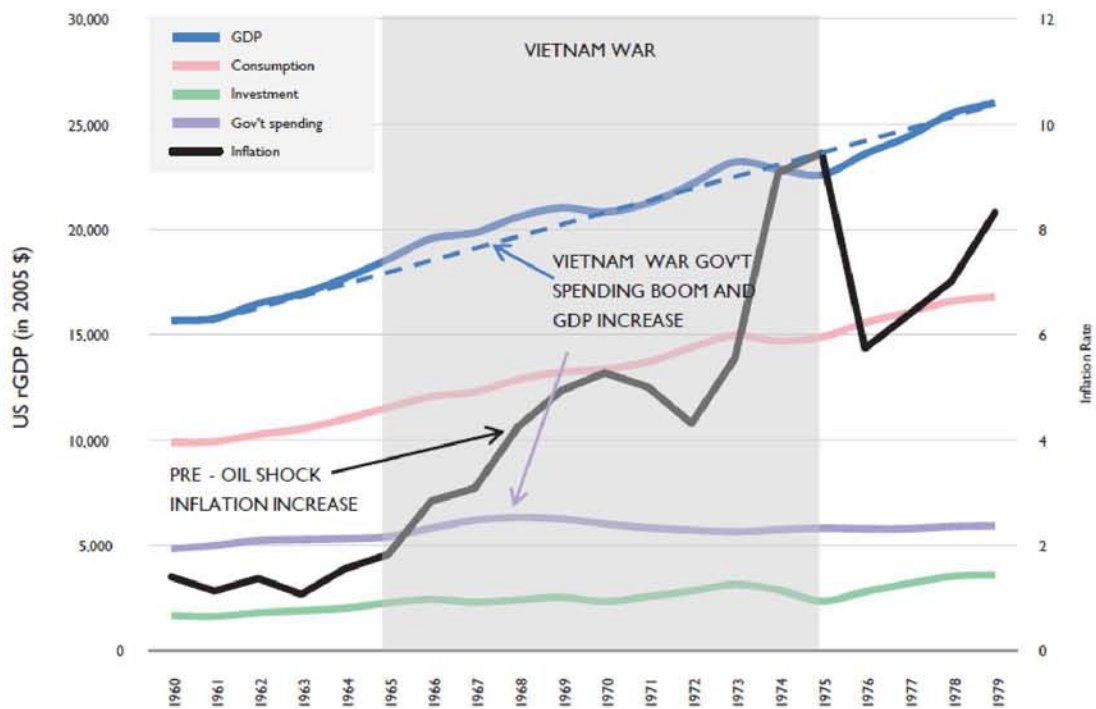
5.1.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία

Οι πόλεμοι επηρεάζουν την οικονομική ιστορία βαθιά στο χώρο και στο χρόνο καθώς αποτελούν σοβαρό σοκ για τις οικονομίες των χωρών που συμμετέχουν. Οι πόλεμοι κοστίζουν ακριβά σε χρήμα και άλλους πόρους, είναι καταστροφικοί για τα κεφάλαια και το ανθρώπινο δυναμικό, είναι αποδιοργανωτικοί για το εμπόριο, τη διαθεσιμότητα των πόρων και τη διαχείριση της εργασίας και επηρεάζουν τις τεχνολογικές εξελίξεις. Επιπλέον, οι επαναλαμβανόμενοι πόλεμοι αποστραγγίζουν τον πλούτο, διαταράσσουν τις αγορές, και προκαλούν ύφεση της οικονομικής ανάπτυξης. Παρά κάποιες θετικές πτυχές της βραχυπρόθεσμης τόνωσης και της μακροπρόθεσμης ανοικοδόμησης, οι πόλεμοι παρεμποδίζουν γενικά την οικονομική ανάπτυξη και υπονομεύουν την ευημερία.

Οι Βιομηχανικοί πόλεμοι και ιδιαίτερα οι δύο Παγκόσμιοι Πόλεμοι του 20^{ου} αιώνα, δημιούργησαν πληθωριστικές πιέσεις στις μεγάλες οικονομίες. Ολοένα και περισσότερο, οι κυβερνήσεις κινητοποιούν ολόκληρες κοινωνίες για τον πόλεμο, επιστρατεύοντας την εργασία, ανεβάζοντας τις τιμές στις αγορές των φυσικών πόρων και των βιομηχανικών αγαθών και κάνοντας εκτροπή των κεφαλαίων και της τεχνολογίας από ιδιωτικές σε στρατιωτικές εφαρμογές. Ο Πρώτος Παγκόσμιος Πόλεμος προκάλεσε ολέθριο πληθωρισμό,

καθώς οι οικονομίες εγκατέλειψαν τον κανόνα του χρυσού, για να περάσουν σε ελεύθερη έκδοση νομίσματος. Ο πληθωρισμός συνόδευσε επίσης τον Αμερικάνικο Εμφύλιο Πόλεμο, το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, τον πόλεμο του Βιετνάμ και πολλούς άλλους (εικόνα 5.2) (Goldstein, 2004).

Εικόνα 5.2 Ο πληθωρισμός στις Η.Π.Α την περίοδο 1960-1979 (μαύρη καμπύλη)



Πηγή: Goldstein, 2004

Εκτός από την αποστράγγιση των χρημάτων και των πόρων των οικονομιών των συμμετεχόντων, οι περισσότεροι πόλεμοι δημιουργούν ζώνες έντονης καταστροφής των κεφαλαίων, όπως αγροκτήματα, εργοστάσια καθώς και ολόκληρες πόλεις. Αυτά τα αποτελέσματα πιέζουν σοβαρά την οικονομική παραγωγή. Μια εκτίμηση θέτει το συνολικό κόστος του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου στα 400 δισεκατομμύρια δολάρια, πέντε φορές δηλαδή την αξία της Γαλλίας και του Βελγίου κατά το χρόνο εκείνο.

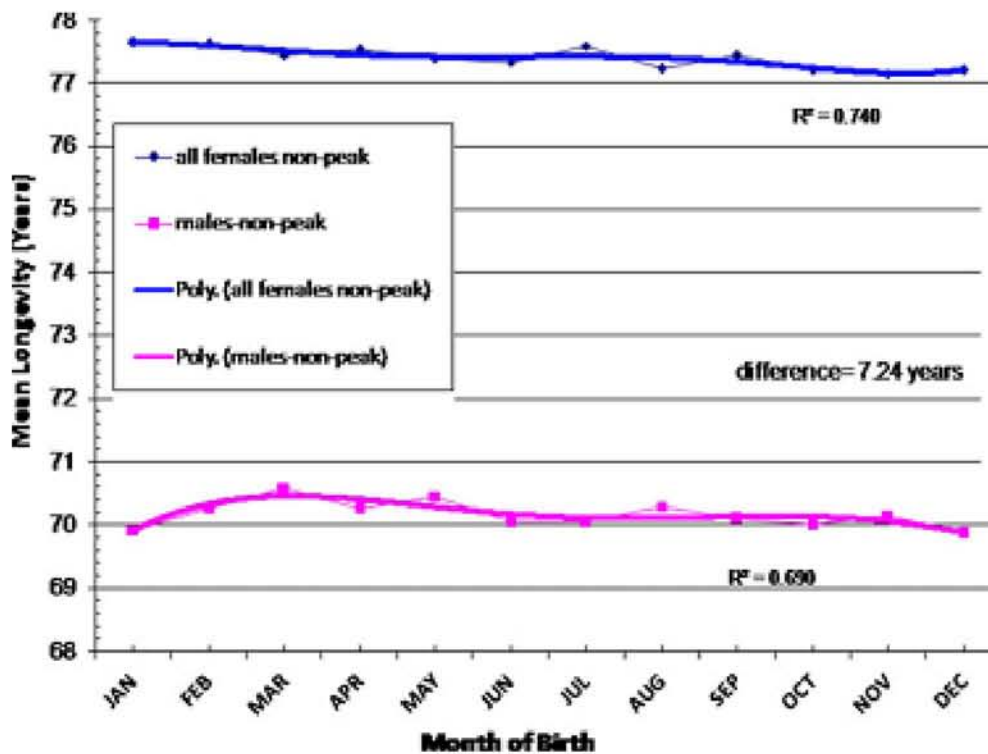
Παρόλα αυτά, οι πόλεμοι έχουν και οικονομικά οφέλη. Σε ορισμένες ιστορικές εποχές και τόπους, οι πόλεμοι μπορούν να τονώσουν την εθνική οικονομία σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα. Κατά τη διάρκεια περιόδων οικονομικής ύφεσης, όπως η Μεγάλη Ύφεση της δεκαετίας του

1930, οι στρατιωτικές δαπάνες και η κινητοποίηση του πολέμου προκάλεσαν αύξηση της χρησιμοποίησης της παραγωγικής ικανότητας, μείωση της ανεργίας μέσω της υποχρεωτικής στράτευσης, και γενικότερα παρότρυναν τους πολίτες να εργαστούν σκληρότερα με μικρότερη αποζημίωση. Επίσης, οι πόλεμοι, μερικές φορές, απομακρύνουν παρωχημένες υποδομές και επιτρέπουν στο σύνολο της οικονομίας να ανοικοδομηθεί, δημιουργώντας μακροπρόθεσμα οφέλη (αν και σε βραχυπρόθεσμο κόστος). Οι Στρατιωτικές Δαπάνες μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή οικονομικής ζήτησης σε περιόδους χαμηλής εμπιστοσύνης και ύφεσης. Μπορούν να οδηγήσουν σε ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, στη δημιουργία νέων βιομηχανιών και νέων πηγών της ζήτησης και της απασχόλησης.

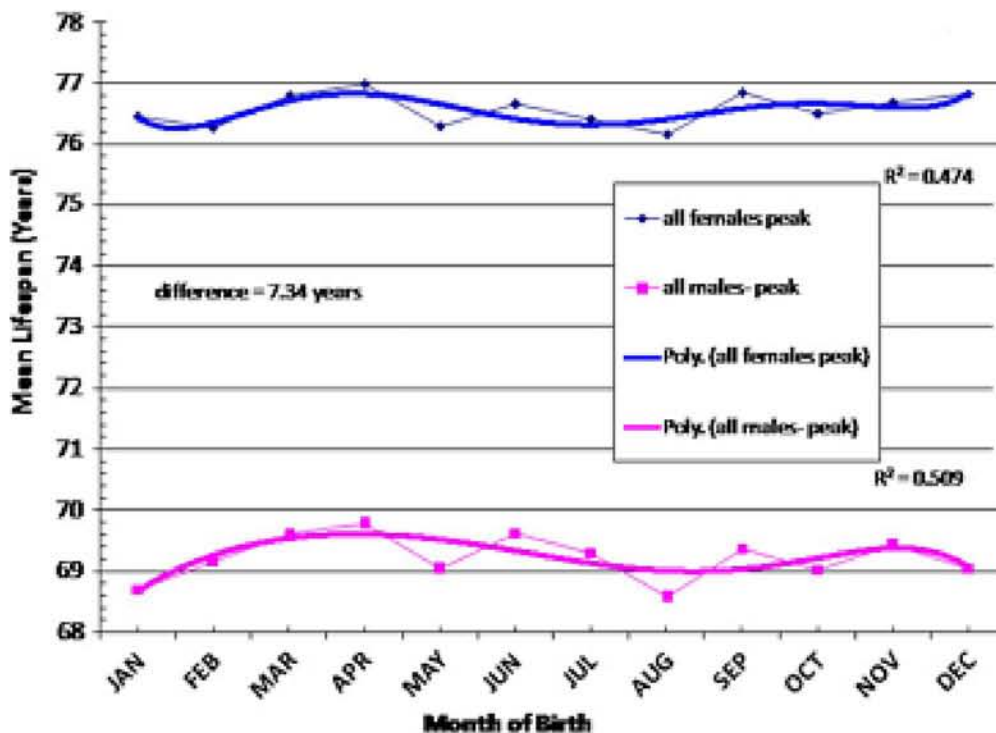
5.2 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στην ανθρώπινη σωματική και ψυχική υγεία

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οι ερευνητές έχουν βρει σημαντικά στοιχεία που συσχετίζουν την ηλιακή δραστηριότητα με μια ποικιλία καταστάσεων της ανθρώπινης υγείας. Πολλές από τις μελέτες αυτές ασχολούνται με την περιγραφή των επιπτώσεων της υπερϊώδους ακτινοβολίας (UVR) στο ανθρώπινο γονιδίωμα (το σύνολο του γενετικού υλικού που βρίσκεται σε ένα κύτταρο ή άτομο) κατά τη διάρκεια των κορυφών των ηλιακών κύκλων. Όπως έχουμε προαναφέρει, οι ηλιακές κηλίδες είναι σχετικά «δροσερές» περιοχές στην επιφάνεια του Ήλιου, αλλά επειδή περιβάλλονται από πολύ θερμότερες περιοχές, τους πυρσούς, η καθαρή επίδραση των ηλιακών κηλίδων είναι η αύξηση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας (Total Solar Irradiance-TSI). Κατά τη διάρκεια των κορυφών των ηλιακών κύκλων, οι ηλιακές κηλίδες αυξάνουν σε αριθμό και σε μέγεθος, με αποτέλεσμα η υπερϊώδης ακτινοβολία να είναι εντονότερη αυτή την περίοδο. Ως συμπέρασμα των παραπάνω μελετών είναι ότι οι κορυφές των ηλιακών κύκλων στην αρχή της κύησης, μπορούν να μειώσουν τη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής περίπου 1,5 χρόνια, με τους άνδρες να είναι πιο ευαίσθητοι από τις γυναίκες σε αυτό το φαινόμενο (εικόνες 5.3 και 5.4), ενώ παράλληλα μπορεί να ευθύνονται για μια αυξημένη συχνότητα εμφάνισης ψυχικών και νευροαναπτυξιακών διαταραχών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υπερϊώδης ακτινοβολία καταστέλλει το μητρικό ανοσοποιητικό σύστημα που με τη σειρά του επηρεάζει πιθανώς το γονιδίωμα του εμβρύου (Lowell & Davis Jr, 2008).

Εικόνα 5.3 Διάρκεια ζωής ανδρών (μωβ) και γυναικών (μπλε) με μήνα γέννησης σε περίοδο μη-κορυφών των ηλιακών κύκλων.



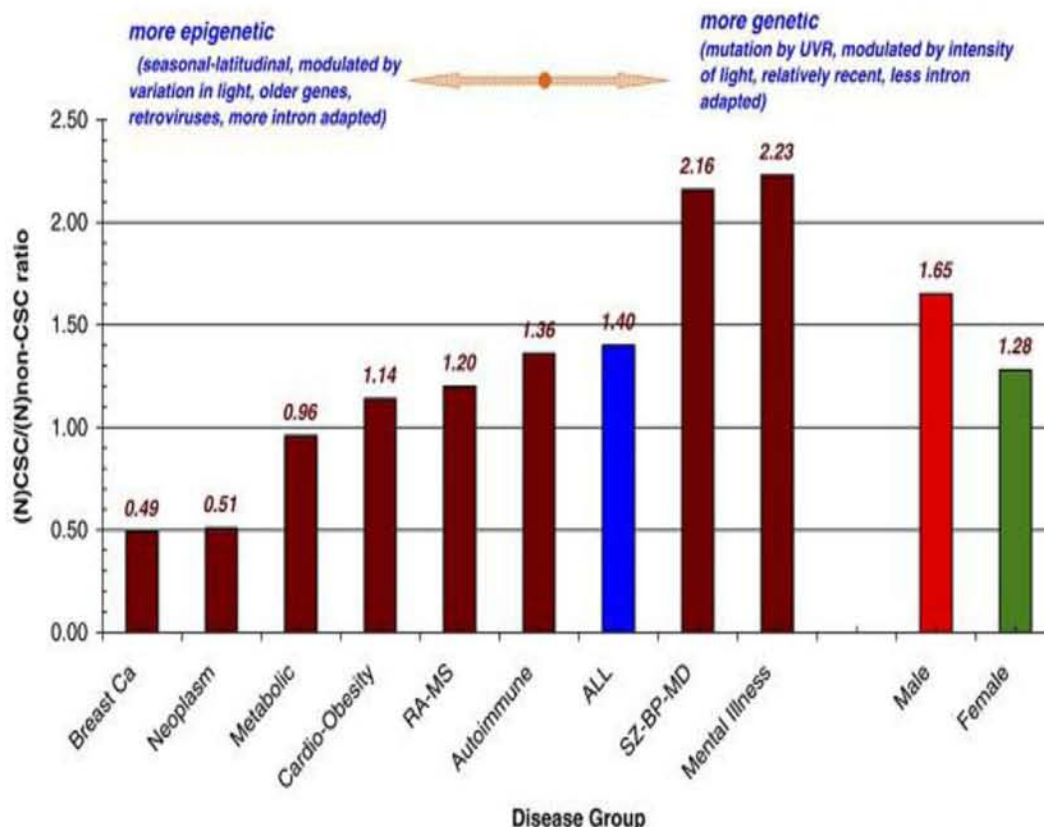
Εικόνα 5.4 Διάρκεια ζωής ανδρών (μωβ) και γυναικών (μπλε) με μήνα γέννησης σε περίοδο κορυφών των ηλιακών κύκλων.



Πηγή: Lowell & Davis Jr, 2008

Μια άλλη παρόμοια έρευνα παρουσιάζει στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η υπερϊώδης ακτινοβολία (UVR) που παράγεται κατά τη διάρκεια του ενδεκαετούς ηλιακού κύκλου επηρεάζει τους ιστούς του εμβρύου μέσω μετάλλαξης του DNA και προδιαθέτει τον ανθρώπινο οργανισμό σε διάφορες ασθένειες στη μετέπειτα πορεία της ζωής του. Επίσης, δίνει αρκετά παραδείγματα νόσων οι οποίες παρουσιάζουν ένδειξη επιρροής από την ένταση της υπερϊώδους ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα εμφανίζουν μια εποχικότητα στις γεννήσεις και, κατά συνέπεια, στη σύλληψη, όπως για παράδειγμα νεοπλασματικές ασθένειες, καρκίνος του στήθους, κ.α. (εικόνα 5.5) (Davis Jr & Lowell, 2006).

Εικόνα 5.5 Οι ασθένειες με τα υψηλότερα ποσοστά εμφανίζουν μικρότερη εποχικότητα στη γέννηση (και, κατά συνέπεια, στη σύλληψη), ενώ τα άτομα με χαμηλότερους δείκτες αποκαλύπτουν μεγαλύτερη εποχικότητα.



Πηγή: Davis Jr & Lowell, 2006

Υπάρχουν και άλλα επιστημονικά στοιχεία για να αποδειχθεί ένα ίχνος σύνδεσης μεταξύ της δραστηριότητας του Ήλιου και της ανθρώπινης βιολογίας, αλλά και τις επιπτώσεις της

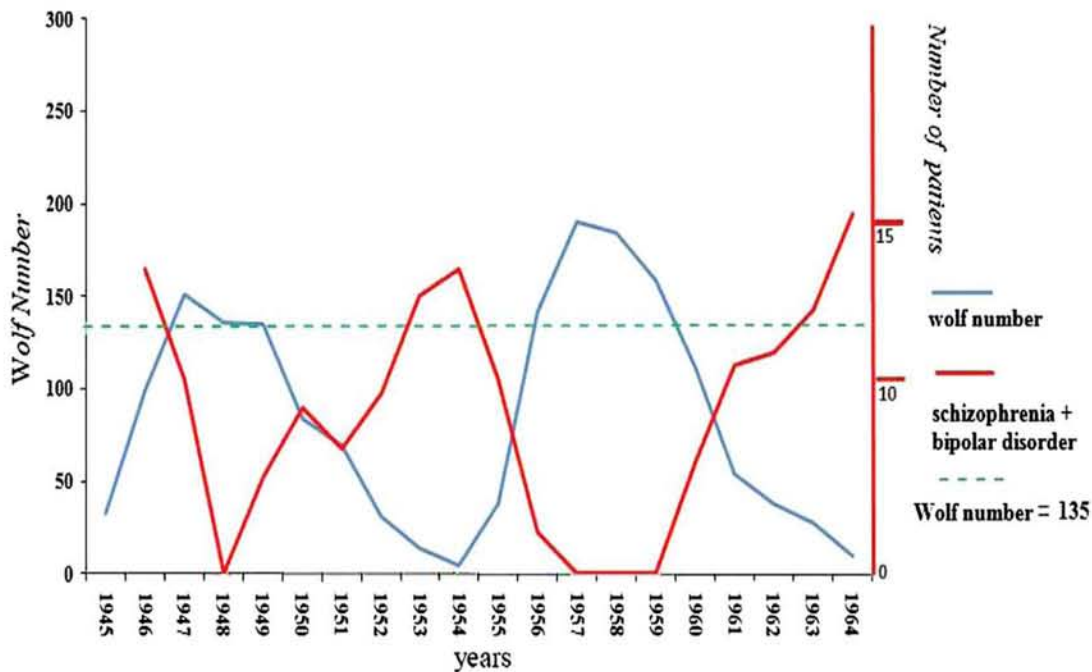
πρώτης στην υγεία. Ένα βασικό στοιχείο είναι ο ρόλος του σήματος Schumann Resonance. Το σήμα Schumann Resonance είναι ένα παγκόσμιας ακτινοβολίας ηλεκτρομαγνητικό σήμα που προέρχεται από τους κεραυνούς που παράγονται κυρίως από τροπικές καταιγίδες. Η ένταση του σήματος Schumann Resonance διαμορφώνεται και σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ηλιακή δραστηριότητα. Η ενισχυμένη ή αποδυναμωμένη ηλιακή δραστηριότητα κινεί το επίπεδο του σήματος SR έξω από το κανονικό εύρος και, μέσω του μηχανισμού της μελατονίνης (είναι ορμόνη που παράγεται από τον εγκέφαλο και εμπλέκεται στον εικοσιτετράωρο ρυθμό του ανθρώπινου οργανισμού και στη ρύθμιση διαφόρων σωματικών λειτουργιών, καθώς η σύνθεση και η έκκριση της στον εγκέφαλο ενεργοποιούνται από το σκοτάδι και απενεργοποιούνται από το φως), προκαλεί προβλήματα υγείας και αυξημένα ποσοστά θανάτου σε μεγάλους ανθρώπινους πληθυσμούς. Ένα ευρύ φάσμα θανάτων που σχετίζονται με την μείωση της μελατονίνης, βρίσκεται να συσχετίζεται σημαντικά με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων, όπως για παράδειγμα θάνατος από καρκίνο, αλλά και καρδιακοί και νευρολογικοί θάνατοι.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση στοιχείων από την Ταϊλάνδη βρέθηκε ένας συσχετισμός μεταξύ του αριθμού των ηλιακών κηλίδων και της θνησιμότητας, συμπεριλαμβανομένων αυτοκτονιών, εγκεφαλικών επεισοδίων, αιφνίδιων θανάτων και θανάτων από ατύχημα, καρκίνο, λευχαιμία και υπέρταση (Cherry, 2003).

Επιπλέον, υπάρχουν αρκετές μελέτες ερευνητών, οι οποίοι προσπαθούν να δείξουν την ύπαρξη μιας πιθανής σχέσης ανάμεσα στον αριθμό των ηλιακών κηλίδων και τις «μεγάλες» ψυχικές ασθένειες, όπως είναι η σχιζοφρένεια, η διπολική διαταραχή και η κατάθλιψη. Μια επιδημιολογική αξιολόγηση που διεξήχθη στην Ψυχιατρική κλινική του Πανεπιστημίου της Φότζια (Ιταλία), μελετώντας τα στοιχεία μιας περιόδου 50 ετών, μεταξύ 1926 και 1975, έδειξε μια ισχυρή αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ του ετήσιου αριθμού ηλιακών κηλίδων (Wolf number) και των ποσοστών σχιζοφρένειας και διπολικής διαταραχής (εικόνα 5.6) (Ventriglio *et al.*, 2011).

Μια παρόμοια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε κλινική της Χιλής, όπου εξετάστηκαν 1.212 κλινικά αρχεία που αφορούν ασθενείς με κατάθλιψη ή μανία την περίοδο 1990-2000 (η οποία αντιστοιχεί σε πλήρη ηλιακό κύκλο 11 ετών), έδειξε πως οι καταθλιπτικές διαταραχές έχουν μια αντίστροφη σχέση με την ηλιακή δραστηριότητα, ενώ οι μανιακές διαταραχές έχουν μια θετική συσχέτιση (Ivanovic-Zuvic *et al.*, 2004).

Εικόνα 5.6 Ετήσιο γράφημα της ηλιακής δραστηριότητας και των ποσοστών της σχιζοφρένειας και της διπολικής διαταραχής μεταξύ 1945 και 1964.



Πηγή: Ventriglio *et al.*, 2011

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει μια πιθανή σύνδεση μεταξύ του μέγιστου της δραστηριότητας των ηλιακών κηλίδων και της έξαρσης διαφόρων επιδημιών. Βάσει της μελέτης των δεδομένων διάφορων τύπων επιδημιών γρίπης, το χρονικό διάστημα 1755-2013, προέκυψε ότι οι διάφορες πανδημίες γρίπης που πολλαπλασιάστηκαν και θανάτωσαν ένα μεγάλο αριθμό ατόμων σε όλο τον κόσμο, εμφανίστηκαν στην κορυφή, ή αμέσως πριν ή μετά την κορυφή των περιόδων έντονης ηλιακής δραστηριότητας. Αυτό, ίσως είναι αποτέλεσμα της συσχέτισης του μέγιστου των ηλιακών κηλίδων και των έντονων βροχοπτώσεων, καθώς οι τελευταίες συχνά οδηγούν σε πλημμύρες περιοχών και, επομένως, σε εστίες μικροβίων και ιών (Karim & Abbas, 2014).

Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και για άλλες πανδημίες, όπως χολέρα, πανώλη και τύφο. (Ohtomo *et al.*, 2010)

5.2.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία

Η κατάσταση της σωματικής και ψυχικής υγείας του πληθυσμού, έχει σημαντικές συνέπειες στην οικονομία, τόσο σε μικροοικονομικό όσο και σε μακροοικονομικό επίπεδο. Σε

μικροοικονομικό επίπεδο, το ενδιαφέρον εστιάζεται στις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η κακή υγεία στις δυνατότητες κατανάλωσης των νοικοκυριών. Μια ασθένεια μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των δαπανών των νοικοκυριών για τις υπηρεσίες υγείας και αγαθών, καθώς επίσης και να μειώσει το χρόνο που δαπανούν στην παραγωγή εισοδήματος, που τους επιτρέπει να καταναλώνουν αγαθά της αγοράς. Ως αποτέλεσμα σε αυτή την αλλαγή στο εισόδημα ή/και στις δαπάνες, τα νοικοκυριά μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση των «εκτός υγείας» αγαθών ή και να οδηγηθούν σε ρευστοποίηση των αποταμιεύσεων ή των περιουσιακών τους στοιχείων. Οι μακροοικονομικές επιπτώσεις της ασθένειας αφορούν τις δαπάνες για ιατροφαρμακευτική και νοσοκομειακή περίθαλψη, τις δαπάνες για αγαθά και υπηρεσίες υγείας, το «έμμεσο» κόστος της χαμένης παραγωγής εξαιτίας της μείωσης του χρόνου εργασίας ή της χαμηλής παραγωγικότητας, τη μείωση των επενδύσεων στη δημιουργία ανθρώπινου και φυσικού κεφαλαίου, καθώς και τον αντίκτυπο αυτών στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας-World Health Organization, 2009).

Μια μελέτη σχετική με την εποχική γρίπη και τις επιπτώσεις της στις ΗΠΑ το 2003, αναφέρει ότι η επιδημία γρίπης συνεπάγεται ετησίως την απώλεια 610.660 ετών ζωής περίπου, 3,1 εκατομμύρια μέρες νοσηλείας και 31,4 εκατομμύρια ιατρικές επισκέψεις. Το άμεσο ιατρικό κόστος εκτιμάται σε 10,4 δις δολάρια ετησίως και το έμμεσο κόστος από την απώλεια παραγωγικότητας, εξαιτίας της ασθένειας και του θανάτου, στα 16,3 δις δολάρια ΗΠΑ ετησίως. Το συνολικό οικονομικό κόστος σε τιμές και πληθυσμό του 2007 εκτιμάται στα 87,1 δις δολάρια. Ερευνητές του Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (Center for Disease Control and Prevention - CDC) στις ΗΠΑ, εκτιμούν ότι σε περίπτωση πανδημίας γρίπης το βραχυπρόθεσμο κόστος στην οικονομία μπορεί να προσεγγίσει το 1,5% του ΑΕΠ (Molinari *et al.*, 2007).

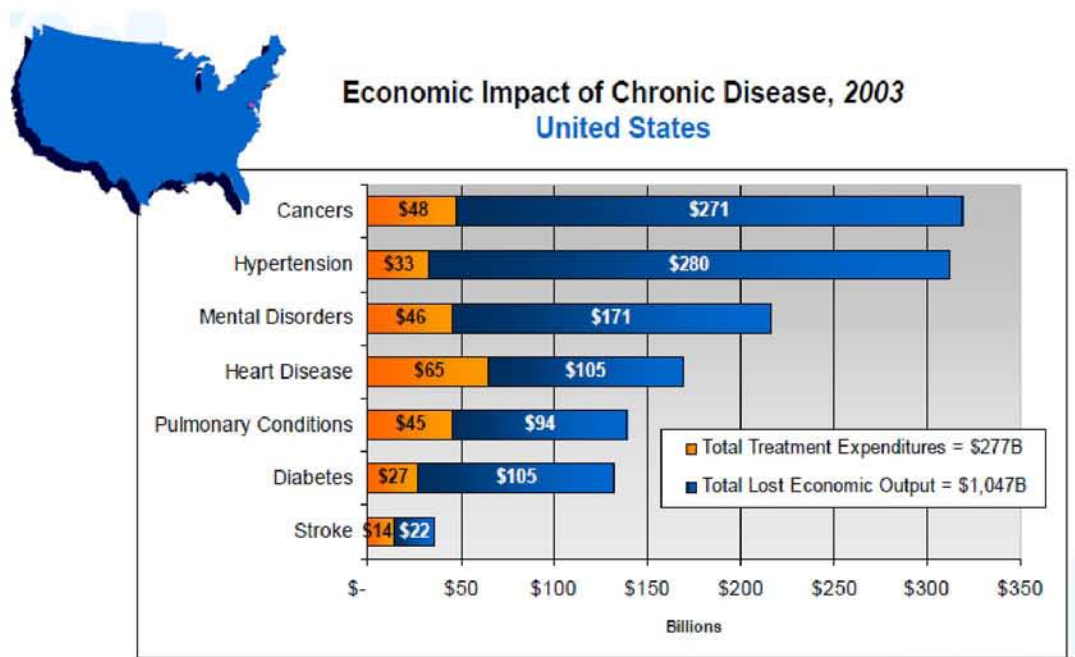
Ακολουθώντας σχετικά την ίδια μακροοικονομική θεώρηση των επιπτώσεων πιθανής πανδημίας στη Μεγάλη Βρετανία, οι McKibbin and Sidorenko (2006) βασισμένοι στις προγενέστερες πανδημίες και χαρακτηρίζοντας ως σοβαρή την πανδημία του 1918, μέτρια του 1957 και ελαφρά των 1968-1969, υπολόγισαν ότι το ΑΕΠ μπορεί να μειωθεί περίπου 5,83%, 2,38% και 0,72% αντίστοιχα ετησίως, ανάλογα με τη σοβαρότητα της γρίπης. Άλλες μελέτες, στην ίδια χώρα, εκτιμούν τη διακύμανση της μείωσης του ΑΕΠ από 4% μέχρι 7% ετησίως και ότι θα συνεχιστεί η οικονομική ύφεση κατά μία ή δύο ποσοστιαίες μονάδες, τα επόμενα έτη, μετά την πανδημία.

Όσο αφορά τις χρόνιες νόσους, οι οικονομικές επιπτώσεις στην οικογένεια και την κοινωνία των ασθενών είναι μεγάλες. Μια μελέτη που αφορά τις Η.Π.Α, σκοπός της οποίας ήταν να ποσοτικοποιήσει τις οικονομικές και επιχειρηματικές δαπάνες των χρόνιων ασθενειών, τον πιθανό αντίκτυπο για τους εργοδότες, την κυβέρνηση και την οικονομία της χώρας, αναφέρει τις τρέχουσες και τις μελλοντικές δαπάνες για τη θεραπεία και την απώλεια παραγωγικότητας για επτά από τις πιο κοινές χρόνιες ασθένειες: καρκίνο (αναλυμένο σε πολλά είδη), διαβήτη, υπέρταση, εγκεφαλικό επεισόδιο, καρδιακές παθήσεις, πνευμονικές καταστάσεις και ψυχικές διαταραχές. Τα ευρήματα είναι τα εξής:

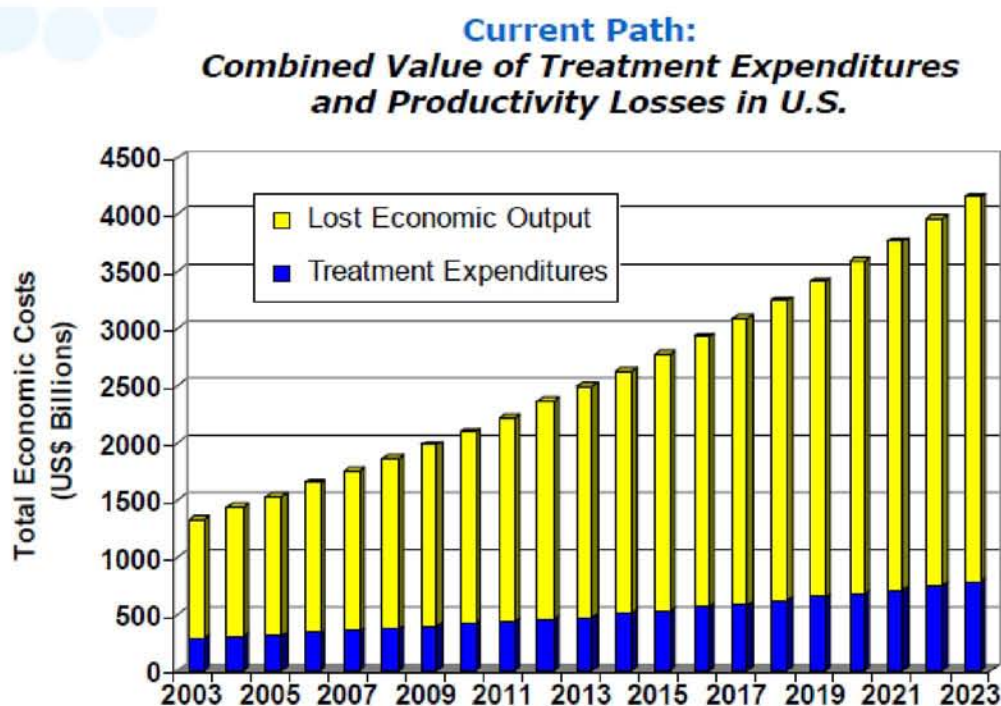
- Περισσότεροι από 109 εκατομμύρια Αμερικανοί αναφέρουν ότι έχουν τουλάχιστον μία από τις επτά ασθένειες, για ένα σύνολο 162 εκατομμυρίων περιπτώσεων.
- Η συνολική επίπτωση των ασθενειών αυτών στην οικονομία είναι 1.300 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.
- Από το ποσό αυτό, το σύνολο της χαμένης παραγωγικότητας είναι 1.100 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, ενώ παράλληλα 277 δισεκατομμύρια δολάρια δαπανώνται ετησίως για τη θεραπεία (εικόνα 5.7).

Έως το 2023 προβλέπεται αύξηση των κρουσμάτων των επτά αυτών χρόνιων παθήσεων κατά 42% και άνοδος του κόστους της θεραπείας και της απώλειας οικονομικής δραστηριότητας στα 4,2 τρισεκατομμύρια δολάρια (εικόνα 5.8) (DeVol *et al.*, 2007).

Εικόνα 5.7 Οικονομικές επιπτώσεις των χρόνιων ασθενειών κατά το έτος 2003 στις Η.Π.Α.



Εικόνα 5.8 Οικονομικές επιπτώσεις χρόνιων ασθενειών από το 2003 έως το 2023 στις Η.Π.Α.



Πηγή: DeVol *et al.*, 2007

Μια παρόμοια μελέτη που αφορά τον πληθυσμό του Καναδά παρουσιάζει τις δαπάνες για οκτώ τύπους χρόνιων ασθενειών, όπως είναι ο καρκίνος, οι μυοσκελετικές παθήσεις, οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο διαβήτης, οι νευροψυχιατρικές και οι αναπνευστικές ασθένειες. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

- Ο καρκίνος αντιστοιχεί σε κόστος περίπου 17,9 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων τα 4,4 δισεκατομμύρια είναι το σύνολο του άμεσου κόστους (νοσηλεία, φάρμακα, κ.τ.λ.) και 13,5 δισεκατομμύρια το συνολικό έμμεσο κόστος (χαμένη παραγωγικότητα λόγω αναπηρίας, κ.τ.λ.) για το 2002 στον Καναδά.
- Το κόστος για τις μυοσκελετικές νόσους κατά το έτος 1998 μεταφράζεται σε 20,6 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων το άμεσο κόστος ήταν 4,9 δις και το έμμεσο κόστος 15,7 δις δολάρια.
- Οι ιατρικές δαπάνες περίθαλψης για τα άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις (στεφανιαία νόσος, έμφραγμα του μυοκαρδίου και εγκεφαλικό επεισόδιο) ευθύνονται για περίπου 20,6 δισεκατομμύρια δολάρια σε εθνικό επίπεδο το 1998.

Οι άμεσες δαπάνες ιατρικής περίθαλψης αντιπροσωπεύουν περίπου 7,6 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως στον Καναδά, ενώ το έμμεσο κόστος των χρόνιων ασθενειών που οφείλεται στην απώλεια παραγωγικότητας και την πρόωρη θνησιμότητα είναι ιδιαίτερα υψηλό, αντιπροσωπεύοντας πάνω από 13 δις δολάρια το 1998.

- Το συνολικό κόστος για το διαβήτη κατά το έτος 1999 εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 9,9 δις δολάρια.

Μια μελέτη του 2003 έδειξε ότι η οικονομική επιβάρυνση λόγω ψυχικών νοσημάτων αυξάνεται στον Καναδά. Το έτος αυτό ήταν περίπου 34 δις δολάρια, σε σύγκριση με τα 12,3 δις δολάρια το 1998. Η κατάθλιψη και η σχιζοφρένεια αντιπροσώπευαν περίπου 5 δις και 2,7 δις δολάρια αντίστοιχα κάθε χρόνο.

Οι ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος κόστισαν στην Καναδική οικονομία συνολικά 9,53 δις δολάρια, εκ των οποίων τα 3,86 δις αποτελούν το άμεσο κόστος και τα υπόλοιπα 5,67 δις το έμμεσο κόστος για το έτος 1998 (Patra *et al.*, 2007).

Τέλος, η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization) παρουσίασε εκτιμήσεις των οικονομικών επιπτώσεων τριών χρόνιων ασθενειών (καρδιακή νόσο, εγκεφαλικό επεισόδιο και διαβήτη) για έναν αριθμό χωρών κατά το έτος 2005. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η εκτιμώμενη απώλεια εθνικού εισοδήματος από καρδιακή νόσο, εγκεφαλικό επεισόδιο και διαβήτη είναι 18 δισεκατομμύρια δολάρια στην Κίνα, 11 δισεκατομμύρια δολάρια στη Ρωσική Ομοσπονδία, 9 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ινδία, και 2,7 δισεκατομμύρια δολάρια στη Βραζιλία. Ομοίως, οι απώλειες για το Ηνωμένο Βασίλειο, το Πακιστάν, τον Καναδά, τη Νιγηρία και την Ενωμένη Δημοκρατία της Τανζανίας είναι 1,6 δις, 1,2 δις, 530 εκατομμύρια, 400 εκατομμύρια και 100 εκατομμύρια δολάρια αντίστοιχα (Abegunde & Stanciole, 2006).

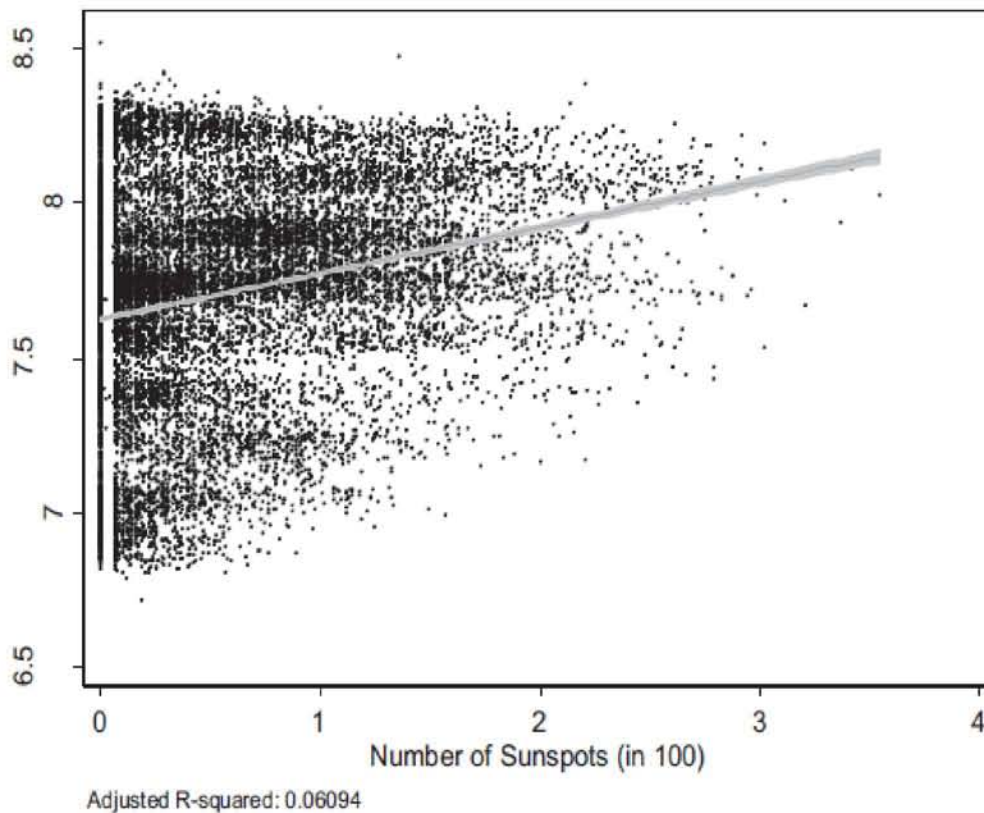
5.3 Επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στη συχνότητα των γεννήσεων

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στο ρόλο των γεωμαγνητικών διαταραχών και της υπερϊώδους ακτινοβολίας που προκαλούνται από την ηλιακή δραστηριότητα, στις εκβάσεις της ανθρώπινης σωματικής και ψυχικής υγείας. Διάφορες μελέτες δείχνουν ότι η ηλιακή δραστηριότητα συσχετίζεται με την ανθρώπινη αντίληψη, την ανθρώπινη διάρκεια ζωής και άλλους παράγοντες της ανθρώπινης υγείας. Τι συμβαίνει, όμως, με τον αριθμό των γεννήσεων των ανθρώπων; Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να εξετάσουν την επίδραση των

ηλιακών κύκλων σχετικά με την συχνότητα των γεννήσεων και κατά πόσο υπάρχει μια σταθερή και συστηματική εμπειρική σχέση μεταξύ των δύο.

Σε μια προσπάθεια να εξεταστεί η επίδραση του ηλιακού κύκλου στην ημερήσια συχνότητα των γεννήσεων στη Γερμανία, ερευνητές χρησιμοποίησαν μια μεγάλη πηγή δεδομένων που καλύπτουν τα έτη 1920-1990 (Bauer *et al.*, 2013). Η σχέση μεταξύ του ημερήσιου αριθμού γεννήσεων και του ημερήσιου αριθμού των ηλιακών κηλίδων που προκύπτει από την παλινδρόμηση, δείχνει ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών (εικόνα 5.9). Φαίνεται, δηλαδή, πως ο ηλιακός κύκλος έχει μια σημαντικά θετική, αν και μικρή, επίδραση στον αριθμό των γεννήσεων. Πιο συγκεκριμένα, η εμφάνιση 60 επιπλέον ηλιακών κηλίδων αυξάνει τον αριθμό των γεννήσεων περίπου κατά 0,002% (σχεδόν 5 γεννήσεις ημερησίως). Το πιο σημαντικό, βέβαια, είναι ότι αυτή η επίδραση φαίνεται να μειώνονται με την πάροδο του χρόνου. Ενώ μια αύξηση του αριθμού των ηλιακών κηλίδων αύξησε τον ημερήσιο αριθμό των γεννήσεων κατά μέσο όρο περισσότερο από 0,004% πριν από το 1950, η επίδραση μειώθηκε σε λιγότερο από 0,0005% μετά το 1950, χωρίς καν να είναι σημαντικά διαφορετικός από το μηδέν σε μεταγενέστερη περίοδο. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια φυσική επίδραση του ήλιου στη συχνότητα των γεννήσεων, αλλά η επίδραση αυτή έχει σχεδόν εξαφανιστεί, καθώς η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα της ιατρικής έχει δώσει στις γυναίκες και στους γιατρούς τους μεγαλύτερες δυνατότητες για τον έλεγχο της περιόδου των γεννήσεων.

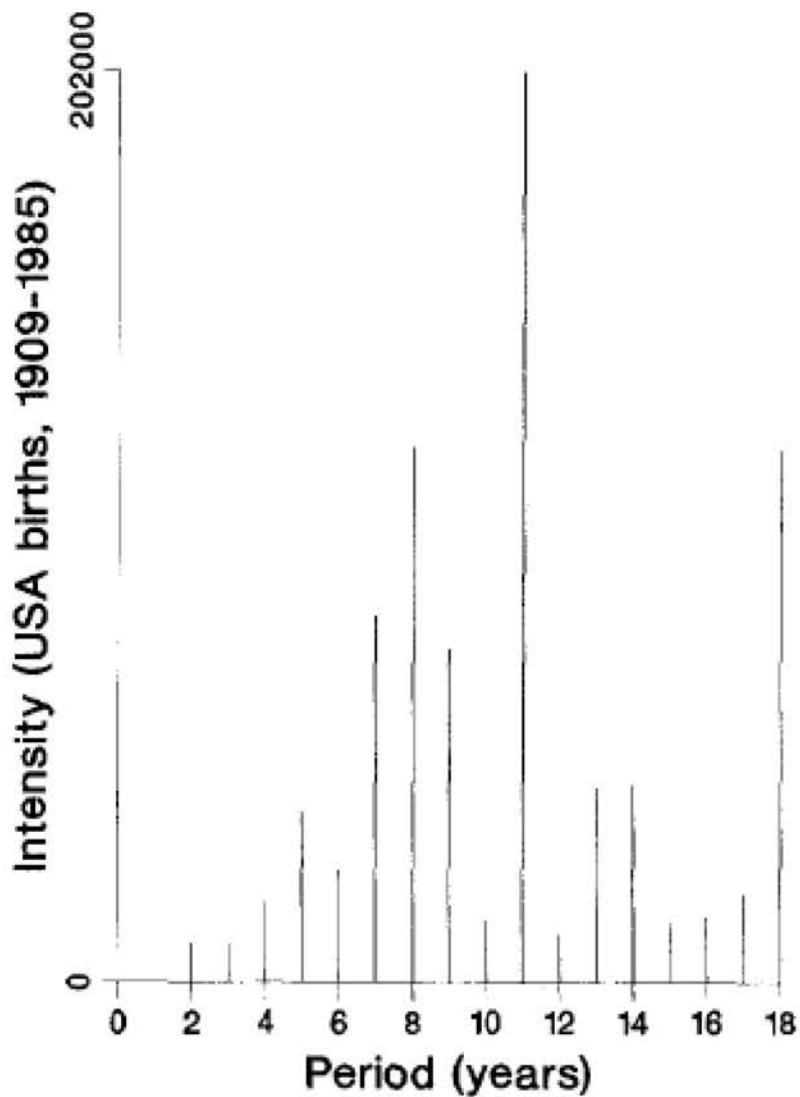
Εικόνα 5.9 Η προβλεπόμενη σχέση (και ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%) μεταξύ του ημερήσιου αριθμού γεννήσεων και του ημερήσιου αριθμού των κηλίδων που προκύπτει από μια διμετάβλητη παλινδρόμηση και το διάγραμμα διασποράς των δύο μεταβλητών.



Πηγή: Bauer et al.,2013

Σύμφωνα με τα ευρήματα μιας παρόμοιας μελέτης, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει ένας -κατά προσέγγιση- ενδεκαετής κύκλος στον αριθμό των γεννήσεων κατά τον 20^ο αιώνα (1909-1985) στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη Νέα Ζηλανδία, με τον αριθμό των γεννήσεων να αυξάνεται απότομα γύρω από το ηλιακό μέγιστο (εικόνα 5.10). Στατιστικές συγκρίσεις έδειξαν μια αξιόπιστη και άμεση σχέση μεταξύ των συλλήψεων και του ενδεκαετούς κύκλου των ηλιακών κηλίδων. Αυτά τα ευρήματα προκάλεσαν συζητήσεις για τον πιθανό μεσολαβητικό ρόλο των γεωμαγνητικών διαταραχών και άλλων παραγόντων που φαίνονται να μεσολαβούν στην ανθρώπινη σύλληψη (Randall, 1991).

Εικόνα 5.10 Τα αποτελέσματα της ανάλυσης περιοδογράμματος για τις γεννήσεις στις ΗΠΑ (77 ετήσιες τιμές).

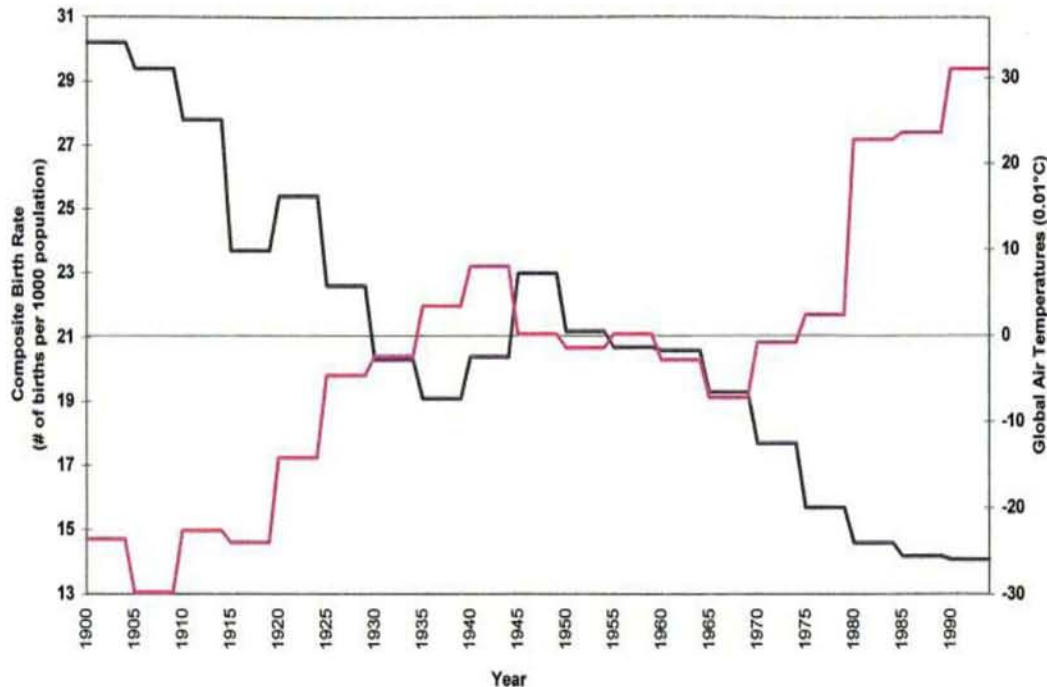


Πηγή: Randall, 1991

Η παραπάνω μελέτη ενισχύθηκε, καθώς αναλύθηκαν οι ετήσιες τιμές των ανθρώπινων γεννήσεων για οκτώ διαφορετικές περιοχές: Αυστραλία, Γερμανία, Αγγλία, Ουαλία, Νέα Ζηλανδία, Ιαπωνία, Ελβετία και ΗΠΑ. Πενήντα πέντε ετήσιες τιμές ελήφθησαν από κάθε περιοχή για τα έτη 1930-1984, στα οποία αντιστοιχούν περίπου πέντε κύκλοι ηλιακών κηλίδων. Παρομοίως, βρέθηκαν συσχετίσεις του αριθμού των συλλήψεων με τις ηλιακές κηλίδες και τις ηλιακές εκλάμψεις, με τις γεωμαγνητικές διαταραχές καθώς και με τη θερμοκρασία (Randall & Moos, 1993).

Τα παραπάνω συμπεράσματα έρχεται να επιβεβαιώσει μια ακόμη έρευνα (Fisch *et al.*, 2003), σύμφωνα με την οποία, ο κύκλος των ηλιακών κηλίδων καθώς και ο κύκλος των γεωμαγνητικών διαταραχών επηρεάζουν τα δημογραφικά στοιχεία μέσω της μεταβολής της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Και οι δύο αυτοί κύκλοι (κηλίδων και διαταραχών) συσχετίζονται με τη μακροχρόνια διακύμανση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Μεταβολές της θερμοκρασίας του πλανήτη έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν τη γονιμότητα και τα ποσοστά των γεννήσεων. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας συγκρίθηκαν τα ετήσια ποσοστά γεννήσεων από 19 χώρες (Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο, Αργεντινή και Η.Π.Α) με αυτά της παγκόσμιας θερμοκρασίας του αέρα την περίοδο 1900–1994 και βρέθηκε μια αντίστροφη σχέση μεταξύ των μεταβολών της θερμοκρασίας του πλανήτη και των ποσοστών των γεννήσεων σε όλες τις 19 χώρες (εικόνα 5.11).

Εικόνα 5.11 Η σχέση του ρυθμού γεννήσεων (μαύρη γραμμή) με τις παγκόσμιες θερμοκρασίες αέρα (κόκκινη γραμμή) (1900-1994).



Πηγή: Fisch *et al.*, 2003

5.3.1 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία

Τα ποσοστά γεννήσεων έχουν προκαλέσει από καιρό το ενδιαφέρον των οικονομολόγων, όμως, τα τελευταία χρόνια, η έμφαση της έρευνάς τους έχει δοθεί στις συνέπειες των ποσοστών αυτών στην οικονομική ανάπτυξη και ευημερία. Τα ποσοστά γεννήσεων, βέβαια, έχουν σημασία για την οικονομική ανάπτυξη κυρίως μέσω των συνεπειών τους στους ρυθμούς αύξησης (ή μείωσης) του πληθυσμού και όχι αυτά καθαυτά. Όσο αφορά το ερώτημα, πώς μια αύξηση (ή μείωση) του ποσοστού γεννήσεων επηρεάζει την οικονομία, οι απόψεις των ερευνητών δίστανται.

Αρκετοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν πως υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού γεννήσεων και της οικονομικής μεγέθυνσης. Ίσως ο πρώτος που έθιξε αυτό το ζήτημα ήταν ο Thomas Malthus, το 1798, όταν υποστήριξε ότι υπάρχει μια τάση στο ρυθμό αύξησης του πληθυσμού να ξεπερνά το ρυθμό αύξησης της παραγωγής, καθώς ο πληθυσμός αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο ενώ η παραγωγή αυξάνεται με αριθμητική πρόοδο (Barrus, 2004).

Ωστόσο, καθώς οι πληθυσμιακές αλλαγές είναι συνάρτηση τόσο των ποσοστών των γεννήσεων όσο και των ποσοστών θνησιμότητας, δεν μπορούμε να δούμε την «καθαρή» σχέση μεταξύ του ποσοστού των γεννήσεων και της οικονομίας.

Το 1958 οι Coale και Hoover έχουν επίσης προτείνει ότι τα υψηλά ποσοστά γεννήσεων εμποδίζουν την αύξηση του κατά κεφαλήν πραγματικού εισοδήματος, καθώς, όπως υποστηρίζουν, υψηλότερα ποσοστά γεννήσεων, ουσιαστικά σημαίνουν ότι οι πόροι της οικονομίας θα πρέπει να εξαπλωθούν σε περισσότερους ανθρώπους. Αυτοί οι άνθρωποι παράγουν αξία, αλλά, δεδομένου ότι η παραγωγικότητα έχει φθίνουσες οριακές αποδόσεις, δεν παράγουν τόσα κεφάλαια όσα καταναλώνουν. Έτσι, τα υψηλότερα ποσοστά γεννήσεων οδηγούν σε αύξηση του ΑΕΠ, αλλά με χαμηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε μακροπρόθεσμη βάση (Cheng, 2011).

Μια πιο πρόσφατη μελέτη που έγινε από τους James Brander και Steve Dowrick (1994) βρίσκει ότι ένα υψηλό ποσοστό γεννήσεων φαίνεται να περιορίζει την οικονομική ανάπτυξη μέσω των επενδύσεων και, ενδεχομένως, μέσω της μείωσης κεφαλαίων.

Ωστόσο, η πλειοψηφία των εμπειρικών αναλύσεων δεν μπορεί να αποδείξει μια αρνητική αιτιώδη επίδραση της αύξησης του πληθυσμού και της γεννητικότητας στην οικονομική ανάπτυξη (Simon, 1989).

Στον αντίποδα, αρκετοί είναι αυτοί που πιστεύουν πως ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα των «δυνατών» οικονομιών του πλανήτη, είναι ένα σχετικά υψηλό ποσοστό γεννήσεων, που κρατά τον πληθυσμό, κατά μέσο όρο, «νέο» και παραγωγικό. Όπως είπε και ο οικονομολόγος Donald Boudreaux, *«ο καθένας έρχεται στον κόσμο με ένα στόμα και δύο χέρια»*, εννοώντας πως οι περισσότεροι άνθρωποι παράγουν περισσότερο από ότι καταναλώνουν. Η αύξηση του «νεανικού» πληθυσμού μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του εργατικού δυναμικού και, ως εκ τούτου, σε αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης. Μπορεί να παρέχει, επίσης, μια μεγάλη εγχώρια αγορά για την οικονομία. Επιπλέον, η αύξηση του πληθυσμού ενθαρρύνει τον ανταγωνισμό, ο οποίος προκαλεί τεχνολογικές εξελίξεις και καινοτομίες. Υποστηρικτής αυτής της άποψης ήταν ο Boserup (1981), καθώς προσπάθησε να δείξει πως η αύξηση του πληθυσμού μπορεί να έχει, σε ένα επίπεδο, θετική επίδραση στην οικονομική ανάπτυξη.

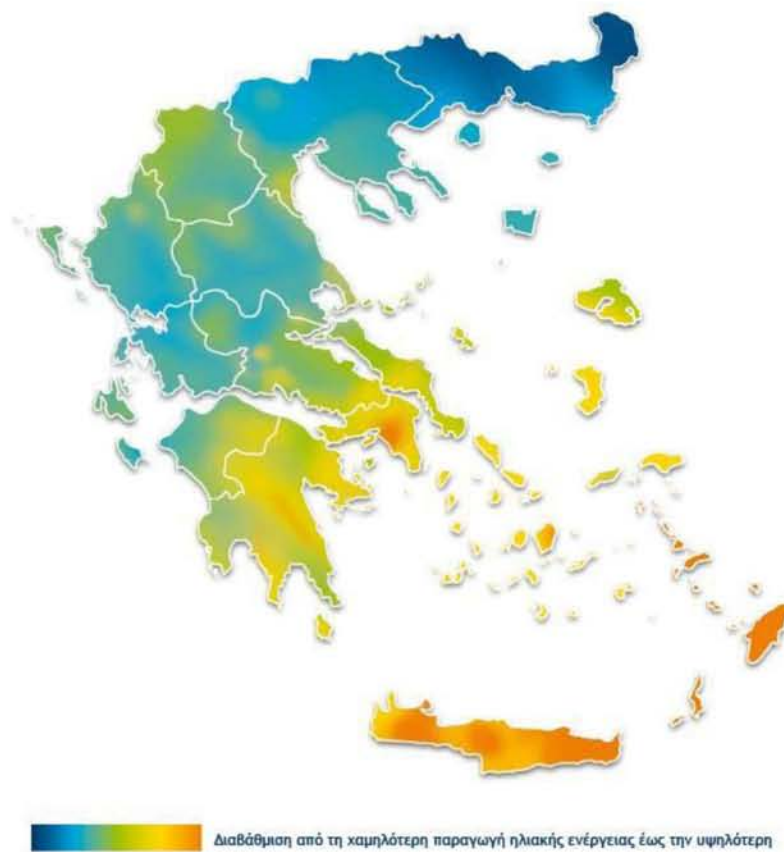
Καθώς, όμως, η πλειονότητα των μελετών αφορά την πεποίθηση ότι τα υψηλά ποσοστά γεννήσεων επηρεάζουν αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη, υπήρξαν μελετητές που, στην προσπάθειά τους να αποδείξουν το αντίθετο, έκαναν την υπόθεση ότι τα υψηλά ποσοστά γεννήσεων δεν σχετίζονται απαραίτητα με την επιβράδυνση της οικονομικής ανάπτυξης και θα μπορούσαν να σχετίζονται θετικά, όταν τα ποσοστά γεννήσεων αυξηθούν αρκετά, φτάνοντας σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Μια τέτοια μελέτη είναι αυτή του Shun-Chun Cheng (2011), όπου εξετάστηκε ο αντίκτυπος του ποσοστού γεννήσεων στην οικονομική ανάπτυξη σε όρους κατά κεφαλήν ΑΕΠ, μελετώντας δεδομένα της Παγκόσμιας Τράπεζας για όλες σχεδόν τις χώρες (τουλάχιστον αυτές για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία) την περίοδο 2004-2008. Σύμφωνα με τα ευρήματά του, το ποσοστό γεννήσεων δεν παρεμποδίζει την οικονομική ανάπτυξη, τουλάχιστον έως ένα ορισμένο σημείο. Όταν ο ρυθμός των γεννήσεων φτάσει σε ένα πολύ υψηλό επίπεδο, ωστόσο, η σχέση μεταξύ αυτών των δύο μεταβλητών είναι θετική.

Κεφάλαιο 6

Η περίπτωση της Ελλάδας

Όπως είναι γνωστό ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά της χώρας μας είναι ο Ήλιος, ο οποίος προσφέρει μεγάλη ηλιοφάνεια όλο το χρόνο. Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του 34^{ου} και 42^{ου} παραλλήλου του βορείου ημισφαιρίου⁷ και έχει μεγάλη ηλιοφάνεια σχεδόν όλο το χρόνο, ενώ κατατάσσεται 11^η μεταξύ 40 χωρών ανά τον κόσμο στον δείκτη ηλιακού δυναμικού. Παρακάτω φαίνεται ο χάρτης ηλιακής ακτινοβολίας της χώρας μας, όπου παρατηρούμε τους νομούς με τη χαμηλότερη και την υψηλότερη ακτινοβολία (εικόνα 6.1). Θα είχε ενδιαφέρον, λοιπόν, να μελετήσουμε τι συμβαίνει στην περίπτωση της χώρας μας. Επηρεάζουν οι ηλιακές κηλίδες τον αριθμό των γεννήσεων στην Ελλάδα; Και αν ναι, πόσο;

Εικόνα 6.1 Χάρτης ηλιακής ακτινοβολίας της Ελλάδας



Πηγή: ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας)

⁷ http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html

6.1 Εμπειρική Ανάλυση

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε για την παρούσα μελέτη αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, καθώς και από τη βάση δεδομένων του SILSO (Sunspot Index and Long-term Solar Observations)⁸ και παρουσιάζονται εκτενώς στον ΠΙΝΑΚΑ Α του παραρτήματος. Τα δεδομένα είναι ετήσια και αφορούν την περίοδο 1921 – 2014⁹.

Στόχος της ανάλυσης μας είναι να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο ώστε να ελέγξουμε αν και σε ποιο βαθμό οι ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν τις συνολικές γεννήσεις στην Ελλάδα, αλλά και μεμονωμένα σε τρεις νομούς: το νομό Θεσσαλονίκης, το νομό Αττικής και το νομό Ηρακλείου. Οι νομοί αυτοί επιλέχθηκαν εξαιτίας της διαφορετικής ηλιοφάνειας που έχουν λόγω της γεωγραφικής τους θέσης (Βόρεια, Κεντρική και Νότια Ελλάδα αντίστοιχα).

Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε στην εμπειρική μας ανάλυση είναι η Μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων (OLS), εφαρμόζοντάς την σε πέντε μοντέλα, με τη βοήθεια του οικονομετρικού πακέτου EViews. Αρχικά ελέγξαμε την επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «Ηλιακές Κηλίδες» στις συνολικές γεννήσεις στην Ελλάδα την περίοδο 1921-2014, έπειτα μελετήσαμε το ίδιο μοντέλο εστιάζοντας σε μικρότερο χρονικό διάστημα (περίοδος 1950-2014) και στη συνέχεια επαναλάβαμε τη διαδικασία για κάθε έναν από τους νομούς που προαναφέρθηκαν.

6.2 Αποτελέσματα Εμπειρικής Ανάλυσης

6.2.1 Η περίπτωση των συνολικών γεννήσεων στην Ελλάδα

Αρχικά εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{ SUNSPOTS} + \varepsilon_i \quad (1)$$

όπου:

- η μεταβλητή BIRTHS αντιπροσωπεύει το ετήσιο συνολικό πλήθος γεννήσεων στην Ελλάδα για την περίοδο 1921 – 2014 (απουσιάζουν τα δεδομένα των γεννήσεων για την περίοδο 1941 – 1948, επομένως έχουμε 86 παρατηρήσεις).

⁸ <http://www.sidc.be/silso/datafiles>

⁹ Το κενό που υπάρχει στα δεδομένα των γεννήσεων δεν αποτελεί πρόβλημα για την ανάλυσή μας καθώς το πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε τις αναγνωρίζει σαν missing values.

- η μεταβλητή SUNSPOTS αντιπροσωπεύει τον ετήσιο μέσο συνολικό αριθμό των ηλιακών κηλίδων.
- η μεταβλητή ε_i είναι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS} = 134.490,4 + 44,88564 \text{ SUNSPOTS} \quad (2)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο σταθερός όρος στο υπόδειγμά μας είναι 134.490, δηλαδή οι ετήσιες γεννήσεις στην Ελλάδα συνολικά είναι 134.490 χωρίς την επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS βρέθηκε να είναι θετικός (44,88564) πράγμα που δηλώνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει αύξηση στις γεννήσεις κατά 44,88564 ποσοστιαίες μονάδες. Ωστόσο, ο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής μας δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,3577 > 0,05$, επομένως φαίνεται πως η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη δεν επαληθεύεται για τη χώρα μας γενικά.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 είναι 0,01, δηλαδή οι ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν μόνο το 1% των γεννήσεων στην Ελλάδα, ενώ το υπόλοιπο 99% της διακύμανσης των γεννήσεων επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμά αυτό.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2) είναι $0,000 < 0,05$, γεγονός που ενισχύει το αποτέλεσμα του κριτηρίου Durbin-Watson που έχει πολύ χαμηλή τιμή (0,087).

Η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης πρακτικά σημαίνει ότι έχει παραληφθεί κάποια σημαντική ανεξάρτητη μεταβλητή από τη συνάρτηση παλινδρόμησης και γι' αυτό τα κατάλοιπα δεν έχουν τυχαία διακύμανση. Στην παρούσα μελέτη, λόγω της φύσης των μεταβλητών, ενδέχεται να υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων της χρονολογικής σειράς. Με άλλα λόγια, είναι πιθανό ο αριθμός γεννήσεων ενός έτους να επηρεάζεται από τις γεννήσεις της προηγούμενης περιόδου και το ίδιο θα μπορούσε να ισχύει και για τον αριθμό

των ηλιακών κηλίδων. Για το λόγο αυτό, στην προσπάθεια να διορθώσουμε το πρόβλημα αυτοσυσχέτισης που παρουσιάστηκε, μελετήσαμε το υπόδειγμά μας προσθέτοντας τις χρονικές υστερήσεις πρώτης τάξης:

- 1) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS
- 2) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS
- 3) και των δύο μεταβλητών

1) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

όπου:

- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS} = 13.5336,6 + 48,45861 \text{SUNSPOTS} - 8,847313 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (4)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και SUNSPOTS_{t-1} δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,5644 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,9149 > 0,05$ αντίστοιχα.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού¹⁰ R^2_{adj} είναι $-0,015502 < 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4) είναι $0,000 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση), γεγονός που ενισχύει το αποτέλεσμα του κριτηρίου Durbin-Watson που έχει πολύ χαμηλή τιμή (0,064468).

2) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

¹⁰ Χρησιμοποιούμε τον προσαρμοσμένο συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} , καθώς στο υπόδειγμά μας έχουμε προσθέσει περισσότερες ερμηνευτικές μεταβλητές.

όπου:

- Η μεταβλητή $BIRTHS_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής $BIRTHS$.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS = 2733,977 - 7,522897 SUNSPOTS + 0,987551 BIRTHS_{t-1} \quad (6)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο συντελεστής της μεταβλητής $SUNSPOTS$ δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,5513 > 0,05$. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_{t-1}$ είναι στατιστικά σημαντικός, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων του προηγούμενου έτους επηρεάζει τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους (αν και σε πολύ μικρό βαθμό, 0,9875). Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για τη χώρα μας γενικά.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,936 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι:
 - i. δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6) είναι $0,2715 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
 - ii. τα κατάλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, καθώς η τιμή probability του τεστ κανονικότητας Jarque-Bera (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7) είναι $0,00 < 0,05$, επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση της κανονικότητας¹¹. Ωστόσο, το δείγμα μας είναι πολύ μεγάλο, επομένως μας επιτρέπει να συνεχίσουμε την ανάλυση.

3) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$BIRTHS = C + A_1 SUNSPOTS + A_2 BIRTHS_{t-1} + A_3 SUNSPOTS_{t-1} + \varepsilon_i \quad (7)$$

¹¹ Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε από τις τιμές Skewness και Kurtosis, αφού είναι $1,8832 \neq 0$ και $9,7399 \neq 3$ αντίστοιχα.

όπου:

- Η μεταβλητή $BIRTHS_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής $BIRTHS$.
- Η μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής $SUNSPOTS$.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS = 3043,949 + 11,45 SUNSPOTS + 0,988203 BIRTHS_{t-1} - 23,24215 SUNSPOTS_{t-1} \quad (8)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8).

Πιο συγκεκριμένα:

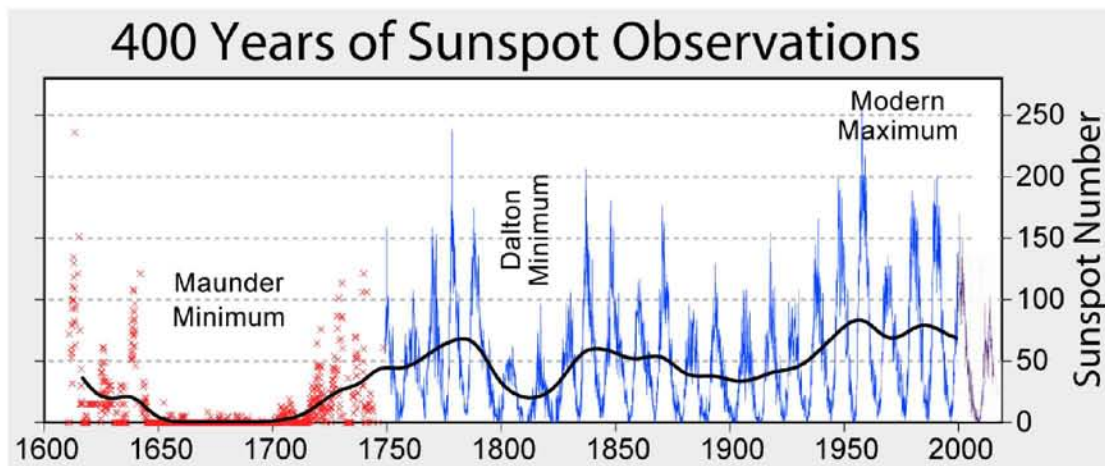
- Οι συντελεστές των μεταβλητών $SUNSPOTS$ και $SUNSPOTS_{t-1}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,5892 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,2673 > 0,05$ αντίστοιχα. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_{t-1}$ είναι στατιστικά σημαντικός και σε αυτό το υπόδειγμα, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,936 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch – Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.9) είναι $0,3335 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.

Συγκρίνοντας όμως τις τιμές των κριτηρίων Akaike και Schwarz του συγκεκριμένου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8) με αυτές του προηγούμενου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5), θα επιλέξουμε την εξίσωση (6) του προηγούμενου υποδείγματος, χωρίς δηλαδή τη μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-1}$, καθώς μας δίνει χαμηλότερες τιμές στα κριτήρια αυτά.

Τέλος, σχεδιάσαμε με τη βοήθεια του Excel τα γραφήματα του ετήσιου πλήθους γεννήσεων της Ελλάδας (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.10) και του ετήσιου μέσου συνολικού αριθμού των ηλιακών κηλίδων (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.11) την περίοδο που μελετάμε. Η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών επιβεβαιώνεται, παρατηρώντας τα δυο γραφήματα αυτά. Είναι φανερό πως μακροσκοπικά δεν διακρίνεται αλληλεπίδραση κηλίδων και γεννήσεων, καθώς τα δύο γραφήματα δεν παρουσιάζουν ομοιότητες.

Εφόσον τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, μελετήσαμε την επίδραση των ηλιακών κηλίδων στις γεννήσεις της Ελλάδας την περίοδο 1950-1981. Ο λόγος που εστίασαμε την προσοχή μας στη συγκεκριμένη περίοδο είναι ότι τη δεκαετία του 1950 σημειώθηκε η υψηλότερη ηλιακή δραστηριότητα που έχει παρατηρηθεί ποτέ (εικόνα 6.2) και τέτοιου είδους ισχυρά ηλιακά μέγιστα έχουν δείξει κάποια συσχέτιση με παγκόσμιες και περιφερειακές κλιματικές αλλαγές.

Εικόνα 6.2 Το Σύγχρονο Μέγιστο (Modern Maximum) αναφέρεται στην περίοδο της σχετικά υψηλής ηλιακής δραστηριότητας, που έφθασε το ηλιακό μέγιστο κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1950.



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Modern_Maximum

Αρχικά εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{ SUNSPOTS} + \varepsilon_i \quad (9)$$

όπου:

- η μεταβλητή BIRTHS αντιπροσωπεύει το ετήσιο συνολικό πλήθος γεννήσεων στην Ελλάδα για την περίοδο 1950-1981, επομένως έχουμε 32 παρατηρήσεις.
- η μεταβλητή SUNSPOTS αντιπροσωπεύει τον ετήσιο μέσο συνολικό αριθμό των ηλιακών κηλίδων.
- η μεταβλητή ε_i είναι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS} = 147,0124 + 0,029204 \text{ SUNSPOTS} \quad (10)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.12).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο σταθερός όρος στο υπόδειγμά μας είναι 147, δηλαδή οι ετήσιες γεννήσεις στην Ελλάδα συνολικά είναι 147 χωρίς την επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS βρέθηκε να είναι θετικός (0,029204) πράγμα που δηλώνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει αύξηση στις γεννήσεις κατά 0,029204 ποσοστιαίες μονάδες. Ο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής μας στο συγκεκριμένο υπόδειγμα είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,046 < 0,05$, επομένως φαίνεται πως η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη επαληθεύεται για τη χώρα μας τη συγκεκριμένη περίοδο.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 είναι 0,126206, δηλαδή οι ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν μόνο το 12,6% των γεννήσεων στην Ελλάδα, ενώ το υπόλοιπο 87,4% της διακύμανσης των γεννήσεων επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμά αυτό.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.13) είναι $0,000 < 0,05$.

Στην προσπάθεια να διορθώσουμε το πρόβλημα αυτοσυσχέτισης που παρουσιάστηκε, μελετήσαμε το υπόδειγμά μας προσθέτοντας τις χρονικές υστερήσεις πρώτης τάξης:

1) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS

2) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS

3) και των δύο μεταβλητών

1) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{ SUNSPOTS} + A_2 \text{ SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

όπου:

- Η μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής $SUNSPOTS$.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS = 147,5016 + 0,047989 SUNSPOTS - 0,0241 SUNSPOTS_{t-1} \quad (12)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.14).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών $SUNSPOTS$ και $SUNSPOTS_{t-1}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,0527 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,329 \gg 0,05$ αντίστοιχα. Ωστόσο, ο συντελεστής της μεταβλητής $SUNSPOTS$ είναι στατιστικά σημαντικός στο 90% καθώς $p\text{-value} = 0,0527 < 0,1$.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,095338 < 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.15) είναι $0,000 < 0,05$, άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση.

2) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$BIRTHS = C + A_1 SUNSPOTS + A_2 BIRTHS_{t-1} + \varepsilon_i \quad (13)$$

όπου:

- Η μεταβλητή $BIRTHS_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής $BIRTHS$.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS = 38,05693 + 0,003806 SUNSPOTS + 0,742164 BIRTHS_{t-1} \quad (14)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.16).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο συντελεστής της μεταβλητής $SUNSPOTS$ δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,7456 > 0,05$. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_{t-1}$ είναι

στατιστικά σημαντικός, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων του προηγούμενου έτους επηρεάζει τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους (αν και σε πολύ μικρό βαθμό, 0,742). Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για τη χώρα μας γενικά.

- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε δεν είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,512183 < 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6) είναι $0,664 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.

3) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS}_{t-1} + A_3 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (15)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS .
- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS .

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS} = 30,8008 + 0,0334 \text{SUNSPOTS} + 0,797364 \text{BIRTHS}_{t-1} - 0,040306 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (16)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 1.18).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και SUNSPOTS_{t-1} είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,05 = 0,05$ και $p\text{-value} = 0,0227 < 0,05$ αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει πως ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων του τρέχοντος άλλα και του προηγούμενου έτους φαίνεται να επηρεάζουν τις γεννήσεις στην Ελλάδα τη συγκεκριμένη περίοδο, αν και σε μικρό βαθμό. Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS βρέθηκε να είναι θετικός (0,0334) πράγμα που δηλώνει ότι μία

αύξηση του μέσου πλήθους ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει αύξηση στις γεννήσεις κατά 0,0334 ποσοστιαίες μονάδες. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $SUNSPOTS_{t-1}$ βρέθηκε να είναι αρνητικός (-0,040306) πράγμα που δηλώνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει μείωση στις γεννήσεις κατά 0,040306 ποσοστιαίες μονάδες. Ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_{t-1}$ εξακολουθεί να είναι στατιστικά σημαντικός και σε αυτό το υπόδειγμα, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.

- Επιπλέον, το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε δεν είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,584024 < 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα για προβλέψεις.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι:
 - i. δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch – Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.19) είναι $0,9707 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
 - ii. συγκρίνοντας όμως τις τιμές των κριτηρίων Akaike και Schwarz του συγκεκριμένου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.18) με αυτές του προηγούμενου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.16), θα επιλέξουμε την εξίσωση (16) του συγκεκριμένου υποδείγματος με χρονικές υστερήσεις πρώτης τάξης και για τις 2 μεταβλητές, καθώς μας δίνει χαμηλότερες τιμές στα κριτήρια αυτά.
 - iii. δεν έχουμε (στατιστικά σημαντικές) αποκλίσεις από την κανονική κατανομή, καθώς η τιμή probability του τεστ κανονικότητας Jarque-Bera (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.20) είναι $0,576936 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση της κανονικότητας, άρα τα κατάλοιπα κατανέμονται κανονικά.

Τέλος, σχεδιάσαμε με τη βοήθεια του Excel τα γραφήματα του ετήσιου πλήθους γεννήσεων της Ελλάδας (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.21) και του ετήσιου μέσου συνολικού αριθμού των ηλιακών κηλίδων (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.22) την περίοδο 1950-1981. Η συσχέτιση των δύο μεταβλητών, που έδειξε η παλινδρόμηση του τελευταίου υποδείγματος, φαίνεται να επιβεβαιώνεται και γραφικά. Παρατηρούμε πως τα δυο γραφήματα παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες. Στα σημεία

που υπάρχει άνοδος των κηλίδων, ακολουθεί και άνοδος των γεννήσεων. Το ίδιο συμβαίνει αντίστοιχα όταν υπάρχει μείωση. Υπάρχει δηλαδή μια αλληλεπίδραση μεταξύ κηλίδων και γεννήσεων τη συγκεκριμένη περίοδο.

Γενικότερα, η περίπτωση της περιόδου 1950-1981 είναι πολύ καλύτερη από άποψη αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων φαίνεται να επηρεάζει (έστω και σε μικρό βαθμό) τον αριθμό των γεννήσεων στην Ελλάδα. Όπως προαναφέραμε, τη δεκαετία του 1950 σημειώθηκε το ισχυρότερο Μέγιστο όλων των μέχρι τώρα καταγεγραμμένων κηλίδων. Το γεγονός ότι η μελέτη της περιόδου 1921-2014 έδειξε πως δεν υπάρχει συσχέτιση κηλίδων και γεννήσεων, ενώ η αντίστοιχη μελέτη της περιόδου 1950-1981 έδειξε ότι υπάρχει, μας οδηγεί στη σκέψη ότι είναι πιθανό ένα τέτοιας έντασης Μέγιστο, να έφερε στα μετέπειτα έτη επιρροές στον αριθμό των γεννήσεων. Όπως αναφέραμε στις προηγούμενες ενότητες, οι επιπτώσεις του αριθμού των ηλιακών κηλίδων στο κλίμα και στη γεωμαγνητική δραστηριότητα κατά τις ακραίες περιόδους της ηλιακής δραστηριότητας (τόσο μέγιστα όσο και ελάχιστα) είναι, σε πολλές περιπτώσεις, μεγάλες. Ο μεγάλος αριθμός ηλιακών κηλίδων που σημειώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 είναι πιθανό να επέφερε αυτή την επίδραση στον αριθμό των γεννήσεων σε μια χώρα με έντονη ηλιακή ακτινοβολία, όπως είναι η Ελλάδα, είτε μέσω μεταβολής του κλίματος και της θερμοκρασίας, είτε άλλων παραγόντων.

6.2.2 Η περίπτωση των νομών της Ελλάδας

Σε δεύτερη φάση επιλέξαμε τρεις νομούς της Ελλάδας, ώστε να ελέγξουμε αν και κατά πόσο επηρεάζουν οι ηλιακές κηλίδες τις γεννήσεις σε κάθε έναν από αυτούς τους νομούς. Όπως προαναφέρθηκε, οι νομοί επιλέχθηκαν βάσει της γεωγραφικής τους θέσης, θεωρώντας πως όσο νοτιότερα βρίσκεται ένας νομός τόσο περισσότερο εκτίθεται στον Ήλιο. Οι νομοί που επιλέξαμε είναι:

(α) νομός Θεσσαλονίκης (Βόρεια Ελλάδα),

(β) νομός Αττικής (Κεντρική Ελλάδα),

(γ) νομός Ηρακλείου (Νότια Ελλάδα).

(α) Για το νομό Θεσσαλονίκης εκτιμήθηκε η εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = C + A_1 \text{ SUNSPOTS} + \varepsilon_i \quad (17)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_SKG αντιπροσωπεύει το ετήσιο πλήθος γεννήσεων στο νομό Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1921 – 2014 (απουσιάζουν τα δεδομένα των γεννήσεων για την περίοδο 1939 – 1955, επομένως έχουμε 77 παρατηρήσεις).
- Η μεταβλητή SUNSPOTS αντιπροσωπεύει τον ετήσιο μέσο συνολικό αριθμό των ηλιακών κηλίδων.
- Η μεταβλητή ε_i είναι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = 13.923,36 - 6,523377 \text{ SUNSPOTS} \quad (18)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1).

- Ο σταθερός όρος μας φανερώνει πως δίχως την επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής οι γεννήσεις στο Νομό Θεσσαλονίκης ανέρχονται στις 13.923. Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής των ηλιακών κηλίδων σε αυτό το υπόδειγμα είναι αρνητικός (-6,5233), πράγμα που φανερώνει μια αρνητική σχέση μεταξύ της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο συντελεστής αυτός σημαίνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους των ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει μείωση των γεννήσεων στο νομό Θεσσαλονίκης κατά περίπου 6,5 ποσοστιαίες μονάδες. Ωστόσο ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,1278 > 0,05$, επομένως φαίνεται πως η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη δεν επαληθεύεται για το νομό Θεσσαλονίκης.
- Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται και από την εξαιρετικά μικρή τιμή του $R^2 = 0,03$, η οποία μας δείχνει ότι μόνο το 3% των γεννήσεων επηρεάζεται από τις ηλιακές κηλίδες και ότι υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες, πιο σημαντικοί, οι οποίοι επηρεάζουν τις γεννήσεις αλλά δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμα.
- Οι διαγνωστικοί έλεγχοι στο υπόδειγμα αυτό έδειξαν πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καταλοίπων (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2), καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.

Για να διορθώσουμε το πρόβλημα αυτό, προσθέσαμε στο υπόδειγμά μας τις χρονικές υστερήσεις πρώτης τάξης:

- 1) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS
- 2) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_SKG
- 3) και των δύο μεταβλητών

1) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (19)$$

όπου:

- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS .

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = 14082,36 - 5,916655 \text{SUNSPOTS} - 1,619662 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (20)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και SUNSPOTS_{t-1} δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,4117 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,8228 > 0,05$ αντίστοιχα.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι πολύ χαμηλή ($0,013364 < 0,7$).
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4) είναι $0,000 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση).

2) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_SKG}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (21)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_SKG_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_SKG .

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = 1781,448 - 1,709504 \text{SUNSPOTS} + 0,884687 \text{BIRTHS_SKG}_{t-1} \quad (22)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,3409 > 0,05$. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής BIRTHS_SKG_{t-1} είναι στατιστικά σημαντικός, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων του προηγούμενου έτους επηρεάζει τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους (αν και σε πολύ μικρό βαθμό, 0,8847). Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για το νομό Θεσσαλονίκης.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,827692 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι:
 - i. δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6) είναι $0,1145 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
 - ii. τα κατάλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, καθώς η τιμή probability του τεστ κανονικότητας Jarque-Bera (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7) είναι $0,00 < 0,05$, επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση της κανονικότητας. Ωστόσο, το δείγμα μας είναι πολύ μεγάλο, επομένως μας επιτρέπει να συνεχίσουμε την ανάλυση.

3) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_SKG}_{t-1} + A_3 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (23)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_SKG_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_SKG.
- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_SKG} = 1705,103 - 3,324160 \text{SUNSPOTS} + 0,888237 \text{BIRTHS_SKG}_{t-1} + 1,938348 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (24)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και $SUNSPOTS_{t-1}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,3075 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,5507 > 0,05$ αντίστοιχα. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_SKG_{t-1}$ είναι στατιστικά σημαντικός και σε αυτό το υπόδειγμα, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,826146 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9) $0,1123 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
- Συγκρίνοντας όμως τις τιμές των κριτηρίων Akaike και Schwarz του συγκεκριμένου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9) με αυτές του προηγούμενου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5), θα επιλέξουμε την εξίσωση (22) του προηγούμενου υποδείγματος, χωρίς δηλαδή τη μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-1}$, καθώς μας δίνει χαμηλότερες τιμές στα κριτήρια αυτά.

(β) Για το νομό Αττικής εκτιμήθηκε η εξίσωση:

$$BIRTHS_ATH = C + A_1 SUNSPOTS + \varepsilon_i \quad (25)$$

όπου:

- Η μεταβλητή $BIRTHS_ATH$ αντιπροσωπεύει το ετήσιο πλήθος γεννήσεων στο νομό Αττικής για την περίοδο 1921 – 2014 (απουσιάζουν τα δεδομένα των γεννήσεων για την περίοδο 1939 – 1955, επομένως έχουμε 77 παρατηρήσεις).
- Η μεταβλητή $SUNSPOTS$ αντιπροσωπεύει τον ετήσιο μέσο συνολικό αριθμό των ηλιακών κηλίδων.
- Η μεταβλητή ε_i είναι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS_ATH = 37.813,40 + 15,6073 SUNSPOTS \quad (26)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1).

- Ο σταθερός όρος μας φανερώνει πως δίχως την επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής οι γεννήσεις στο Νομό Αττικής ανέρχονται χονδρικά στις 37.813. Ωστόσο, εδώ

παρατηρούμε ότι ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS είναι θετικός (15,6073) σε αντίθεση με το νομό Θεσσαλονίκης που βρίσκεται βορειότερα, πράγμα που σημαίνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους των ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει αύξηση των γεννήσεων στο νομό Αττικής κατά 15,6073 ποσοστιαίες μονάδες. Βέβαια, όπως και στο προηγούμενο υπόδειγμα ο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,4224 > 0,05$, επομένως φαίνεται πως η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη δεν επαληθεύεται ούτε για το νομό Αττικής.

- Επιπλέον η εξαιρετικά μικρή τιμή του $R^2 = 0,0086$ μας δείχνει ότι μόνο το 0,86% των γεννήσεων επηρεάζεται από τις ηλιακές κηλίδες και ότι υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες, πιο σημαντικοί, οι οποίοι επηρεάζουν τις γεννήσεις κατά το υπόλοιπο 99,14%.
- Όσον αφορά στους διαγνωστικούς ελέγχους, φαίνεται ότι και για την περίπτωση του νομού Αττικής υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2), καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$. Για να διορθώσουμε το πρόβλημα αυτό, προσθέσαμε στο υπόδειγμά μας τις χρονικές υστερήσεις πρώτης και δεύτερης τάξης:

1) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS

2) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_ATH

3) και των δύο μεταβλητών

1) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_ATH} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (27)$$

όπου:

- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_ATH} = 38.100,30 - 8,729223 \text{SUNSPOTS} + 25,67669 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (28)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και $SUNSPOTS_{t-1}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,788 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,4323 > 0,05$ αντίστοιχα.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $-0,01319 < 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4) είναι $0,000 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση).

2) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$BIRTHS_ATH = C + A_1 SUNSPOTS + A_2 BIRTHS_ATH_{t-1} + \varepsilon_i \quad (29)$$

όπου:

- Η μεταβλητή $BIRTHS_ATH_{t-1}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής $BIRTHS_ATH$.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS_ATH = 2.052,587 - 0,351675 SUNSPOTS + 0,954551 BIRTHS_ATH_{t-1} \quad (30)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,9235 > 0,05$. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_ATH_{t-1}$ είναι στατιστικά σημαντικός, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων του προηγούμενου έτους επηρεάζει τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους. Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για το νομό Αττικής.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,963952 > 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6) είναι $0,0179 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση).

3) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_ATH} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_ATH}_{t-1} + A_3 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (31)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_ATH_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_ATH .
- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS .
- Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_ATH} = 2.073,840 + 2,934637 \text{SUNSPOTS} + 0,955441 \text{BIRTHS_ATH}_{t-1} - 3,917638 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (32)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και SUNSPOTS_{t-1} δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,6603 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,5555 > 0,05$ αντίστοιχα. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής BIRTHS_ATH_{t-1} είναι στατιστικά σημαντικός και σε αυτό το υπόδειγμα, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,963624 > 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8) είναι $0,0158 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση).

Προσθέτουμε στην υπάρχουσα εξίσωση τις χρονικές υστερήσεις δεύτερης τάξης των μεταβλητών BIRTHS_ATH και SUNSPOTS και, συνεπώς, εξετάζουμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_ATH} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_ATH}_{t-1} + A_3 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + A_4 \text{BIRTHS_ATH}_{t-2} + A_5 \text{SUNSPOTS}_{t-2} + \varepsilon_i \quad (33)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_ATH_{t-2} αποτελεί τη χρονική υστέρηση δύο περιόδων (δύο ετών στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_ATH .

- Η μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-2}$ αποτελεί τη χρονική υστέρηση δύο περιόδων (δύο ετών στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής $SUNSPOTS$.
- Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$BIRTHS_ATH = 1962,373 + 4,107301 SUNSPOTS + 1,238704 BIRTHS_ATH_{t-1} - 6,802831 SUNSPOTS_{t-1} - 0,283065 BIRTHS_ATH_{t-2} + 2,221389 SUNSPOTS_{t-2} \quad (34)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9)

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών $SUNSPOTS$, $SUNSPOTS_{t-1}$ και $SUNSPOTS_{t-2}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,6970 > 0,05$, $p\text{-value} = 0,6755 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,8264 > 0,05$ αντίστοιχα. Αντίθετα, οι συντελεστές των μεταβλητών $BIRTHS_ATH_{t-1}$ και $BIRTHS_ATH_{t-2}$ είναι στατιστικά σημαντικοί, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ και $p\text{-value} = 0,0159 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων των δύο προηγούμενων ετών επηρεάζουν τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους. Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για το νομό Αττικής.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,962584 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι:
 - i. δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10) είναι $0,2429 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
 - ii. τα κατάλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, καθώς η τιμή probability του τεστ κανονικότητας Jarque-Bera (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11) είναι $0,007 < 0,05$, επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση της κανονικότητας. Ωστόσο, το δείγμα μας είναι πολύ μεγάλο, επομένως μας επιτρέπει να συνεχίσουμε την ανάλυση.

(γ) Τέλος, για το νομό Ηρακλείου εκτιμήθηκε η εξίσωση:

$$BIRTHS_HRK = C + A_1 SUNSPOTS + \varepsilon_i \quad (35)$$

όπου:

- η μεταβλητή BIRTHS_HRK αντιπροσωπεύει το ετήσιο πλήθος γεννήσεων στο νομό Ηρακλείου για την περίοδο 1921 – 2014 (απουσιάζουν τα δεδομένα των γεννήσεων για την περίοδο 1939 – 1955, επομένως έχουμε 77 παρατηρήσεις).
- η μεταβλητή SUNSPOTS αντιπροσωπεύει τον ετήσιο μέσο συνολικό αριθμό των ηλιακών κηλίδων.
- η μεταβλητή ε_i είναι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = 3.699,112 + 1,849 \text{ SUNSPOTS} \quad (36)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1)

- Ο σταθερός όρος μας δείχνει ότι χωρίς την επιρροή της ανεξάρτητης μεταβλητής οι γεννήσεις στο Νομό Ηρακλείου ανέρχονται στις 3.699 περίπου. Και σε αυτό το υπόδειγμα ο συντελεστής των ηλιακών κηλίδων είναι θετικός (1,849), πράγμα που φανερώνει μια ασθενή θετική σχέση μεταξύ της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο συντελεστής αυτός σημαίνει ότι μία αύξηση του μέσου πλήθους των ηλιακών κηλίδων κατά 1 ποσοστιαία μονάδα επιφέρει μικρή αύξηση των γεννήσεων στο νομό Ηρακλείου κατά περίπου 1,849 ποσοστιαίες μονάδες, και μάλιστα ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS εδώ είναι στατιστικά σημαντικός στο 90% καθώς $p\text{-value} = 0,07 < 0,1$.
- Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 είναι 0,042, δηλαδή οι ηλιακές κηλίδες φαίνεται πως επηρεάζουν 4,2% των γεννήσεων στο νομό Ηρακλείου, ενώ το υπόλοιπο 95,8% της διακύμανσης των γεννήσεων επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο υπόδειγμά αυτό.
- Το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης καταλοίπων που παρουσιάστηκε σε όλα τα παραπάνω (αρχικά) υποδείγματα, εμφανίζεται και εδώ, καθώς το LM τεστ των Breusch - Godfrey έχει $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$ (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2). Για να διορθώσουμε το πρόβλημα αυτό, προσθέσαμε στο υπόδειγμά μας τις χρονικές υστερήσεις πρώτης τάξης:

1) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS

2) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_HRK

3) και των δύο μεταβλητών

1) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (37)$$

όπου:

- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS .

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = 3.741,207 + 1,55813 \text{SUNSPOTS} + 0,079592 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (38)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και SUNSPOTS_{t-1} δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,3582 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,9627 > 0,05$ αντίστοιχα.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,009339 < 0,7$.
- Τέλος, από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch-Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4) είναι $0,000 < 0,05$ (άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση).

2) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_HRK}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (39)$$

όπου:

Η μεταβλητή BIRTHS_HRK_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_HRK .

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = 515,9741 - 0,126879 \text{SUNSPOTS} + 0,873966 \text{BIRTHS_HRK}_{t-1} \quad (40)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5).

Πιο συγκεκριμένα:

- Ο συντελεστής της μεταβλητής SUNSPOTS δεν είναι στατιστικά σημαντικός καθώς $p\text{-value} = 0,7712 > 0,05$. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής BIRTHS_HRK_{t-1} είναι στατιστικά σημαντικός, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, πράγμα που δηλώνει ότι ο αριθμός των γεννήσεων του προηγούμενου έτους επηρεάζει τον αριθμό γεννήσεων του τρέχοντος έτους (αν και σε μικρό βαθμό, 0,874). Ωστόσο, η θεωρία που εξετάζουμε στην παρούσα μελέτη εξακολουθεί να μην επαληθεύεται για το νομό Ηρακλείου.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,823149 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι:
 - i. δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch – Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6) είναι $0,5660 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
 - ii. τα κατάλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, καθώς η τιμή probability του τεστ κανονικότητας Jarque-Bera (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7) είναι $0,00 < 0,05$, επομένως απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση της κανονικότητας. Ωστόσο, το δείγμα μας είναι πολύ μεγάλο, επομένως μας επιτρέπει να συνεχίσουμε την ανάλυση.

3) Εξετάσαμε την εξίσωση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = C + A_1 \text{SUNSPOTS} + A_2 \text{BIRTHS_HRK}_{t-1} + A_3 \text{SUNSPOTS}_{t-1} + \varepsilon_i \quad (41)$$

όπου:

- Η μεταβλητή BIRTHS_HRK_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της εξαρτημένης μεταβλητής BIRTHS_HRK.
- Η μεταβλητή SUNSPOTS_{t-1} αποτελεί τη χρονική υστέρηση μιας περιόδου (ενός έτους στη συγκεκριμένη περίπτωση) της ανεξάρτητης μεταβλητής SUNSPOTS.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης έδειξαν τη σχέση:

$$\text{BIRTHS_HRK} = 516,9726 + 0,064926 \text{SUNSPOTS} + 0,874568 \text{BIRTHS_HRK}_{t-1} - 0,229014 \text{SUNSPOTS}_{t-1} \quad (42)$$

(ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8).

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι συντελεστές των μεταβλητών SUNSPOTS και $SUNSPOTS_{t-1}$ δεν είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς $p\text{-value} = 0,9341 > 0,05$ και $p\text{-value} = 0,7682 > 0,05$ αντίστοιχα. Αντίθετα, ο συντελεστής της μεταβλητής $BIRTHS_HRK_{t-1}$ είναι στατιστικά σημαντικός και σε αυτό το υπόδειγμα, καθώς $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$.
- Επιπλέον το υπόδειγμα που χρησιμοποιούμε είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό, καθώς η τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού R^2_{adj} είναι $0,820879 > 0,7$, επομένως τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι αξιόπιστα.
- Από τους διαγνωστικούς ελέγχους προκύπτει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης καθώς η $p\text{-value}$ του LM τεστ αυτοσυσχέτισης των Breusch – Godfrey (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9) $0,5628 > 0,05$, επομένως αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση για μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.
- Συγκρίνοντας όμως τις τιμές των κριτηρίων Akaike και Schwarz του συγκεκριμένου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8) με αυτές του προηγούμενου υποδείγματος (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5), θα επιλέξουμε την εξίσωση (40) του προηγούμενου υποδείγματος, χωρίς δηλαδή τη μεταβλητή $SUNSPOTS_{t-1}$, καθώς μας δίνει χαμηλότερες τιμές στα κριτήρια αυτά.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Το συμπέρασμα που προκύπτει γενικά είναι πώς για την περίπτωση της Ελλάδας, οι ηλιακές κηλίδες δεν επιφέρουν καμία σημαντική επίδραση στο ετήσιο πλήθος γεννήσεων. Οι γεννήσεις στη χώρα μας φαίνεται πως επηρεάζονται περισσότερο από άλλους, εξωτερικούς παράγοντες οι οποίοι δεν έχουν περιληφθεί στην ανάλυσή μας.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο υπόδειγμα που αφορά στο σύνολο των γεννήσεων στην Ελλάδα, φαίνεται πως οι γεννήσεις δεν επηρεάζονται από το πλήθος των κηλίδων, καθώς ο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι στατιστικά μη σημαντικός ακόμα και στα τελικά υποδείγματα, όπου εκτιμήθηκε καλή προσαρμογή και προβλεψιμότητα.

Ωστόσο, η ίδια μελέτη για την περίοδο 1950-1981 έφερε αντίθετα αποτελέσματα. Η ανάλυση έδειξε θετική συσχέτιση μεταξύ των κηλίδων και των γεννήσεων του τρέχοντος έτους και αρνητική συσχέτιση μεταξύ των κηλίδων και των γεννήσεων του προηγούμενου έτους, αν και η επίδραση είναι μικρή και για τις δύο μεταβλητές. Τα αποτελέσματα αυτά, μας οδήγησαν στη σκέψη ότι μια πιθανή αιτία αυτής της επιρροής είναι το ισχυρό Μέγιστο που σημειώθηκε τη δεκαετία του 1950.

Όσο αφορά στα ξεχωριστά υποδείγματα που μελετήσαμε για κάθε έναν από τους προαναφερθέντες νομούς, προκύπτει το ίδιο συμπέρασμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν αρχικά πως οι μεταβολές στο πλήθος των ηλιακών κηλίδων επηρεάζουν τη διακύμανση των γεννήσεων μόνο στο νοτιότερο νομό (Ηρακλείου), αλλά το συγκεκριμένο υπόδειγμα δεν ήταν αξιόπιστο και παρουσίασε πρόβλημα αυτοσυσχέτισης. Ωστόσο, ακόμη και σ'αυτή την περίπτωση παρατηρούμε πως ο συντελεστής προσδιορισμού είναι ιδιαίτερα χαμηλός. Μετά τη διόρθωση του προβλήματος, φαίνεται πως δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των γεννήσεων του νομού και των ηλιακών κηλίδων. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήξαμε και για τις βορειότερες περιοχές (Νομός Θεσσαλονίκης, Νομός Αττικής), καθώς οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι στατιστικά μη σημαντικοί ακόμα και στα τελικά υποδείγματα, όπου εκτιμήθηκε καλή προσαρμογή και προβλεψιμότητα.

Τέλος, σε γενικές γραμμές, η επίδραση των ηλιακών κηλίδων στη Γη και κατ'επέκταση στον άνθρωπο και σε διάφορες πτυχές της Οικονομίας, έχει απασχολήσει μεγάλο αριθμό ερευνητών, πολλά χρόνια πριν. Αρκετές μελέτες απέδειξαν πως η δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων φέρει επιρροές σε διάφορους τομείς, άλλες πάλι απέδειξαν το αντίθετο.

Αυτό που είναι βέβαιο, όμως, είναι πως πρόκειται για ένα πολύ μεγάλο θέμα, που απαιτεί περαιτέρω έρευνα ώστε να βρεθούν και να κατανοηθούν οι επιπτώσεις αυτές τόσο στη γεωμαγνητική όσο και στην ανθρώπινη δραστηριότητα.

Βιβλιογραφία

Βιβλία

- DeVol, R., Bedroussian, A., Charuworn, A., Chatterjee, A., Kim, I. K., Kim, S., & Klowden, K. (2007). An unhealthy America: The economic burden of chronic disease.
- Dewey, E. R., & Mandino, O. (1971). *Cycles: the mysterious forces that trigger events*. Hawthorn Books.
- Eddy, J. A., & Ise, R. (1979). New Sun: The Solar Results From Skylab. NASA SP-402. *Nasa special publication*, 402, pp. 37.
- Goldstein, J. S. (2004). *The real price of war: how you pay for the war on terror*. NYU Press.
- Vita-Finzi, C. (2008). *The Sun: a user's manual*. Springer.

Άρθρα

- Abarca del Rio, R., Gambis, D., Salstein, D., Nelson, P., & Dai, A. (2003). Solar activity and earth rotation variability. *Journal of Geodynamics*, 36(3), 423-443.
- Abegunde, D., & Stanciole, A. (2006). An estimation of the economic impact of chronic noncommunicable diseases in selected countries. *World Health Organization, Department of Chronic Diseases and Health Promotion*.
- Altschuler, M. D., & Newkirk Jr, G. (1969). Magnetic fields and the structure of the solar corona. *Solar Physics*, 9(1), 131-149.
- Babcock, H. W. (1961). The Topology of the Sun's Magnetic Field and the 22-YEAR Cycle. *The Astrophysical Journal*, 133, 572.
- Barrus, R. (2004). Thomas R. Malthus, An Essay on the Principle of Population. *Politics and the Life Sciences*, 23(2), 75-77.
- Basu, S., Chaplin, W. J., Elsworth, Y., New, R., & Serenelli, A. M. (2009). Fresh insights on the structure of the solar core. *The Astrophysical Journal*, 699(2), 1403.
- Bauer, T. K., Bender, S., Heining, J., & Schmidt, C. M. (2013). The lunar cycle, sunspots and the frequency of births in Germany, 1920–1989. *Economics & Human Biology*, 11(4), 545-550.
- Boserup, E. (1981). Population and technological change: A study of long-term trends.
- Brander, J. A., & Dowrick, S. (1994). The role of fertility and population in economic growth. *Journal of Population Economics*, 7(1), 1-25.

- Britton, C.R. & Kuester, D. (2003). A Re-examination of the Sunspot-Weather – Theory of Business Cycles. *Forum of the Association for Arid Land Studies, International Center for Arid and Semi-arid Land Studies, Texas Tech University, Lubbock TX Vol. XIX No 1.*
- Brooks, C. E. P. (1934). The variation of the annual frequency of thunderstorms in relation to sunspots. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 60(254), 153-166.
- Cass, D., & Shell, K. (1983). Do sunspots matter?. *The Journal of Political Economy*, 193-227.
- Cheng, S. C. (2011). Do high birth rates hinder economic growth?: a cross-country study.
- Cherry, N. (2003). Schumann resonance and sunspot relations to human health effects in Thailand. *Natural hazards*, 29(1), 1-11.
- Collins, C. J. (1965). An Inquiry into the Effect of Sunspot Activity on the Stock Market. *Financial Analysts Journal*, 21(6), 45-56.
- Davis Jr, G. E., & Lowell, W. E. (2006). Solar cycles and their relationship to human disease and adaptability. *Medical hypotheses*, 67(3), 447-461.
- Dewey, E. R. (1968). Economic and Sociological Phenomena Related to Solar Activity and Influences. *Cycles Magazine*, 19, 201.
- Dutilleul, P., & Till, C. (1992). Evidence of periodicities related to climate and planetary behaviors in ring-width chronologies of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in Morocco. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(10), 1469-1482.
- Eddy, J. A. (1976). The maunder minimum. *Science*, 192(4245), 1189-1202.
- Fisch, H., Andrews, H. F., Fisch, K. S., Golden, R., Liberson, G., & Olsson, C. A. (2003). The relationship of long term global temperature change and human fertility. *Medical hypotheses*, 61(1), 21-28.
- Friis-Christensen, E., & Lassen, K. (1991). Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science*, 254(5032), 698-700.
- Fröhlich, C., & Lean, J. (1998). The Sun's total irradiance: Cycles, trends and related climate change uncertainties since 1976. *Geophysical Research Letters*, 25(23), 4377-4380.
- Garcia-Mata, C., & Shaffner, F. I. (1934). Solar and economic relationships: a preliminary report. *The quarterly journal of economics*, 1-51.

- Giampapa, M. S., Gibson, S., Harvey, J. W., Hill, F., Norton, A. A., & Pevtsov, A. (2009). Causes of Solar Activity. In *astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey* (Vol. 2010, p. 92).
- Gorbanev, M. (2012). Sunspots, unemployment, and recessions, or Can the solar activity cycle shape the business cycle?.
- Guenther, D. B. (1989). Age of the Sun. *The Astrophysical Journal*, 339, 1156-1159.
- Hathaway, D. H., Wilson, R. M., & Reichmann, E. J. (1994). The shape of the sunspot cycle. *Solar Physics*, 151(1), 177-190.
- Herschel, W. (1801). Observations tending to investigate the nature of the Sun, in order to find the causes or symptoms of its variable emission of light and heat; with remarks on the use that may possibly be drawn from solar observations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 265-318.
- Howard, R. F. (1991). Axial tilt angles of sunspot groups. *Solar physics*, 136(2), 251-262.
- Ivanovic-Zuvic, F., de la Vega, R., Ivanovic-Zuvic, N., & Rentería, P. (2004). [Affective disorders and solar activity]. *Actas espanolas de psiquiatria*, 33(1), 7-12.
- Karim, L. M., & Abbas, M. H. The Relation between Influenza Pandemics and Solar Activity.
- Lowell, W. E., & Davis Jr, G. E. (2008). The light of life: Evidence that the sun modulates human lifespan. *Medical hypotheses*, 70(3), 501-507.
- Maunder, E. W. (1904). Note on the distribution of sun-spots in heliographic latitude, 1874-1902. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 64, 747-761.
- McKibbin, W. J., & Sidorenko, A. (2006). *Global macroeconomic consequences of pandemic influenza* (p. 79). Sydney, Australia: Lowy Institute for International Policy.
- Modis, T. (2007). Sunspots, GDP and the stock market. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8), 1508-1514.
- Molinari, N. A. M., Ortega-Sanchez, I. R., Messonnier, M. L., Thompson, W. W., Wortley, P. M., Weintraub, E., & Bridges, C. B. (2007). The annual impact of seasonal influenza in the US: measuring disease burden and costs. *Vaccine*, 25(27), 5086-5096.
- Munro, R. H., Gosling, J. T., Hildner, E., MacQueen, R. M., Poland, A. I., & Ross, C. L. (1979). The association of coronal mass ejection transients with other forms of solar activity. *Solar Physics*, 61(1), 201-215.

- Murphy, J. O. (1991). The downturn in solar activity during solar cycles 5 and 6. In *Proceedings of the Astronomical Society of Australia* (Vol. 9, p. 330).
- Nguyen, T. T., Willis, C. P., Paddon, D. J., Nguyen, S. H., & Nguyen, H. S. (2006). Learning sunspot classification. *Fundamenta Informaticae*, 72(1), 295-309.
- Nordemann, D. J. R., Rigozo, N. R., & de Faria, H. H. (2005). Solar activity and El-Niño signals observed in Brazil and Chile tree ring records. *Advances in Space Research*, 35(5), 891-896.
- Ohtomo, K., Kobayashi, N., Sumi, A., & Ohtomo, N. (2010). Relationship of cholera incidence to El Nino and solar activity elucidated by time-series analysis. *Epidemiology and infection*, 138(01), 99-107.
- Otsu, A., Chinami, M., Morgenthale, S., Kaneko, Y., Fujita, D., & Shirakawa, T. (2006). Correlations for number of sunspots, unemployment rate, and suicide mortality in Japan. *Perceptual and motor skills*, 102(2), 603-608.
- Patra, J., Popova, S., Rehm, J., Bondy, S., Flint, R., & Giesbrecht, N. (2007). *Economic cost of chronic disease in Canada, 1995-2003*. Ontario Chronic Disease Prevention Alliance.
- Pittock, A. B. (1978). A critical look at long-term Sun-weather relationships. *Reviews of Geophysics*, 16(3), 400-420.
- Pustilnik, L. A., & Din, G. Y. (2003). Influence of Solar Activity on State of Wheat Market in Medieval England Authors: Lev A. Pustilnik, Gregory Yom Din.
- Randall, W. (1991). An eleven-year cycle in human births. *International journal of biometeorology*, 35(1), 33-38.
- Randall, W., & Moos, W. S. (1993). The 11-year cycle in human births. *International journal of biometeorology*, 37(2), 72-77.
- Reid, G. C. (1987). Influence of solar variability on global sea surface temperatures.
- REID, G. C. (1991). Sea Surface Temperature Record. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 96(D2), 2835-2844.
- Russell, C. T. (2001). Solar wind and interplanetary magnetic field: A tutorial. *Space Weather*, 73-89.
- Shell, K. (1987). Sunspot equilibrium. *The New Palgrave: A Dictionary of Economics* (J. Eatwell, M. Milgate, and P. Newman, eds.), 4, 549-551.
- Smith, A. (1776). An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. *Edwin Cannan's annotated edition*.

- Sobotka, M. (2002, December). Photospheric layers of sunspots and pores. In *Solar Variability: From Core to Outer Frontiers* (Vol. 506, pp. 381-388).
- Tchijevsky, A. L. (1971). Physical factors of the historical process. *Cycles*, 22, 11-27.
- Thompson, M. J., Toomre, J., Anderson, E. R., Antia, H. M., Berthomieu, G., Burtonclay, D., ... & Wilson, P. R. (1996). Differential rotation and dynamics of the solar interior. *Science*, 272(5266), 1300-1305.
- Turck-Chièze, S., & Talon, S. (2008). The dynamics of the solar radiative zone. *Advances in Space Research*, 41(6), 855-860.
- Van den Berghe, D.H. (2012). How to Use the Solar Cycle.
- Ventriglio, A., Borelli, A., Bellomo, A., & Lepore, A. (2011). Birthdates of patients affected by mental illness and solar activity: A study from Italy. *Advances in Space Research*, 47(7), 1135-1139.
- Walsh, B. (1993). Economic Cycles and Changes in the Earth's Geomagnetic Field. *Cycles Magazine*, 44.
- Williams, D. R. (1 July 2013). Sun Fact Sheet. [NASA](#). Retrieved 12 August 2013.
- World Health Organization. (2009). WHO guide to identifying the economic consequences of disease and injury.
- Yousef, M. A. (2014). Astrostatistics: Statistical Analysis of Solar Activity from 1939 to 2008 (Doctoral dissertation, Bowling Green State University).

Ηλεκτρονικές πηγές

- ["NASA/Marshall Solar Physics"](#). [Marshall Space Flight Center](#). 18 January 2007. Retrieved 11 July 2009.
- ["NASA/Marshall Solar Physics"](#). [Marshall Space Flight Center](#). Photospheric Features, 11 August 2014
- <http://economicsandpeace.org/>
- <http://research.noaa.gov/Home/SiteNav.aspx>
- <http://www.cres.gr/kape/>
- <http://www.hnms.gr/hnms/greek/index.html>
- http://www.mcoscillator.com/learning_center/weekly_chart/the_secret_driver_of_unemployment/
- https://en.wikipedia.org/wiki/Modern_Maximum

- Stanford Solar Center, “The Sun's Vital Statistics”, <http://solar-center.stanford.edu/vitalstats.html> .
- www.nasa.gov

Παράρτημα

ΠΙΝΑΚΑΣ Α. Δεδομένα εμπειρικής ανάλυσης

Έτος	Γεννήσεις (Ελλάδα)	Γεννήσεις Νομού Θεσσαλονίκης	Γεννήσεις Νομού Αττικής	Γεννήσεις Νομού Ηρακλείου	Μέσος Αριθμός Κηλίδων
1921	106.935	8.559	12.088	2.128	43,5
1922	109.636	9.804	12.248	2.420	23,7
1923	113.926	11.201	13.340	2.256	9,7
1924	117.014	10.890	14.065	1.720	27,9
1925	156.367	14.155	22.015	3.013	74
1926	181.278	16.341	29.314	3.553	106,5
1927	176.527	15.313	26.541	3.359	114,7
1928	189.250	17.163	27.458	3.564	129,7
1929	181.870	17.727	26.664	3.769	108,2
1930	199.665	20.191	29.267	4.213	59,4
1931	199.243	20.067	27.411	3.996	35,1
1932	185.523	18.680	26.399	3.910	18,6
1933	189.583	18.813	27.096	4.314	9,2
1934	208.929	20.244	27.378	4.607	14,6
1935	192.511	15.237	25.507	4.505	60,2
1936	193.343	15.302	25.734	4.640	132,8
1937	183.878	13.507	24.953	4.118	190,6
1938	184.509	14.707	23.892	4.409	182,6
1939	178.852	-	-	-	200,7
1940	179.500	-	-	-	269,3
1941	-	-	-	-	79,2
1942	-	-	-	-	50,8
1943	-	-	-	-	27,1
1944	-	-	-	-	16,1
1945	-	-	-	-	55,3
1946	-	-	-	-	154,3
1947	-	-	-	-	214,7
1948	-	-	-	-	193
1949	139.108	-	-	-	190,7
1950	151.134	-	-	-	118,9
1951	155.422	-	-	-	98,3
1952	149.637	-	-	-	45,0
1953	143.765	-	-	-	20,1
1954	151.892	-	-	-	6,6
1955	154.263	-	-	-	54,2
1956	158.203	9.576	29.625	4.302	200,7
1957	155.940	9.358	30.794	4.065	269,3

1958	155.359	9.542	31.741	4.158	261,7
1959	160.199	10.243	33.482	4.195	225,1
1960	157.239	10.389	33.512	4.210	159
1961	150.716	9.824	33.617	3.812	76,4
1962	152.158	10.725	36.080	3.977	53,4
1963	148.249	10.737	38.172	4.052	39,9
1964	153.109	12.275	41.351	3.925	15
1965	151.448	12.909	42.598	3.877	22
1966	154.613	14.351	45.912	4.185	66,8
1967	162.839	14.849	50.040	4.499	132,9
1968	160.338	14.384	49.838	4.525	150
1969	154.077	14.211	49.392	4.486	149,4
1970	144.928	13.475	49.638	4.272	148
1971	141.126	13.269	50.279	4.392	94,4
1972	140.891	13.906	51.766	4.280	97,6
1973	137.526	13.946	52.236	4.147	54,1
1974	144.069	14.798	56.236	4.555	49,2
1975	142.273	14.920	56.832	4.684	22,5
1976	146.566	16.099	59.918	4.675	18,4
1977	143.739	16.033	59.102	4.714	39,3
1978	146.588	15.103	60.870	4.842	131
1979	147.965	16.123	61.516	4.782	220,1
1980	148.134	16.382	62.051	4.896	218,9
1981	140.953	15.720	57.422	4.640	198,9
1982	137.275	15.112	56.538	4.659	162,4
1983	132.608	14.517	54.780	4.553	91
1984	125.724	13.794	51.172	4.345	60,5
1985	116.481	12.709	48.163	3.958	20,6
1986	112.810	12.531	46.402	3.960	14,8
1987	106.392	12.048	43.293	3.818	33,9
1988	107.505	12.312	43.775	3.888	123
1989	101.657	11.705	41.693	3.556	211,1
1990	102.229	12.102	42.450	3.566	191,8
1991	102.620	12.045	42.968	3.447	203,3
1992	104.081	12.453	43.576	3.451	133
1993	101.799	12.664	42.044	3.252	76,1
1994	103.763	13.092	42.376	3.489	44,9
1995	101.495	13.060	41.831	3.298	25,1
1996	100.718	13.078	41.236	3.406	11,6
1997	102.038	13.189	42.109	3.480	28,9
1998	100.894	10.976	35.700	3.224	88,3
1999	100.643	11.150	35.965	3.190	136,3
2000	103.274	11.390	36.977	3.262	173,9
2001	102.282	11.094	36.967	3.345	170,4
2002	103.569	11.631	37.481	3.369	163,6
2003	104.420	11.204	38.446	3.528	99,3

2004	105.655	11.604	38.901	3.581	65,3
2005	107.545	11.835	39.182	3.639	45,8
2006	112.042	12.530	40.925	3.796	24,7
2007	111.926	12.464	41.218	3.914	12,6
2008	118.302	13.124	42.899	4.155	4,2
2009	117.933	13.145	42.831	4.135	4,8
2010	114.766	12.702	41.869	3.938	24,9
2011	106.428	11.707	39.564	3.551	80,8
2012	100.371	10.815	37.266	3.532	84,5
2013	94.134	10.144	34.715	3.168	94
2014	92.149	9.676	34.453	3.191	113,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Πρώτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
Method: Least Squares
Date: 02/16/16 Time: 19:56
Sample: 1921 2014
Included observations: 86

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	134490.4	5649.594	23.80532	0.0000
SUNSP	44.88564	48.53674	0.924777	0.3577
R-squared	0.010078	Mean dependent var		138701.5
Adjusted R-squared	-0.001706	S.D. dependent var		30983.63
S.E. of regression	31010.06	Akaike info criterion		23.54499
Sum squared resid	8.08E+10	Schwarz criterion		23.60207
Log likelihood	-1010.435	Hannan-Quinn criter.		23.56796
F-statistic	0.855212	Durbin-Watson stat		0.087246
Prob(F-statistic)	0.357731			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	395.1077	Prob. F(2,82)	0.0000
Obs*R-squared	77.91484	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 02/16/16 Time: 20:04

Sample: 1921 2014

Included observations: 86

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1539.804	1757.978	0.875895	0.3836
SUNSP	-22.19194	15.20240	-1.459765	0.1482
RESID(-1)	0.951523	0.109715	8.672680	0.0000
RESID(-2)	0.016355	0.111471	0.146720	0.8837
R-squared	0.905987	Mean dependent var		1.52E-12
Adjusted R-squared	0.902547	S.D. dependent var		30827.10
S.E. of regression	9623.440	Akaike info criterion		21.22719
Sum squared resid	7.59E+09	Schwarz criterion		21.34134
Log likelihood	-908.7690	Hannan-Quinn criter.		21.27313
F-statistic	263.4051	Durbin-Watson stat		1.850011
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Δεύτερου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 14:30

Sample (adjusted): 1922 2014

Included observations: 85 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	135336.6	5899.995	22.93842	0.0000
SUNSPOTS	48.45861	83.75166	0.578599	0.5644
SUNSPOTS(-1)	-8.847313	82.57840	-0.107138	0.9149
R-squared	0.008676	Mean dependent var		139075.3
Adjusted R-squared	-0.015502	S.D. dependent var		30971.91
S.E. of regression	31211.06	Akaike info criterion		23.56959
Sum squared resid	7.99E+10	Schwarz criterion		23.65580
Log likelihood	-998.7075	Hannan-Quinn criter.		23.60427
F-statistic	0.358839	Durbin-Watson stat		0.064468
Prob(F-statistic)	0.699578			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	525.0233	Prob. F(2,80)	0.0000
Obs*R-squared	78.98255	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 14:31

Sample: 1922 2014

Included observations: 85

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	313.6833	1592.679	0.196953	0.8444
SUNSPOTS	-23.37019	22.60198	-1.033989	0.3043
SUNSPOTS(-1)	19.14938	22.25251	0.860549	0.3921
RESID(-1)	1.081402	0.111026	9.740090	0.0000
RESID(-2)	-0.098968	0.113732	-0.870187	0.3868
R-squared	0.929206	Mean dependent var		-2.36E-11
Adjusted R-squared	0.925667	S.D. dependent var		30837.26
S.E. of regression	8407.507	Akaike info criterion		20.96866
Sum squared resid	5.65E+09	Schwarz criterion		21.11235
Log likelihood	-886.1681	Hannan-Quinn criter.		21.02645
F-statistic	262.5116	Durbin-Watson stat		1.900360
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τρίτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 14:32

Sample (adjusted): 1922 2014

Included observations: 84 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2733.977	4071.293	0.671526	0.5038
SUNSPOTS	-7.522897	12.57372	-0.598303	0.5513
BIRTHS(-1)	0.987551	0.028382	34.79441	0.0000
R-squared	0.937837	Mean dependent var		139074.9
Adjusted R-squared	0.936303	S.D. dependent var		31157.93
S.E. of regression	7863.749	Akaike info criterion		20.81298
Sum squared resid	5.01E+09	Schwarz criterion		20.89979
Log likelihood	-871.1450	Hannan-Quinn criter.		20.84787
F-statistic	611.0175	Durbin-Watson stat		1.695542
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.325550	Prob. F(2,79)	0.2715
Obs*R-squared	2.727366	Prob. Chi-Square(2)	0.2557

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 14:33

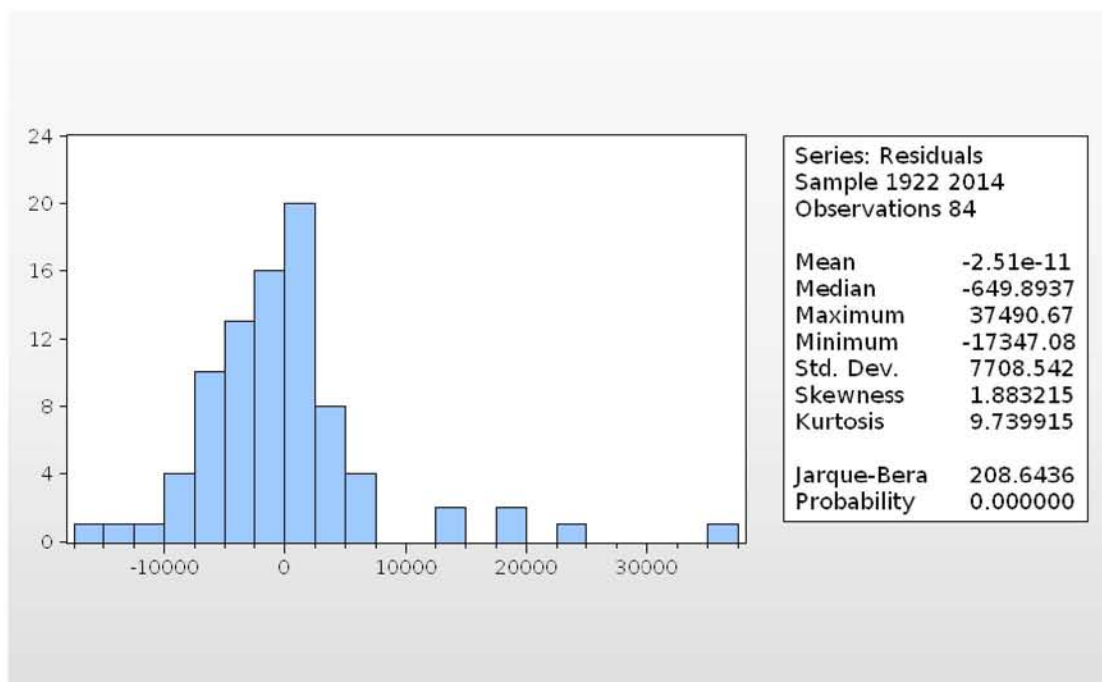
Sample: 1922 2014

Included observations: 84

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2290.676	4305.408	0.532046	0.5962
SUNSPOTS	-0.815919	12.53462	-0.065093	0.9483
BIRTHS(-1)	-0.016100	0.030047	-0.535841	0.5936
RESID(-1)	0.148582	0.114694	1.295471	0.1989
RESID(-2)	0.102037	0.116554	0.875448	0.3840
R-squared	0.032469	Mean dependent var	-1.06E-11	
Adjusted R-squared	-0.016520	S.D. dependent var	7768.427	
S.E. of regression	7832.332	Akaike info criterion	20.82759	
Sum squared resid	4.85E+09	Schwarz criterion	20.97228	
Log likelihood	-869.7587	Hannan-Quinn criter.	20.88575	
F-statistic	0.662775	Durbin-Watson stat	2.016218	
Prob(F-statistic)	0.619701			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7. Τεστ κανονικότητας Jarque – Bera



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τέταρτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 14:33
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 84 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3043.949	4074.539	0.747066	0.4572
SUNSPOTS	11.45000	21.12103	0.542113	0.5892
BIRTHS(-1)	0.988203	0.028345	34.86320	0.0000
SUNSPOTS(-1)	-23.24215	20.80664	-1.117054	0.2673
R-squared	0.938792	Mean dependent var		139074.9
Adjusted R-squared	0.936497	S.D. dependent var		31157.93
S.E. of regression	7851.747	Akaike info criterion		20.82131
Sum squared resid	4.93E+09	Schwarz criterion		20.93706
Log likelihood	-870.4949	Hannan-Quinn criter.		20.86784
F-statistic	409.0071	Durbin-Watson stat		1.708245
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.9. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

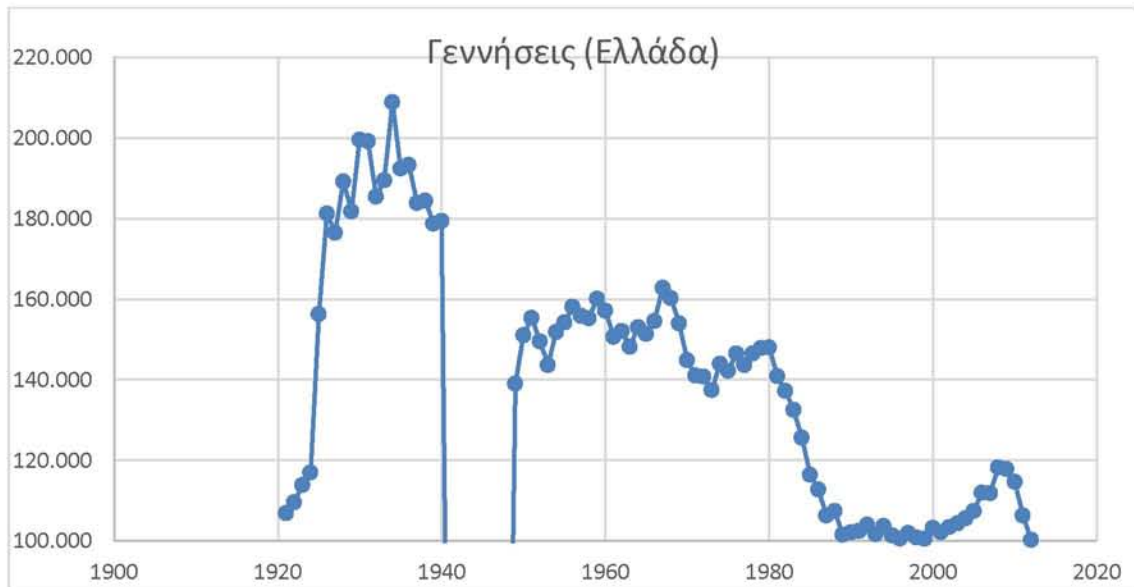
F-statistic	1.113778	Prob. F(2,78)	0.3335
Obs*R-squared	2.332299	Prob. Chi-Square(2)	0.3116

Test Equation:

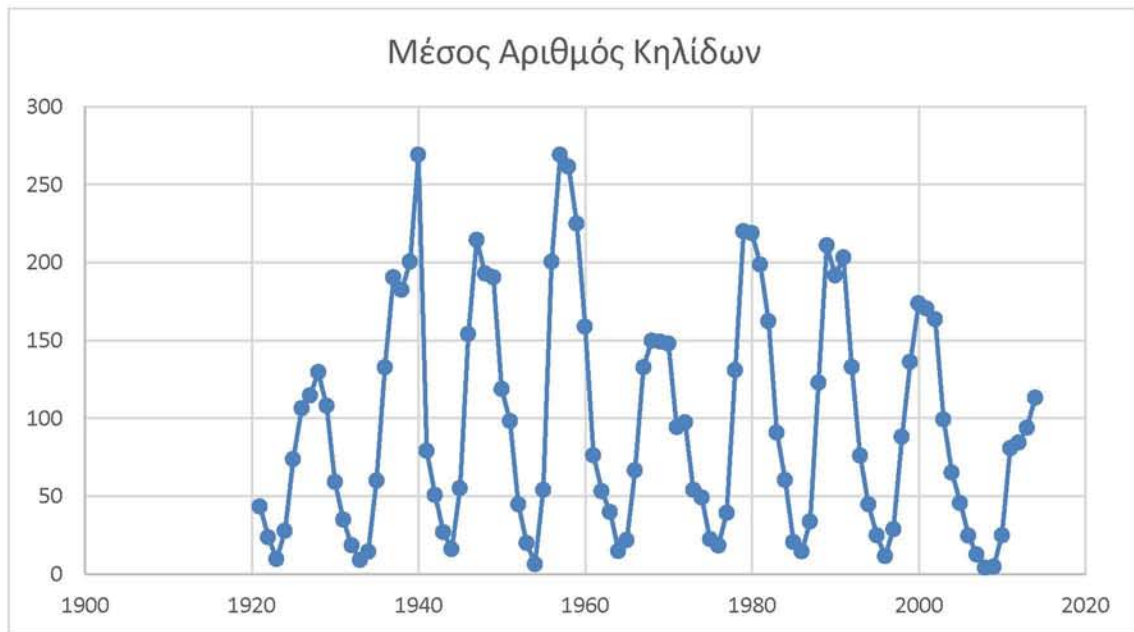
Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 14:34
 Sample: 1922 2014
 Included observations: 84
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1964.826	4286.416	0.458384	0.6480
SUNSPOTS	1.376273	21.12658	0.065144	0.9482
BIRTHS(-1)	-0.014885	0.030103	-0.494461	0.6224
SUNSPOTS(-1)	-0.466079	20.78723	-0.022421	0.9822
RESID(-1)	0.137458	0.115547	1.189623	0.2378
RESID(-2)	0.095223	0.117312	0.811707	0.4194
R-squared	0.027765	Mean dependent var		-2.51E-11
Adjusted R-squared	-0.034557	S.D. dependent var		7708.542
S.E. of regression	7840.604	Akaike info criterion		20.84077
Sum squared resid	4.80E+09	Schwarz criterion		21.01440
Log likelihood	-869.3123	Hannan-Quinn criter.		20.91057
F-statistic	0.445511	Durbin-Watson stat		2.002753
Prob(F-statistic)	0.815304			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.10. Γράφημα του ετήσιου πλήθους γεννήσεων της Ελλάδας την περίοδο 1921 – 2014



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.11. Γράφημα του ετήσιου μέσου συνολικού αριθμού των ηλιακών κηλίδων την περίοδο 1921 – 2014



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.12. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Πρώτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:24
 Sample: 1950 1981
 Included observations: 32

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	147.0124	1.865116	78.82212	0.0000
SUNSPOTS	0.029204	0.014030	2.081593	0.0460
R-squared	0.126206	Mean dependent var		150.1674
Adjusted R-squared	0.097079	S.D. dependent var		6.470558
S.E. of regression	6.148462	Akaike info criterion		6.530743
Sum squared resid	1134.108	Schwarz criterion		6.622351
Log likelihood	-102.4919	Hannan-Quinn criter.		6.561108
F-statistic	4.333031	Durbin-Watson stat		0.502865
Prob(F-statistic)	0.046011			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.13. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	17.39944	Prob. F(2,28)	0.0000
Obs*R-squared	17.73223	Prob. Chi-Square(2)	0.0001

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:25
 Sample: 1950 1981
 Included observations: 32
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.676805	1.300558	0.520396	0.6069
SUNSPOTS	-0.008986	0.009965	-0.901771	0.3749
RESID(-1)	0.820859	0.197604	4.154055	0.0003
RESID(-2)	-0.019498	0.203880	-0.095636	0.9245
R-squared	0.554132	Mean dependent var		1.20E-14
Adjusted R-squared	0.506361	S.D. dependent var		6.048481
S.E. of regression	4.249631	Akaike info criterion		5.848010
Sum squared resid	505.6621	Schwarz criterion		6.031227
Log likelihood	-89.56816	Hannan-Quinn criter.		5.908741
F-statistic	11.59962	Durbin-Watson stat		1.954718
Prob(F-statistic)	0.000041			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.14. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Δεύτερου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:27
 Sample (adjusted): 1951 1981
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	147.5016	1.970758	74.84510	0.0000
SUNSPOTS	0.047989	0.023724	2.022839	0.0527
SUNSPOTS(-1)	-0.024100	0.024260	-0.993373	0.3290
R-squared	0.155649	Mean dependent var		150.1363
Adjusted R-squared	0.095338	S.D. dependent var		6.575073
S.E. of regression	6.253796	Akaike info criterion		6.596020
Sum squared resid	1095.079	Schwarz criterion		6.734793
Log likelihood	-99.23831	Hannan-Quinn criter.		6.641256
F-statistic	2.580781	Durbin-Watson stat		0.469104
Prob(F-statistic)	0.093610			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.15. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	15.66096	Prob. F(2,26)	0.0000
Obs*R-squared	16.93906	Prob. Chi-Square(2)	0.0002

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:27
 Sample: 1951 1981
 Included observations: 31
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.192777	1.378084	0.139887	0.8898
SUNSPOTS	-0.000514	0.016584	-0.030969	0.9755
SUNSPOTS(-1)	-0.003897	0.016976	-0.229586	0.8202
RESID(-1)	0.792212	0.206376	3.838679	0.0007
RESID(-2)	-0.008675	0.209539	-0.041398	0.9673
R-squared	0.546421	Mean dependent var		-2.93E-14
Adjusted R-squared	0.476640	S.D. dependent var		6.041741
S.E. of regression	4.370814	Akaike info criterion		5.934466
Sum squared resid	496.7044	Schwarz criterion		6.165754
Log likelihood	-86.98422	Hannan-Quinn criter.		6.009860
F-statistic	7.830480	Durbin-Watson stat		1.845438
Prob(F-statistic)	0.000279			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.16. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τρίτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:26
 Sample (adjusted): 1951 1981
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	38.05693	21.51091	1.769192	0.0878
SUNSPOTS	0.003806	0.011612	0.327719	0.7456
BIRTHS(-1)	0.742164	0.146237	5.075071	0.0000
R-squared	0.544704	Mean dependent var		150.1363
Adjusted R-squared	0.512183	S.D. dependent var		6.575073
S.E. of regression	4.592286	Akaike info criterion		5.978398
Sum squared resid	590.4944	Schwarz criterion		6.117171
Log likelihood	-89.66518	Hannan-Quinn criter.		6.023635
F-statistic	16.74925	Durbin-Watson stat		1.665899
Prob(F-statistic)	0.000016			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.17. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.415964	Prob. F(2,26)	0.6640
Obs*R-squared	0.961159	Prob. Chi-Square(2)	0.6184

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:27
 Sample: 1951 1981
 Included observations: 31
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.95812	35.38585	0.705314	0.4869
SUNSPOTS	-0.000326	0.011981	-0.027213	0.9785
BIRTHS(-1)	-0.166359	0.237558	-0.700288	0.4900
RESID(-1)	0.256099	0.293489	0.872602	0.3909
RESID(-2)	0.161709	0.270795	0.597163	0.5556
R-squared	0.031005	Mean dependent var		-2.62E-14
Adjusted R-squared	-0.118071	S.D. dependent var		4.436569
S.E. of regression	4.691179	Akaike info criterion		6.075935
Sum squared resid	572.1861	Schwarz criterion		6.307223
Log likelihood	-89.17699	Hannan-Quinn criter.		6.151329
F-statistic	0.207982	Durbin-Watson stat		1.846622
Prob(F-statistic)	0.931660			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.18. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τέταρτου Υποδείγματος

Dependent Variable: BIRTHS
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:28
 Sample (adjusted): 1951 1981
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	30.80080	20.08973	1.533162	0.1369
SUNSPOTS	0.033400	0.016281	2.051486	0.0500
BIRTHS(-1)	0.797364	0.136960	5.821873	0.0000
SUNSPOTS(-1)	-0.040306	0.016685	-2.415720	0.0227
R-squared	0.625622	Mean dependent var		150.1363
Adjusted R-squared	0.584024	S.D. dependent var		6.575073
S.E. of regression	4.240672	Akaike info criterion		5.847235
Sum squared resid	485.5492	Schwarz criterion		6.032266
Log likelihood	-86.63214	Hannan-Quinn criter.		5.907550
F-statistic	15.03984	Durbin-Watson stat		1.893254
Prob(F-statistic)	0.000006			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.19. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

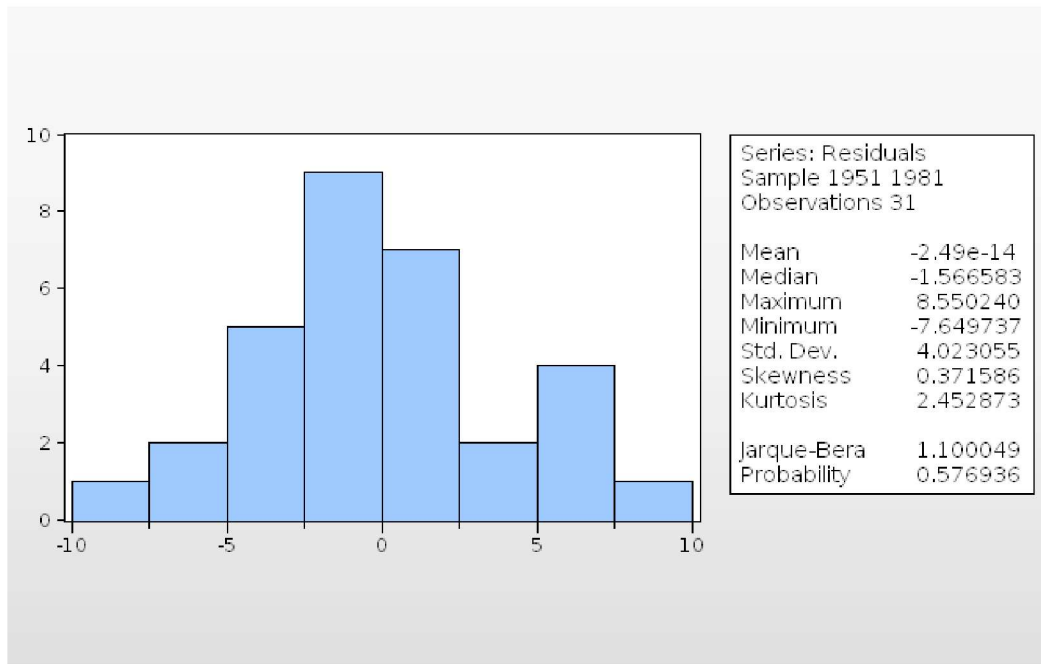
F-statistic	0.029755	Prob. F(2,25)	0.9707
Obs*R-squared	0.073617	Prob. Chi-Square(2)	0.9639

Test Equation:

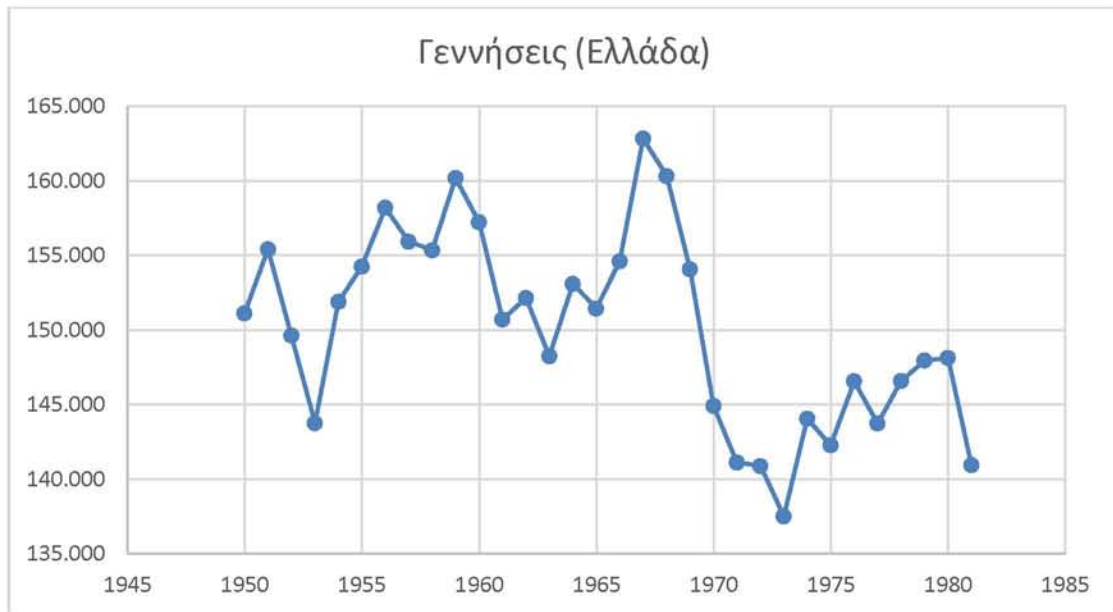
Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 05/14/16 Time: 08:29
 Sample: 1951 1981
 Included observations: 31
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-6.600335	34.97649	-0.188708	0.8518
SUNSPOTS	-0.000932	0.017447	-0.053396	0.9578
BIRTHS(-1)	0.045115	0.238828	0.188900	0.8517
SUNSPOTS(-1)	-0.000640	0.017521	-0.036550	0.9711
RESID(-1)	-0.056994	0.304883	-0.186938	0.8532
RESID(-2)	-0.060746	0.268901	-0.225903	0.8231
R-squared	0.002375	Mean dependent var		-2.49E-14
Adjusted R-squared	-0.197150	S.D. dependent var		4.023055
S.E. of regression	4.401800	Akaike info criterion		5.973890
Sum squared resid	484.3961	Schwarz criterion		6.251436
Log likelihood	-86.59529	Hannan-Quinn criter.		6.064363
F-statistic	0.011902	Durbin-Watson stat		1.875432
Prob(F-statistic)	0.999948			

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.20. Τεστ κανονικότητας Jarque – Bera



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.21. Γράφημα του ετήσιου πλήθους γεννήσεων της Ελλάδας την περίοδο 1950 – 1981



ΠΙΝΑΚΑΣ 1.22. Γράφημα του ετήσιου μέσου συνολικού αριθμού των ηλικιών κηλίδων την περίοδο 1950 – 1981



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης για το Νομό Θεσσαλονίκης

Dependent Variable: BIRTHS_SKG
Method: Least Squares
Date: 02/16/16 Time: 19:58
Sample: 1921 2014
Included observations: 77

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	13923.36	498.1713	27.94895	0.0000
SUNSP	-6.523377	4.236081	-1.539955	0.1278
R-squared	0.030650	Mean dependent var		13307.14
Adjusted R-squared	0.017726	S.D. dependent var		2627.205
S.E. of regression	2603.816	Akaike info criterion		18.59297
Sum squared resid	5.08E+08	Schwarz criterion		18.65385
Log likelihood	-713.8295	Hannan-Quinn criter.		18.61733
F-statistic	2.371463	Durbin-Watson stat		0.178283
Prob(F-statistic)	0.127780			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	120.1073	Prob. F(2,73)	0.0000
Obs*R-squared	59.05383	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 02/16/16 Time: 20:00
Sample: 1921 2014
Included observations: 77

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.810351	243.8050	0.015629	0.9876
SUNSP	-0.225415	2.074575	-0.108656	0.9138
RESID(-1)	0.896437	0.118114	7.589609	0.0000
RESID(-2)	-0.007346	0.119476	-0.061489	0.9511
R-squared	0.766933	Mean dependent var		1.54E-12
Adjusted R-squared	0.757355	S.D. dependent var		2586.629
S.E. of regression	1274.148	Akaike info criterion		17.18849
Sum squared resid	1.19E+08	Schwarz criterion		17.31025
Log likelihood	-657.7570	Hannan-Quinn criter.		17.23720
F-statistic	80.07150	Durbin-Watson stat		1.712734
Prob(F-statistic)	0.000000			

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Δεύτερου Υποδείγματος για το Νομό
Θεσσαλονίκης**

Dependent Variable: BIRTHS_SKG
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:34
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 76 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	14082.36	508.9738	27.66814	0.0000
SUNSPOTS	-5.916655	7.165493	-0.825715	0.4117
SUNSPOTS(-1)	-1.619662	7.205506	-0.224781	0.8228
R-squared	0.039674	Mean dependent var		13369.62
Adjusted R-squared	0.013364	S.D. dependent var		2586.442
S.E. of regression	2569.101	Akaike info criterion		18.57917
Sum squared resid	4.82E+08	Schwarz criterion		18.67118
Log likelihood	-703.0086	Hannan-Quinn criter.		18.61594
F-statistic	1.507944	Durbin-Watson stat		0.187316
Prob(F-statistic)	0.228179			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	119.1103	Prob. F(2,71)	0.0000
Obs*R-squared	58.54968	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:35
 Sample: 1922 2014
 Included observations: 76
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-58.24149	247.4107	-0.235404	0.8146
SUNSPOTS	0.796697	3.482413	0.228777	0.8197
SUNSPOTS(-1)	-0.390802	3.502047	-0.111592	0.9115
RESID(-1)	0.890118	0.119898	7.423991	0.0000
RESID(-2)	0.004123	0.121381	0.033971	0.9730
R-squared	0.770391	Mean dependent var		1.15E-12
Adjusted R-squared	0.757455	S.D. dependent var		2534.615
S.E. of regression	1248.269	Akaike info criterion		17.16043
Sum squared resid	1.11E+08	Schwarz criterion		17.31377
Log likelihood	-647.0963	Hannan-Quinn criter.		17.22171
F-statistic	59.55517	Durbin-Watson stat		1.755071
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τρίτου Υποδείγματος για το Νομό Θεσσαλονίκης

Dependent Variable: BIRTHS_SKG
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:36
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1781.448	690.4387	2.580168	0.0119
SUNSPOTS	-1.709504	1.782990	-0.958785	0.3409
BIRTHS_SKG(-1)	0.884687	0.047657	18.56349	0.0000
R-squared	0.832349	Mean dependent var		13420.20
Adjusted R-squared	0.827692	S.D. dependent var		2565.738
S.E. of regression	1065.037	Akaike info criterion		16.81858
Sum squared resid	81669895	Schwarz criterion		16.91128
Log likelihood	-627.6969	Hannan-Quinn criter.		16.85560
F-statistic	178.7320	Durbin-Watson stat		1.932147
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

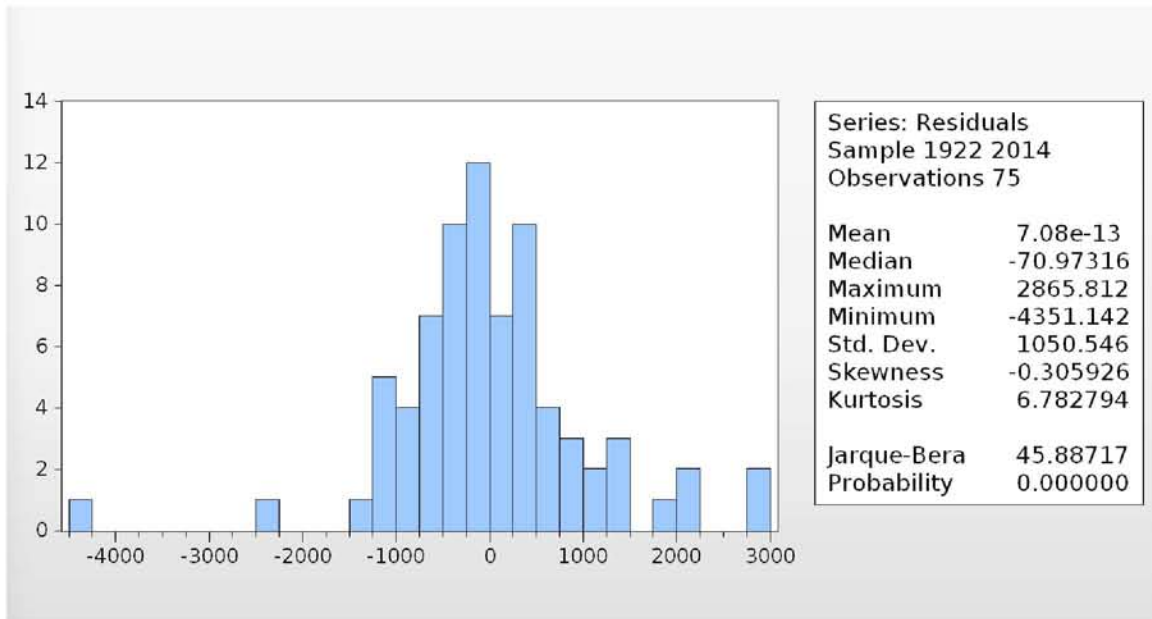
F-statistic	2.235238	Prob. F(2,70)	0.1145
Obs*R-squared	4.502262	Prob. Chi-Square(2)	0.1053

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:37
 Sample: 1922 2014
 Included observations: 75
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	571.4440	761.1286	0.750785	0.4553
SUNSPOTS	0.293584	1.759377	0.166868	0.8680
BIRTHS_SKG(-1)	-0.045462	0.054055	-0.841030	0.4032
RESID(-1)	0.064266	0.128133	0.501556	0.6176
RESID(-2)	0.271499	0.129525	2.096117	0.0397
R-squared	0.060030	Mean dependent var		7.08E-13
Adjusted R-squared	0.006318	S.D. dependent var		1050.546
S.E. of regression	1047.222	Akaike info criterion		16.81001
Sum squared resid	76767237	Schwarz criterion		16.96451
Log likelihood	-625.3754	Hannan-Quinn criter.		16.87170
F-statistic	1.117619	Durbin-Watson stat		2.090625
Prob(F-statistic)	0.355219			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7. Τεστ κανονικότητας Jarque – Bera



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τέταρτου Υποδείγματος για το Νομό Θεσσαλονίκης

Dependent Variable: BIRTHS_SKG
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:37
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1705.103	705.1194	2.418177	0.0182
SUNSPOTS	-3.324160	3.233907	-1.027908	0.3075
BIRTHS_SKG(-1)	0.888237	0.048235	18.41463	0.0000
SUNSPOTS(-1)	1.938348	3.232493	0.599645	0.5507
R-squared	0.833194	Mean dependent var		13420.20
Adjusted R-squared	0.826146	S.D. dependent var		2565.738
S.E. of regression	1069.806	Akaike info criterion		16.84020
Sum squared resid	81258368	Schwarz criterion		16.96380
Log likelihood	-627.5075	Hannan-Quinn criter.		16.88955
F-statistic	118.2146	Durbin-Watson stat		1.947060
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	2.257777	Prob. F(2,69)	0.1123
Obs*R-squared	4.606734	Prob. Chi-Square(2)	0.0999

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:40

Sample: 1922 2014

Included observations: 75

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	635.1702	792.3516	0.801627	0.4255
SUNSPOTS	0.770062	3.211385	0.239791	0.8112
BIRTHS_SKG(-1)	-0.047866	0.055393	-0.864127	0.3905
SUNSPOTS(-1)	-0.818040	3.217080	-0.254280	0.8000
RESID(-1)	0.062726	0.129829	0.483145	0.6305
RESID(-2)	0.275707	0.130453	2.113455	0.0382
R-squared	0.061423	Mean dependent var		1.19E-12
Adjusted R-squared	-0.006590	S.D. dependent var		1047.896
S.E. of regression	1051.343	Akaike info criterion		16.83014
Sum squared resid	76267226	Schwarz criterion		17.01554
Log likelihood	-625.1304	Hannan-Quinn criter.		16.90417
F-statistic	0.903111	Durbin-Watson stat		2.100943
Prob(F-statistic)	0.484211			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης για το Νομό Αττικής

Dependent Variable: BIRTHS_ATH

Method: Least Squares

Date: 02/16/16 Time: 20:06

Sample: 1921 2014

Included observations: 77

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	37813.40	2275.421	16.61820	0.0000
SUNSP	15.60731	19.34850	0.806642	0.4224
R-squared	0.008601	Mean dependent var		39287.73
Adjusted R-squared	-0.004618	S.D. dependent var		11865.69
S.E. of regression	11893.05	Akaike info criterion		21.63093
Sum squared resid	1.06E+10	Schwarz criterion		21.69181
Log likelihood	-830.7907	Hannan-Quinn criter.		21.65528
F-statistic	0.650671	Durbin-Watson stat		0.036765
Prob(F-statistic)	0.422423			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	295.5122	Prob. F(2,73)	0.0000
Obs*R-squared	68.53495	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 02/16/16 Time: 20:13

Sample: 1921 2014

Included observations: 77

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-32.87510	765.7356	-0.042933	0.9659
SUNSP	-2.182014	6.549994	-0.333132	0.7400
RESID(-1)	1.064817	0.116872	9.110964	0.0000
RESID(-2)	-0.116235	0.118723	-0.979039	0.3308
R-squared	0.890064	Mean dependent var		3.43E-12
Adjusted R-squared	0.885546	S.D. dependent var		11814.55
S.E. of regression	3996.979	Akaike info criterion		19.47502
Sum squared resid	1.17E+09	Schwarz criterion		19.59677
Log likelihood	-745.7881	Hannan-Quinn criter.		19.52372
F-statistic	197.0081	Durbin-Watson stat		1.320861
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Δεύτερου Υποδείγματος για το Νομό Αττικής

Dependent Variable: BIRTHS_ATH

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:22

Sample (adjusted): 1922 2014

Included observations: 76 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	38100.30	2296.988	16.58707	0.0000
SUNSPOTS	-8.729223	32.33771	-0.269939	0.7880
SUNSPOTS(-1)	25.67669	32.51829	0.789608	0.4323
R-squared	0.013828	Mean dependent var		39645.62
Adjusted R-squared	-0.013190	S.D. dependent var		11518.58
S.E. of regression	11594.30	Akaike info criterion		21.59309
Sum squared resid	9.81E+09	Schwarz criterion		21.68509
Log likelihood	-817.5373	Hannan-Quinn criter.		21.62986
F-statistic	0.511811	Durbin-Watson stat		0.044296
Prob(F-statistic)	0.601544			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	267.0101	Prob. F(2,71)	0.0000
Obs*R-squared	67.08129	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:23

Sample: 1922 2014

Included observations: 76

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	266.9552	800.2869	0.333574	0.7397
SUNSPOTS	-9.708174	11.26165	-0.862056	0.3916
SUNSPOTS(-1)	4.345762	11.30165	0.384525	0.7017
RESID(-1)	1.053623	0.118346	8.902910	0.0000
RESID(-2)	-0.105359	0.120389	-0.875152	0.3844
R-squared	0.882649	Mean dependent var		1.43E-11
Adjusted R-squared	0.876037	S.D. dependent var		11438.66
S.E. of regression	4027.364	Akaike info criterion		19.50314
Sum squared resid	1.15E+09	Schwarz criterion		19.65648
Log likelihood	-736.1192	Hannan-Quinn criter.		19.56442
F-statistic	133.5050	Durbin-Watson stat		1.373122
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τρίτου Υποδείγματος για το Νομό Αττικής

Dependent Variable: BIRTHS_ATH

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:23

Sample (adjusted): 1922 2014

Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2052.587	922.3754	2.225327	0.0292
SUNSPOTS	-0.351675	3.648137	-0.096398	0.9235
BIRTHS_ATH(-1)	0.954551	0.021544	44.30695	0.0000
R-squared	0.964927	Mean dependent var		39779.23
Adjusted R-squared	0.963952	S.D. dependent var		11536.71
S.E. of regression	2190.384	Akaike info criterion		18.26072
Sum squared resid	3.45E+08	Schwarz criterion		18.35342
Log likelihood	-681.7770	Hannan-Quinn criter.		18.29773
F-statistic	990.4198	Durbin-Watson stat		1.445460
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	4.262543	Prob. F(2,70)	0.0179
Obs*R-squared	8.142385	Prob. Chi-Square(2)	0.0171

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:24

Sample: 1922 2014

Included observations: 75

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	496.5444	899.9918	0.551721	0.5829
SUNSPOTS	0.156602	3.493937	0.044821	0.9644
BIRTHS_ATH(-1)	-0.013571	0.021174	-0.640960	0.5236
RESID(-1)	0.245661	0.118801	2.067834	0.0424
RESID(-2)	0.180691	0.121433	1.487985	0.1412
R-squared	0.108565	Mean dependent var		-5.16E-12
Adjusted R-squared	0.057626	S.D. dependent var		2160.581
S.E. of regression	2097.405	Akaike info criterion		18.19913
Sum squared resid	3.08E+08	Schwarz criterion		18.35363
Log likelihood	-677.4674	Hannan-Quinn criter.		18.26082
F-statistic	2.131272	Durbin-Watson stat		2.037088
Prob(F-statistic)	0.085972			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τέταρτου Υποδείγματος για το Νομό Αττικής

Dependent Variable: BIRTHS_ATH

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:25

Sample (adjusted): 1922 2014

Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2073.840	927.2563	2.236533	0.0285
SUNSPOTS	2.934637	6.649265	0.441348	0.6603
BIRTHS_ATH(-1)	0.955441	0.021694	44.04180	0.0000
SUNSPOTS(-1)	-3.917638	6.614076	-0.592318	0.5555
R-squared	0.965099	Mean dependent var		39779.23
Adjusted R-squared	0.963624	S.D. dependent var		11536.71
S.E. of regression	2200.325	Akaike info criterion		18.28246
Sum squared resid	3.44E+08	Schwarz criterion		18.40606
Log likelihood	-681.5921	Hannan-Quinn criter.		18.33181
F-statistic	654.4436	Durbin-Watson stat		1.442834
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	4.405482	Prob. F(2,69)	0.0158
Obs*R-squared	8.492664	Prob. Chi-Square(2)	0.0143

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:25

Sample: 1922 2014

Included observations: 75

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	480.0856	900.6835	0.533024	0.5957
SUNSPOTS	1.661153	6.378621	0.260425	0.7953
BIRTHS_ATH(-1)	-0.013885	0.021267	-0.652921	0.5160
SUNSPOTS(-1)	-1.218498	6.331862	-0.192439	0.8480
RESID(-1)	0.246639	0.119447	2.064844	0.0427
RESID(-2)	0.191337	0.122406	1.563138	0.1226
R-squared	0.113236	Mean dependent var		-8.17E-12
Adjusted R-squared	0.048977	S.D. dependent var		2155.263
S.E. of regression	2101.821	Akaike info criterion		18.21561
Sum squared resid	3.05E+08	Schwarz criterion		18.40101
Log likelihood	-677.0855	Hannan-Quinn criter.		18.28964
F-statistic	1.762193	Durbin-Watson stat		2.044375
Prob(F-statistic)	0.132208			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Πέμπτου Υποδείγματος για το Νομό Αττικής

Dependent Variable: BIRTHS_ATH

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:27

Sample (adjusted): 1923 2014

Included observations: 73 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1962.373	985.1855	1.991881	0.0505
SUNSPOTS	4.107301	10.50386	0.391028	0.6970
BIRTHS_ATH(-1)	1.238704	0.117751	10.51973	0.0000
SUNSPOTS(-1)	-6.802831	16.17820	-0.420494	0.6755
BIRTHS_ATH(-2)	-0.283065	0.114369	-2.475010	0.0159
SUNSPOTS(-2)	2.221389	10.08970	0.220164	0.8264
R-squared	0.965182	Mean dependent var		40279.45
Adjusted R-squared	0.962584	S.D. dependent var		11175.43
S.E. of regression	2161.701	Akaike info criterion		18.27379
Sum squared resid	3.13E+08	Schwarz criterion		18.46205
Log likelihood	-660.9935	Hannan-Quinn criter.		18.34882
F-statistic	371.4577	Durbin-Watson stat		2.136264
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.446275	Prob. F(2,65)	0.2429
Obs*R-squared	3.110153	Prob. Chi-Square(2)	0.2112

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 15:28

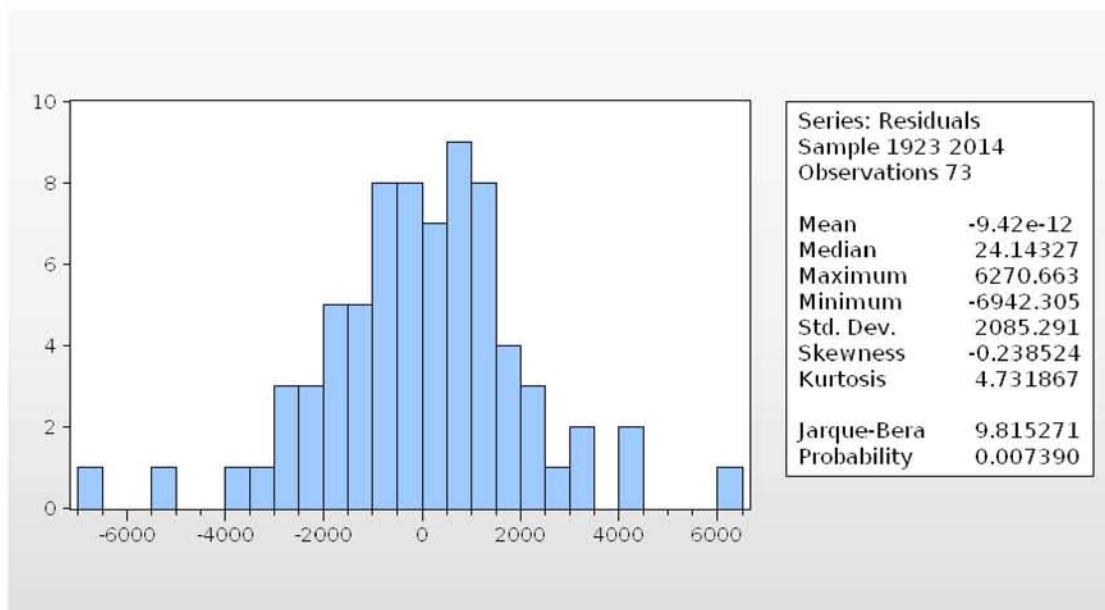
Sample: 1923 2014

Included observations: 73

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2526.211	2469.037	-1.023156	0.3100
SUNSPOTS	-0.123382	10.53090	-0.011716	0.9907
BIRTHS_ATH(-1)	1.120083	0.968309	1.156740	0.2516
SUNSPOTS(-1)	-3.688215	16.23728	-0.227145	0.8210
BIRTHS_ATH(-2)	-1.064644	0.917256	-1.160684	0.2500
SUNSPOTS(-2)	4.698964	10.64963	0.441233	0.6605
RESID(-1)	-1.187338	0.992955	-1.195762	0.2361
RESID(-2)	-0.182001	0.309529	-0.587992	0.5586
R-squared	0.042605	Mean dependent var	-9.42E-12	
Adjusted R-squared	-0.060499	S.D. dependent var	2085.291	
S.E. of regression	2147.444	Akaike info criterion	18.28505	
Sum squared resid	3.00E+08	Schwarz criterion	18.53606	
Log likelihood	-659.4043	Hannan-Quinn criter.	18.38508	
F-statistic	0.413222	Durbin-Watson stat	2.049036	
Prob(F-statistic)	0.890743			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11. Τεστ κανονικότητας Jarque – Bera



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης για το Νομό Ηρακλείου

Dependent Variable: HRK
Method: Least Squares
Date: 02/17/16 Time: 09:09
Sample: 1921 2014
Included observations: 77

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3699.112	119.8580	30.86246	0.0000
SUNSP	1.849592	1.019184	1.814778	0.0736
R-squared	0.042065	Mean dependent var		3873.831
Adjusted R-squared	0.029293	S.D. dependent var		635.8495
S.E. of regression	626.4674	Akaike info criterion		15.74370
Sum squared resid	29434606	Schwarz criterion		15.80458
Log likelihood	-604.1325	Hannan-Quinn criter.		15.76805
F-statistic	3.293421	Durbin-Watson stat		0.193012
Prob(F-statistic)	0.073556			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	100.7773	Prob. F(2,73)	0.0000
Obs*R-squared	56.52684	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 02/16/16 Time: 20:17
Sample: 1921 2014
Included observations: 77
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	26.12412	62.88760	0.415410	0.6791
SUNSP	-0.320627	0.537288	-0.596750	0.5525
RESID(-1)	0.841447	0.118014	7.130051	0.0000
RESID(-2)	0.030331	0.119569	0.253668	0.8005
R-squared	0.734115	Mean dependent var		4.61E-13
Adjusted R-squared	0.723188	S.D. dependent var		622.3323
S.E. of regression	327.4272	Akaike info criterion		14.47096
Sum squared resid	7826224.	Schwarz criterion		14.59271
Log likelihood	-553.1319	Hannan-Quinn criter.		14.51966
F-statistic	67.18488	Durbin-Watson stat		1.635590
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Δεύτερου Υποδείγματος για το Νομό Ηρακλείου

Dependent Variable: BIRTHS_HRK
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:46
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 76 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3741.207	119.7039	31.25384	0.0000
SUNSPOTS	1.558130	1.685229	0.924580	0.3582
SUNSPOTS(-1)	0.079592	1.694640	0.046967	0.9627
R-squared	0.035756	Mean dependent var		3896.803
Adjusted R-squared	0.009339	S.D. dependent var		607.0598
S.E. of regression	604.2186	Akaike info criterion		15.68442
Sum squared resid	26650847	Schwarz criterion		15.77643
Log likelihood	-593.0081	Hannan-Quinn criter.		15.72119
F-statistic	1.353496	Durbin-Watson stat		0.205697
Prob(F-statistic)	0.264741			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	103.6928	Prob. F(2,71)	0.0000
Obs*R-squared	56.61681	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:46
 Sample: 1922 2014
 Included observations: 76
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.057037	61.39566	0.066080	0.9475
SUNSPOTS	-0.688064	0.866139	-0.794404	0.4296
SUNSPOTS(-1)	0.625153	0.868918	0.719461	0.4742
RESID(-1)	0.934528	0.119049	7.849954	0.0000
RESID(-2)	-0.070085	0.120582	-0.581220	0.5629
R-squared	0.744958	Mean dependent var		9.63E-13
Adjusted R-squared	0.730589	S.D. dependent var		596.1079
S.E. of regression	309.4085	Akaike info criterion		14.37073
Sum squared resid	6797085.	Schwarz criterion		14.52406
Log likelihood	-541.0876	Hannan-Quinn criter.		14.43201
F-statistic	51.84638	Durbin-Watson stat		1.735968
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τρίτου Υποδείγματος για το Νομό Ηρακλείου

Dependent Variable: BIRTHS_HRK
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:45
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	515.9741	183.7981	2.807287	0.0064
SUNSPOTS	-0.126879	0.434629	-0.291925	0.7712
BIRTHS_HRK(-1)	0.873966	0.047889	18.24979	0.0000
R-squared	0.827929	Mean dependent var		3891.400
Adjusted R-squared	0.823149	S.D. dependent var		609.3056
S.E. of regression	256.2352	Akaike info criterion		13.96925
Sum squared resid	4727268.	Schwarz criterion		14.06195
Log likelihood	-520.8468	Hannan-Quinn criter.		14.00626
F-statistic	173.2157	Durbin-Watson stat		2.007639
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

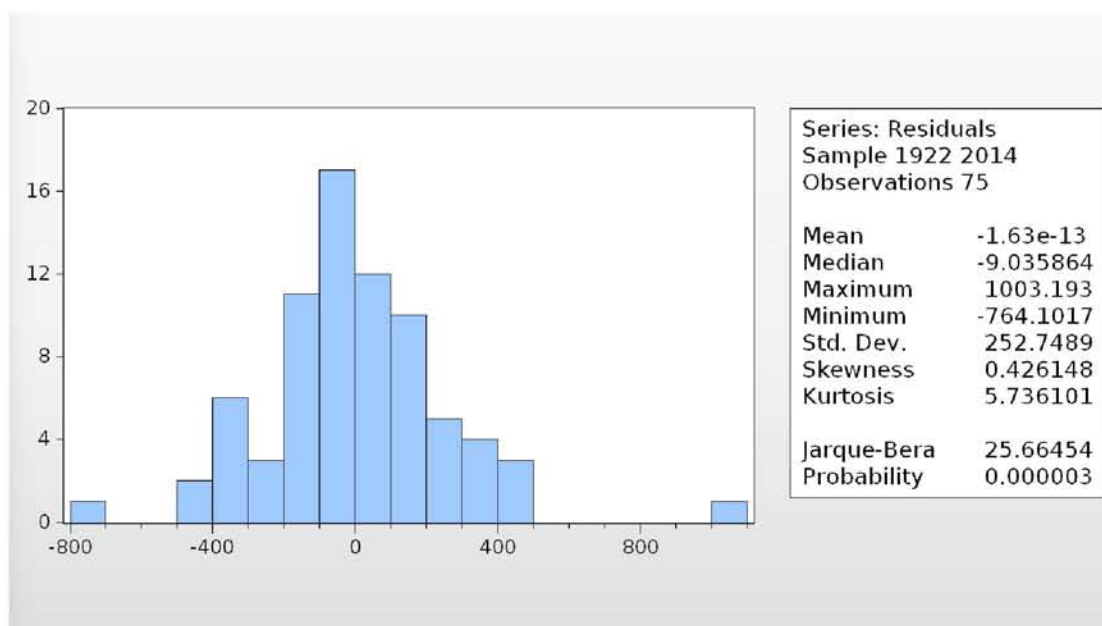
F-statistic	0.573885	Prob. F(2,70)	0.5660
Obs*R-squared	1.209915	Prob. Chi-Square(2)	0.5461

Test Equation:

Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 15:45
 Sample: 1922 2014
 Included observations: 75
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-85.20818	213.9790	-0.398208	0.6917
SUNSPOTS	-0.037264	0.440209	-0.084650	0.9328
BIRTHS_HRK(-1)	0.023169	0.056302	0.411514	0.6820
RESID(-1)	-0.025504	0.131550	-0.193875	0.8468
RESID(-2)	-0.143903	0.134461	-1.070222	0.2882
R-squared	0.016132	Mean dependent var		-1.63E-13
Adjusted R-squared	-0.040089	S.D. dependent var		252.7489
S.E. of regression	257.7653	Akaike info criterion		14.00632
Sum squared resid	4651007.	Schwarz criterion		14.16082
Log likelihood	-520.2369	Hannan-Quinn criter.		14.06801
F-statistic	0.286942	Durbin-Watson stat		1.976113
Prob(F-statistic)	0.885517			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7. Τεστ κανονικότητας Jarque – Bera



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8. Αποτελέσματα Παλινδρόμησης Τέταρτου Υποδείγματος για το Νομό Ηρακλείου

Dependent Variable: BIRTHS_HRK
 Method: Least Squares
 Date: 03/12/16 Time: 16:08
 Sample (adjusted): 1922 2014
 Included observations: 75 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	516.9726	185.0047	2.794375	0.0067
SUNSPOTS	0.064926	0.782003	0.083025	0.9341
BIRTHS_HRK(-1)	0.874568	0.048238	18.13014	0.0000
SUNSPOTS(-1)	-0.229014	0.773983	-0.295890	0.7682
R-squared	0.828141	Mean dependent var		3891.400
Adjusted R-squared	0.820879	S.D. dependent var		609.3056
S.E. of regression	257.8745	Akaike info criterion		13.99468
Sum squared resid	4721446.	Schwarz criterion		14.11828
Log likelihood	-520.8005	Hannan-Quinn criter.		14.04403
F-statistic	114.0429	Durbin-Watson stat		2.015929
Prob(F-statistic)	0.000000			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9. Τεστ Αυτοσυσχέτισης Breusch – Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.579638	Prob. F(2,69)	0.5628
Obs*R-squared	1.239262	Prob. Chi-Square(2)	0.5381

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 03/12/16 Time: 16:09

Sample: 1922 2014

Included observations: 75

Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-90.07485	215.5748	-0.417836	0.6774
SUNSPOTS	-0.078718	0.790230	-0.099614	0.9209
BIRTHS_HRK(-1)	0.024702	0.056924	0.433956	0.6657
SUNSPOTS(-1)	0.030316	0.779739	0.038880	0.9691
RESID(-1)	-0.032710	0.132925	-0.246077	0.8064
RESID(-2)	-0.145985	0.136105	-1.072592	0.2872
R-squared	0.016523	Mean dependent var		-2.49E-13
Adjusted R-squared	-0.054743	S.D. dependent var		252.5932
S.E. of regression	259.4149	Akaike info criterion		14.03135
Sum squared resid	4643431.	Schwarz criterion		14.21675
Log likelihood	-520.1757	Hannan-Quinn criter.		14.10538
F-statistic	0.231855	Durbin-Watson stat		1.974405
Prob(F-statistic)	0.947310			