

# **Ένα μοντέλο συσχέτισης Δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής: Οι συνολικές εκπομπές αερίων καταρτισμένες σε πραγματική ετήσια βάση = 100 για τις 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

**Joel C. Nwaubani**

*Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας*

## *Περίληψη*

Η ανθρώπινη δραστηριότητα αλλάζει την ποιότητα του αέρα και του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο, και εκ τούτου, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και των έντονων βροχοπτώσεων στον πλανήτη που οφείλονται στην ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή τα τελευταία 40 χρόνια στοιχίζει τη ζωή 2.4 εκατομμυρίων ανθρώπων ετησίως. Πολλές διαδεδομένες ασθένειες συνδέονται με τις διακυμάνσεις του κλίματος, όπως αυξημένη επίπτωση καρδιαγγειακών επεισοδίων (συμβαμάτων) και ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος εξαιτίας του καύσωνα, αλλά και αυξημένη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών και υποσιτισμού λόγω αδυναμίας ή αποτυχίας καλλιέργειας διαφόρων αγαθών. Η αβεβαιότητα παραμένει όσον αφορά στην επέκταση ή την επανεμφάνιση ασθενειών εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, λόγω της έλλειψης μακροπρόθεσμων και υψηλής ποιότητας δεδομένων καθώς και της μεγάλης επίδρασης των κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων και των μεταβολών ανοσίας και ανοχής στα φάρμακα από άνθρωπο σε άνθρωπο. Αναμφισβήτητα, ολοένα και περισσότερες ότι η υγεία συσχετίζεται με το κλίμα ενέχουν αυξημένους κινδύνους για αυτήν και αυτό είναι φανερό από το γεγονός ότι η τάση ανόδου της θερμοκρασίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει ήδη συμβάλει στην μεγαλύτερη θνησιμότητα σε πολλές περιοχές του κόσμου. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιούμε όλα τα γνωστά μοντέλα συσχέτισης της Ανάλυσης Διατεταγμένων Δεδομένων και εξετάζουμε την σχέση μεταξύ των δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής: συνολικές εκπομπές αερίων (CO<sub>2</sub>) σε πραγματική ετήσια βάση =100 για 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα δεδομένα υπολογισμένα σε ετήσια βάση

προέρχονται από το Eurostat από το 1996 έως το 2008. Δεδομένου ότι ο κύριος σκοπός είναι να υπάρξει μια καλύτερη κατανόηση των δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής σε 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δίνουμε τον πίνακα συσχέτισης ANOAS, για να δούμε το ποσοστό των δεδομένων που καλύπτεται από το κάθε μοντέλο, βρίσκουμε το μοντέλο συσχέτισης που παρουσιάζει την καλύτερη προσαρμογή, κάνουμε την εκτίμησή του και τέλος διαπιστώνουμε από τα συμπεράσματα μας ότι το μοντέλο επίδρασης γραμμών επί στηλών (RC) προσαρμόζεται καλύτερα από όλα.

*Λέξεις κλειδιά:* Μοντέλα Συσχέτισης, Λογαριθμογραμμικά Μοντέλα, μη Λογαριθμογραμμικά Μοντέλα, ατμοσφαιρική ρύπανση και διοξείδιο του άνθρακα

### *1. Εισαγωγή*

Οι άνθρωποι μπορούν να ζήσουν χωρίς τροφή και νερό για μέρες, αλλά δεν μπορούν να επιβιώσουν χωρίς αέρα έστω και για λίγα λεπτά. Ένας μέσος άνθρωπος χρειάζεται 13.5kg του αέρα κάθε μέρα. Οποιαδήποτε διαταραχή της ισορροπίας του φυσικού σύνθεσης του αέρα, που έχει αρνητικές επιπτώσεις για τους ανθρώπους ή το περιβάλλον, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ατμοσφαιρική ρύπανση. Για την επίτευξη της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης, πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικά προβλήματα, που οφείλονται στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και προκύπτουν από την εκβιομηχάνιση, την αστικοποίηση, και μηχανοκίνηση (Smith, 1987).

Η ατμόσφαιρα είναι ένα δυναμικό φυσικό αέριο σύστημα το οποίο είναι ουσιαστικό για την υποστήριξη της ζωής στον πλανήτη. Η μείωση του όζοντος της στρατόσφαιρας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει αναγνωριστεί από καιρό ότι απειλεί την ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η εισαγωγή στην ατμόσφαιρα χημικών ουσιών, αιωρούμενων σωματιδίων ή βιολογικών υλικών που προκαλούν βλάβη ή ενόχληση στον άνθρωπο ή σε άλλους ζώντες οργανισμούς, ή προκαλούν βλάβη στο φυσικό ή δομημένο περιβάλλον (McMichael, & Woodruff, 1991). Εσωτερική ρύπανση του αέρα και την αστική ποιότητα του αέρα παρατίθενται ως δύο από τα χειρότερα προβλήματα της ρύπανσης του κόσμου.

#### *1.1. Ρύποι*

Μια ουσία στον αέρα που μπορεί να προκαλέσει βλάβη στον άνθρωπο και το περιβάλλον είναι γνωστό ως ατμοσφαιρικός ρύπος. Οι ρύποι μπορεί να έχουν τη μορφή στερεών σωματιδίων, υγρών σταγονιδίων ή αερίων. Επιπλέον, μπορεί να είναι:

#### *1.2. Φυσικοί Ρύποι, όπως*

- Σκόνη από φυσικές πηγές, συνήθως μεγάλες εκτάσεις γης με λίγη ή καθόλου βλάστηση
- Το μεθάνιο, που εκπέμπεται από την πέψη των τροφίμων από τα ζώα, για παράδειγμα, τα βοοειδή.
- Το ραδόνιο αέριο από την ραδιενεργό διάσπαση εντός του γήινου φλοιού. Το ραδόνιο είναι ένα άχρωμο, άοσμο, φυσικά, ραδιενεργό ευγενές αέριο που σχηματίζεται από τη διάσπαση του ραδίου. Θεωρείται ότι αποτελεί κίνδυνο για την υγεία. Το ραδόνιο αέριο από φυσικές πηγές μπορούν να συσσωρευτούν στα κτίρια, ειδικά σε κλειστούς χώρους όπως το υπόγειο και είναι η δεύτερη πιο συχνή αιτία του καρκίνου του πνεύμονα, μετά το τσιγάρο του καπνίσματος
- Ο καπνός και το μονοξείδιο του άνθρακα από τις πυρκαγιές
- Η βλάστηση, σε ορισμένες περιοχές, εκπέμπει το περιβάλλον σημαντικές ποσότητες των πτητικών οργανικών ενώσεων σε θερμότερες μέρες (Detels & Tashkin, 1991).
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα, οι οποίες παράγουν θείο, χλώριο και τέφρα σωματίδια

### 1.3. Τεχνητοί Ρύποι (ανθρωπογενή), όπως

- "Σταθερές πηγές" π.χ., καμινάδες των σταθμών παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις παραγωγής (εργοστάσια) και τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων, καθώς και κλιβάνων και άλλους τύπους καυσίμων, καύση συσκευές θέρμανσης
- "Κινητές Πηγές" π.χ., μηχανοκίνητα οχήματα, θαλάσσια σκάφη, αεροσκάφη και η επίδραση του ήχου κ.λ.π.
- Χημικές ουσίες, σκόνη και ελεγχόμενη καύση πρακτικές στον τομέα της γεωργίας και της δασοκομίας. Ελεγχόμενη ή προδιαγεγραμμένης καύσης είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται μερικές φορές στη διαχείριση των δασών, της γεωργίας, λιβάδι αποκατάσταση ή μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η πυρκαγιά είναι ένα φυσικό μέρος και των δύο οικολογία δασικών και χορτολιβαδικών και ελεγχόμενη πυρκαγιά μπορεί να είναι ένα εργαλείο για δασολόγους. Ελεγχόμενη καύση διεγείρει τη βλαστική ικανότητα ορισμένων επιθυμητό δέντρα του δάσους, έτσι για την ανανέωση του δάσους.
- Αναθυμιάσεις από χρώματα, σπρέι μαλλιών, βερνίκια, σπρέι αεροζόλ και άλλους διαλύτες.
- Εναπόθεση αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής, οι οποίες παράγουν μεθάνιο. Το μεθάνιο δεν είναι τοξικό. Ωστόσο, είναι πολύ εύφλεκτο και μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά μείγματα με τον αέρα. Το μεθάνιο είναι επίσης μια ασφυξιογόνων και μπορεί να εκτοπίσει το οξυγόνο σε ένα κλειστό χώρο. Ασφυξία ή ασφυξία μπορεί να προκύψει εάν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μικρότερος από 19.5% με μετατόπιση.
- Στρατιωτική, όπως τα πυρηνικά όπλα, τοξικά αέρια, πολέμου μικρόβιο και πυραύλων.

#### 1.4. Επιδράσεις στην υγεία

Υπάρχουν ήδη πολυάριθμες αποδείξεις σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το τροποσφαιρικό όζον μπορεί να επιδεινώσει χρόνια αναπνευστικά νοσήματα και να προκαλέσει βραχυπρόθεσμες καταστροφές στην πνευμονική λειτουργία. Η έκθεση του αναπνευστικού συστήματος σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να επιδεινώσει χρόνιες αναπνευστικές και καρδιαγγειακές νόσους, να τροποποιήσει τις άμυνες του ξενιστή, να προκαλέσει βλάβη ή ερεθισμό στους ιστούς των πνευμόνων, δυσκολία στην αναπνοή, συριγμό, άσθμα και βήχα. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη χρήση φαρμάκων, σε εμφάνιση καρκίνου ή ακόμα και σε πρόωρο θάνατο (Seaton *et al.*, 1995).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι 2.4 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από αιτίες που σχετίζονται άμεσα με την ατμοσφαιρική ρύπανση, με τα 1.5 εκατομμύρια από αυτούς τους θανάτους να οφείλονται σε εσωτερικούς χώρους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης." Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι περισσότεροι από 500.000 Αμερικανοί πεθαίνουν κάθε χρόνο από καρδιοπνευμονική νόσο που συνδέονται με την αναπνοή των σωματιδίων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ... » (Hayhoe *et al.*, 1991).

Μια μελέτη από το Πανεπιστήμιο του Birmingham έχει δείξει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ πνευμονία θανάτων που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και από τα θάνατοι που σχετίζονται με συγκρούσεις αυτοκινήτων. Σε παγκόσμιο επίπεδο περισσότερους θανάτους ετησίως συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση από ό,τι σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα. Μια δημοσίευση που δημοσιεύθηκε το 2005 δείχνει ότι 310.000 Ευρωπαίοι πεθαίνουν από την ατμοσφαιρική ρύπανση ετησίως (Schwartz, 1994).

Οι αιτίες των θανάτων από ασθένειες που επιδεινώνονται περιλαμβάνουν άσθμα, εμφύσημα, πνευμόνων και της καρδιάς και των αναπνευστικών αλλεργιών

Οι επιπτώσεις στην υγεία που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να περιλαμβάνουν δυσκολία στην αναπνοή, συριγμό, βήχα και επιδείνωση της υπάρχουσας αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη χρήση φαρμάκων, αυξημένο γιατρό ή έκτακτης ανάγκης επισκέψεις δωματίων, πιο εισαγωγές στο νοσοκομείο και πρόωρο θάνατο (Patz *et al.*, 1996).

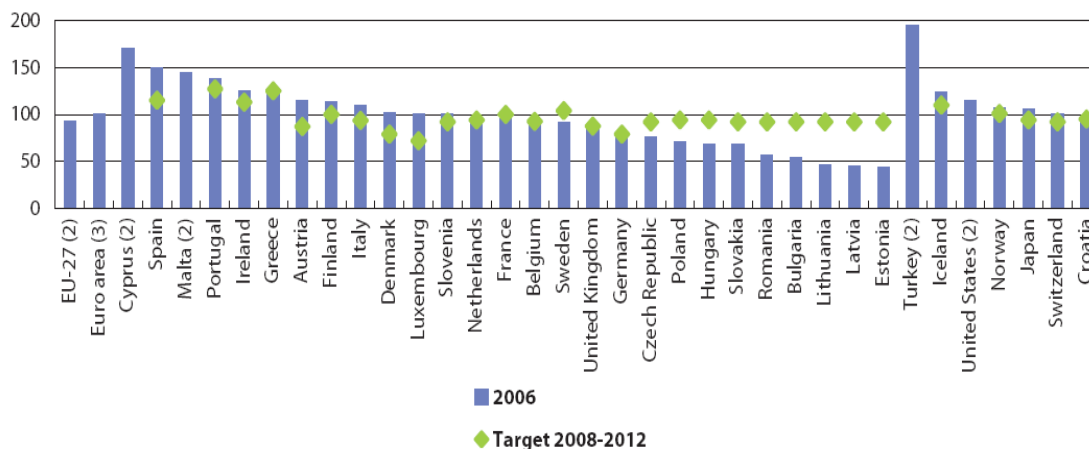
Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της κακής ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα είναι εκτεταμένες, αλλά κυρίως να επηρεάσουν το αναπνευστικό σύστημα του οργανισμού και το καρδιαγγειακό σύστημα. Μεμονωμένες αντιδράσεις σε ατμοσφαιρικών ρύπων εξαρτάται από το είδος του ρύπου ένα άτομο έχει εκτεθεί με το βαθμό της έκθεσης, η κατάσταση της υγείας του ατόμου και τη γενετική.

Μια νέα οικονομική μελέτη των επιπτώσεων στην υγεία και τα συναφή έξοδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη λεκάνη του Λος Άντζελες και Σαν Joaquin Κοιλιάδα της Νότιας Καλιφόρνιας δείχνει ότι περισσότεροι από 3800 άνθρωποι πεθαίνουν πρόωρα (περίπου 14

χρόνια νωρίτερα από το προσδόκιμο ζωής) κάθε χρόνο επειδή τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παραβιάζουν το ομοσπονδιακό πρότυπα (Patz *et al.*, 2004).

### 1.5. Πρωτόκολλο του Κιότο

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο, η ΕΕ έχει συμφωνήσει για μείωση κατά 8% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2008-2012, σε σύγκριση με το έτος βάσης του Κιότου. Οι μειώσεις για καθεμία από τις χώρες της ΕΕ έχουν συμφωνηθεί στα πλαίσια της λεγόμενης Ευρωπαϊκής Ένωσης συμφωνίας για επιμερισμό του φορτίου, το οποίο επιτρέπει σε ορισμένες χώρες την αύξηση των εκπομπών, εφόσον αυτές αντισταθμίζονται από μειώσεις σε άλλα κράτη μέλη. Οκτώ από τα δέκα νέα κράτη μέλη έχουν επιλέξει άλλους στόχους για τη μείωση και άλλα έτη βάσης, όπως προβλέπεται από το πρωτόκολλο του Κιότου. Οι εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου που καλύπτονται από το πρωτόκολλο σταθμισμένο με δυναμικά θέρμανσης του πλανήτη (δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη) και συγκεντρωτικά θα δώσει τις συνολικές εκπομπές σε ισοδύναμα CO<sub>2</sub>. Οι συνολικές εκπομπές παρουσιάζονται ως δείκτες, με το έτος βάσης = 100. Σε γενικές γραμμές, το έτος βάσης είναι το 1990 για τα μη φθοριούχα αέρια (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O), και το 1995 για τα φθοριούχα αέρια (HFC, PFC και SF<sub>6</sub>). (Graves, *et al.* 2005).



(1) Generally index based on 1990=100.

(2) No target under the Kyoto Protocol.

(3) EA-12 instead of EA-15; no target under the Kyoto Protocol.

Source: Eurostat (tsien010), European Environment Agency, European Topic Center on Air and Climate Change

Σχήμα 1. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ετήσια βάση 100; για EU-27, Κύπρο και Μάλτα, 1990 = 100

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον είναι τα εξής:

- (1) φαινόμενο του θερμοκηπίου
- (2) μόλυνση σωματιδίων
- (3) αυξημένη υπεριώδης ακτινοβολία

- (4) όξινη βροχή  
 (5) αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος  
 (6) αυξημένα επίπεδα οξειδίου του αζώτου

### 1.6. Τα στατιστικά δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη λήφθηκαν από το Eurostat υπολογισμένα σε ετήσια βάση από το 1996 έως το 2008. Τα στοιχεία αποτελούνται από το συνολικό αριθμό των δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής σε 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με τη βοήθεια του προγράμματος της Ανάλυσης Διατεταγμένων Δεδομένων (CDAS), θα είμαστε σε θέση να εξακριβώσουμε τα αποτελέσματα στη συνέχεια (Χαρίτου, 2006).

### 1.7. Επεξεργασία και αποτελέσματα δεδομένων

Η εισαγωγή και την επεξεργασία των παρατηρήσεων (δεδομένων), που αποτελούν των δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής σε 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 1996 έως το 2008, γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος της Ανάλυσης Διατεταγμένων Δεδομένων (CDAS) και στη συνέχεια το πρόγραμμα μας δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 1. Τα Δεδομένα

time geo	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Belgium	101.2	100.1	99.1	102.5	103.7	106.5	100.7	104.0	100.4	100.0	98.8	100.4	100.7
Czech Republic	93.3	84.4	81.5	78.2	78.7	79.3	81.4	76.5	76.0	76.2	73.4	75.2	74.9
Denmark	114.9	105.9	109.1	114.0	110.1	129.3	115.3	109.5	98.3	100.5	99.4	106.8	98.2
Germany(includin gexGDRfrom1991)	96.1	92.0	90.9	89.4	89.0	90.7	87.8	85.7	83.2	84.1	82.8	83.3	82.5
Estonia	94.5	70.0	54.3	56.7	51.6	53.7	53.7	48.8	45.2	45.2	45.4	49.7	50.0
Ireland	99.7	100.8	100.6	103.9	105.6	109.0	113.9	118.0	123.2	126.5	123.7	122.6	122.7
Greece	97.4	98.5	98.5	100.9	101.9	105.1	109.6	114.2	118.6	120.0	119.8	123.6	123.9
Spain	101.3	104.0	100.1	105.7	109.9	107.3	114.5	118.0	132.8	132.9	138.9	141.0	147.9
France	103.9	102.7	98.3	97.5	99.1	101.9	100.6	103.1	99.0	99.0	98.1	98.9	99.2
Italy	100.3	99.8	98.7	97.3	102.5	101.1	102.3	104.5	106.7	108.0	108.1	111.1	112.1
Cyprus	102.0	112.9	118.8	119.5	119.5	125.1	126.5	135.1	141.6	140.7	145.1	152.8	148.2
Latvia	90.1	72.9	61.6	53.2	47.1	48.1	45.8	43.9	38.3	41.2	40.9	41.3	41.5
Lithuania	92.9	85.7	78.6	71.4	64.3	57.1	50.0	42.9	40.9	40.0	38.5	33.8	39.9
Luxembourg	103.7	102.0	104.9	98.8	78.6	79.8	74.0	66.2	76.4	78.5	86.4	90.1	100.3
Hungary	78.0	69.7	69.5	69.5	68.3	70.3	68.7	68.8	66.3	68.5	66.1	68.1	68.0
Malta	107.9	115.3	117.8	120.6	122.4	123.5	120.0	121.9	129.0	118.4	139.8	140.1	145.9
Netherlands	101.7	101.2	103.7	103.6	105.1	108.9	105.7	106.1	100.1	100.9	100.3	100.5	101.6
Austria	105.1	96.6	96.6	97.7	101.6	105.8	105.3	104.6	102.9	107.8	110.0	117.2	115.7

Poland	77.5	77.8	76.1	77.8	73.8	77.4	75.6	71.4	68.2	67.7	65.5	67.7	68.4
Portugal	103.5	110.4	108.0	111.3	118.8	114.3	120.6	129.0	137.1	139.6	147.1	139.6	141.0
Slovenia	85.7	85.8	87.4	87.6	91.7	95.0	96.5	95.0	93.1	97.7	98.6	97.3	99.2
Slovakia	86.7	80.1	74.6	70.6	72.9	73.7	73.7	71.6	67.4	71.7	69.0	69.8	69.7
Finland	97.3	95.0	97.7	105.2	100.5	108.6	106.8	101.6	98.4	106.0	109.0	120.5	114.5
Sweden	100.5	100.1	99.6	103.4	102.0	107.0	100.6	101.1	94.4	95.3	96.7	97.9	96.4
United Kingdom	100.1	96.9	94.4	93.0	91.7	94.7	91.7	90.9	86.4	87.4	84.9	85.7	85.9

Πηγή: Eurostat /JP Ινστιτούτο: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές όλων των μοντέλων προς εκτίμηση. Οι στατιστικές που χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση της συσχέτισης των διάφορων μοντέλων είναι η  $X^2$  (Pearson) και η στατιστική πιθανοφάνειας αναλογιών  $G^2$  (Fienberg, 1980).

1. Το μοντέλο της Ανεξαρτησίας ή μοντέλο Μηδενικής Συσχέτισης(O)

NULL ASSOCIATION - INDEPENDENCE MODEL

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE	=	795.88875
LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE	=	952.18992
DEGREES OF FREEDOM	=	312
INDEX OF DISSIMILARITY	=	0.04547
FINAL ITERATION	=	3

2. Το μοντέλο της Σχεσιακής Ομοιομορφίας (U)

UNIFORM ASSOCIATION MODEL

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE	=	795.98321
LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE	=	952.17506
DEGREES OF FREEDOM	=	311
INDEX OF DISSIMILARITY	=	0.04547
FINAL ITERATION	=	3
MAXIMUM DEVIATION	=	0.00000206

3 Το μοντέλο επίδρασης των Γραμμών (R)

ROW - EFFECTS ASSOCIATION MODEL

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE	=	589.23444
--------------------	---	-----------

LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE =	748.95045
DEGREES OF FREEDOM =	288
INDEX OF DISSIMILARITY =	0.03618
FINAL ITERATION =	5
MAXIMUM DEVIATION =	0.00085353

4 Το μοντέλο επίδρασης των Στηλών (C)  
COLUMN - EFFECTS ASSOCIATION MODEL

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE =	794.24661
LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE =	947.51615
DEGREES OF FREEDOM =	299
INDEX OF DISSIMILARITY =	0.04528
FINAL ITERATION =	4
MAXIMUM DEVIATION =	0.00000343

5 Το μοντέλο επίδρασης Γραμμών και Στηλών (R+C)  
ROW - COLUMN EFFECTS ASSOCIATION MODEL I

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE =	587.34462
LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE =	744.47160
DEGREES OF FREEDOM =	276
INDEX OF DISSIMILARITY =	0.03608
FINAL ITERATION =	5

6 Το μοντέλο επίδρασης Γραμμών επί Στηλών (RC)  
ROW - COLUMN EFFECTS ASSOCIATION MODEL II

GOODNESS-OF-FIT INFORMATION

PEARSON CHI-SQUARE =	265.78149
LIKELIHOOD-RATIO CHI-SQUARE =	257.31597
DEGREES OF FREEDOM =	276
INDEX OF DISSIMILARITY =	0.02858
FINAL ITERATION =	198
MAXIMUM DEVIATION =	0.00095390

## 2. Μεθοδολογία

### 2.1. Εξέταση όλων των μοντέλων συσχέτισης

Εξετάζουμε έξι από τα πιο συνηθέστερα χρησιμοποιημένα μοντέλα συσχέτισης.

Αυτοί είναι:



1. Το μοντέλο της ανεξαρτησίας ή μηδενική συσχέτισης. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται στην περίπτωση της σχέσης δύο μεταβλητών που θεωρούνται ανεξάρτητες, δηλ., δεν έχει καμία συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών και των αναμενόμενων συχνοτήτων και συμβολίζεται με (O). Η εξάρτηση μεταξύ τους ισχύει μόνο όταν έχουμε σημαντικές διαφορές από την κατάσταση της ανεξαρτησίας και όχι σε περιπτώσεις μικρό αποκλίσεων. Συνήθως ο έλεγχος της ανεξαρτησίας οδηγεί σε μία στατιστική με πάρα πολλούς βαθμούς ελευθερίας, γεγονός που δείχνει ότι δεν έχουμε ένα πολύ αξιόπιστο έλεγχο στις περισσότερες των περιπτώσεων. Το λογαριθμογραμμικό μοντέλο είναι:  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)}$ , όπου το λογαριθμογραμμικό δείχνει το φυσικό λογάριθμο,  $F_{ij}$  συμβολίζει τις αναμενόμενες συχνότητες υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει το μοντέλο της ανεξαρτησίας, ή το σύνολο των παρατηρήσεων,  $\lambda_{A(i)}$  είναι η βασικές επιδράσεις των γραμμών και  $\lambda_{B(j)}$  είναι η βασικές επιδράσεις των στηλών.

2. Το μοντέλο της σχεσιακής ομοιομορφίας, που συμβολίζεται όπως (U) σε λογαριθμογραμμική μορφή είναι: το  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)} + \phi \chi_i y_j$ , όπου  $\phi$  ( $\phi$ ) είναι μια ενιαία παράμετρος για την αλληλεπίδραση και  $\chi_i, y_j$  είναι τα αποτελέσματα για τις μεταβλητές γραμμών και στηλών ( $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J$ ) αντίστοιχα.

3. Το μοντέλο της επίδρασης των μεταβλητών των γραμμών (R) όπου η γραμμικός-από-γραμμική αλληλεπίδραση κρατά δίνει το  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)} + \phi \mu_i y_j$ , όπου  $y_j$  είναι σταθερές βαθμολογίες για την μεταβλητή των στηλών ( $j = 1, \dots, J$ ) και  $\mu_i$  είναι άγνωστες βαθμολογίες για την μεταβλητή των γραμμών ( $i = 1, \dots, I$ ).

4. Το μοντέλο της επίδρασης των μεταβλητών των στηλών (C) είναι τα ίδια με το R μοντέλο με μια αλλαγή στους υπογεγραμμένους:  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)} + \phi \nu_j x_i$ , όπου  $x_i$  είναι σταθερές βαθμολογίες για την μεταβλητή των γραμμών ( $i = 1, \dots, I$ ) και  $\nu_j$  είναι άγνωστες βαθμολογίες για την μεταβλητή των στηλών ( $j = 1, \dots, J$ ).

5. Το μοντέλο των επιδράσεων γραμμών και στηλών σε προσθετική μορφή ονομάζεται R+C μοντέλο, Goodman (1979, 1981a). Η έκδοση λογαριθμογραμμικής συχνότητας του ανωτέρω μοντέλο είναι:  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)} + \sum_{\kappa=1}^{I-1} \beta_{\kappa} y_j Z_{A(\kappa)} + \sum_{\kappa=1}^{J-1} \gamma_{\kappa} x_i Z_{B(\kappa)}$ , όπου  $\chi_i, y_j$  είναι οι βαθμολογίες όπως καθορίστηκαν πρωτύτερα, και  $Z_{A(i)}, Z_{B(j)}$ , είναι άγνωστες βαθμολογίες των γραμμών και στηλών αντίστοιχα

6. Το μοντέλο των επιδράσεων γραμμών και στηλών σε πολλαπλασιαστική μορφή (RC), μοντέλο I ή μοντέλο II, Goodman (1981b). Το λογαριθμογραμμικό-πολλαπλασιαστικό μοντέλο είναι:  $\log(F_{ij}) = \lambda + \lambda_{A(i)} + \lambda_{B(j)} + \phi \mu_i \nu_j$ , όπου  $\mu_i$  οι άγνωστες βαθμολογίες των παραμέτρων των γραμμών και ομοίως με  $\nu_j$  συμβολίζονται οι άγνωστες βαθμολογίες των παραμέτρων των στηλών και  $\phi$  η έμφυτη συσχέτιση.

Ο σκοπός μας είναι να βρούμε ποιο από τα 6 αυτά μοντέλα προσεγγίζει καλύτερα από τα άλλα στην έρευνα την οποία εξετάζουμε, Δηλαδή την μεταβολή των δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής σε 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 1996 έως το 2008.

Για το λόγο αυτό αρχικά θα εξετάσουμε το Δείκτη της ανομοιομορφίας (Index Of Dissimilarity (L2)), ο οποίος όσο μικρότερος είναι τόσο το μοντέλο μας προσαρμόζεται καλύτερα στην αντιστοιχία των μεταβολών των παραπάνω μεταβλητών, σε σύγκριση με τα άλλα μοντέλα που εξετάζουμε και τέλος αναλύσαμε τα έξι μοντέλα συσχέτισης των δεδομένων που περιγράφηκαν παραπάνω, με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου CDAS (Eliason, 1990).

$$D = \sum_{ij} |f_{ij}/n - F_{ij}/n|/2 \quad \text{όπου:}$$

$f_{ij}$  = οι παρατηρηθείσες συχνότητες

$F_{ij}$  = οι αναμενόμενες συχνότητες υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει το μοντέλο).

Συνοπτικά ακολουθεί ο πίνακας

Πίνακας 2: Δείκτη Ανομοιομορφίας (Index of Dissimilarity)

Models (Μοντέλα)	(Index Of Dissimilarity) Δείκτη Ανομοιομορφίας
A) Null Association-Independence Model (O)	0.04547
B) Uniform Association Model (U)	0.04547
Γ) Row-Effects Association Model (R)	0.03618
Δ) Column-Effects Association Model (C)	0.04528
E) Row+Columns Effects Association Model (R+C)	0.03608
Z) Row Column Effects Association Model (RC)	0.02858

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται πως το μοντέλο των γραμμών επί των στηλών είναι εκείνο που προσαρμόζεται καλύτερα στα χρόνια που μελετάμε, καθότι είναι εκείνο που έχει τον μικρότερο βαθμό ανομοιομορφίας με  $D = 0.02858$ .

Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε και με έναν ακόμη τρόπο, δηλαδή πιο μοντέλο προσαρμόζεται καλύτερα, είναι ο υπολογισμός του Δείκτη BIC (Bayes πληροφοριακό κριτήριο) (Diewert 1976, 1995).

Ο τύπος για τον υπολογισμό του είναι:

$$BIC = G^2 - (\beta.ε.) \ln(n)$$

Συμβολισμοί:

$n$  = το μέγεθος του δείγματος

$\beta.ε.$  = οι βαθμοί ελευθερίας του μοντέλου

$G^2$  = η Μ.Π. στατιστική

Όταν συγκρίνεται ένας αριθμός μοντέλων, τότε το μοντέλο με τη μικρότερη τιμή του BIC είναι το καλύτερο. Έτσι επιλέγω τρία μοντέλα, αυτά των οποίων τα INDEX OF DISSIMILARITY είναι παραπλήσιο και μικρότερο από τα έξι μοντέλα. Ποιο συγκεκριμένα το 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup> και 6<sup>ο</sup> μοντέλο.

Βλέπουμε λοιπόν:

Για  $n = 32449.5000$  και

$$\ln(n) = \ln(32449.5000) = 10.3874$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τον δείκτη για:

3<sup>ο</sup> Μοντέλο

$$BIC = G^2 - (\beta.ε.) \ln(n) = 748.95045 - (288 * 10.3874) = - 2242.62075$$

5<sup>ο</sup> Μοντέλο

$$BIC = G^2 - (\beta.ε.) \ln(n) = 744.47160 - (276 * 10.3874) = - 2122.4508$$

6<sup>ο</sup> Μοντέλο

$$BIC = G^2 - (\beta.ε.) \ln(n) = 257.31597 - (276 * 10.3874) = - 2609.60643$$

Βλέπουμε ότι καλύτερο μοντέλο είναι το 6<sup>ο</sup>. Δηλαδή το μοντέλο των γραμμών επί των στηλών (R\*C).

## 2.2. Ανάλυση μοντέλων συσχέτισης

Στη συνέχεια κάνουμε τον έλεγχο για να δούμε το αν κάποιο από τα μοντέλα μας είναι αποδεκτό. Έλεγχος γίνεται με την στατιστικής πιθανοφάνειας  $G^2$  και με τη χρήση της  $X^2$  κατανομής. Στη περίπτωση της  $X^2$  κατανομής θα μας βοηθήσει το πρόγραμμα Statgraph.

Αρχικά παρατηρούμε ότι το μοντέλο της ανεξαρτησίας (O) έχει τη στατιστική πιθανοφάνειας αναλογιών  $G^2 = 952.18992$  με 312 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 354.686 . Άρα, απορρίπτεται το μοντέλο της ανεξαρτησίας (O) επειδή έχει μια κακή προσαρμογή αφού το  $X^2$  είναι μικρότερο του  $G^2$ .

Στη συνέχεια το μοντέλο της σχεσιακής ομοιομορφίας (U) έχει  $G^2 = 952.17506$  με 311 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 353.615. Όπως φαίνεται και αυτό το μοντέλο απορρίπτεται επειδή έχει κακή προσαρμογή αφού το  $X^2$  είναι μικρότερο του  $G^2$ .

Το μοντέλο της επίδρασης των μεταβλητών των γραμμών (R) έχει  $G^2 = 748.95045$  με 288 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 328.98. Επίσης παρατηρούμε ότι το μοντέλο έχει μια κακή προσαρμογή καθώς το  $X^2$  είναι μικρότερο του  $G^2$ .

Το μοντέλο της επίδρασης των μεταβλητών των στηλών (C) έχει  $G^2 = 947.51615$  με 299 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 340.769. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι και αυτό το μοντέλο έχει μια κακή προσαρμογή καθώς το  $X^2$  είναι μικρότερο του  $G^2$ .

Επιπλέον το μοντέλο των επιδράσεων γραμμών, στηλών σε προσθετική μορφή (R+C) έχει  $G^2 = 744.47160$  με 276 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 316.309. Ομοίως και αυτό το μοντέλο έχει μια κακή προσαρμογή .

Τέλος το μοντέλο των επιδράσεων γραμμών, στηλών σε πολλαπλασιαστική μορφή (RC) έχει  $G^2 = 257.31597$  με 276 β.ε. . Το 95% σημείο αναφοράς της  $X^2$  κατανομής είναι 316.309. Τέλος, αυτό το μοντέλο έχει καλή προσαρμογή καθώς το  $X^2$  είναι μεγαλύτερο του  $G^2$ .

Άρα από τα παραπάνω διαπιστώνουμε πως το μοντέλο RC, με βάση το δείκτη της ανομοιομορφίας είναι το καλύτερο, προκύπτει πως έχει μια καλή προσαρμογή κάνοντάς το αποδεκτό.

Όμως θα πρέπει να διαπιστώσουμε και σε τι βαθμό επηρεάζει το κάθε ένα μοντέλο. Για να το δούμε αυτό θα πρέπει να κατασκευάσουμε τον πίνακα της Σχεσιακής Ανάλυσης (ANOAS). (Χαρίτου, 2006).

### 2.3. Δημιουργία πίνακα σχεσιακής ανάλυσης

Μία μέθοδος ανάλυσης του σχεσιακού (ANOAS) πίνακα δόθηκε από τον Goodman (1979). Στον πίνακα αυτό διαμερίζεται η  $X^2$  έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν 2 παραγόντων ανάλυση της διακύμανσης κάνοντας χρήση της  $G^2$  (0) στατιστικής για το βασικό (μηδενικό) μοντέλο της ανεξαρτησίας που μετράει τη συνολική απόκλιση των μεταβλητών. Δηλαδή μπορούμε να βρούμε το ποσοστό της  $X^2$  κατανομής, με το οποίο επηρεάζει το κάθε ένα μοντέλο μας το φαινόμενο που μελετούμε.

Πίνακας 3: Συνολική απόκλιση των μεταβλητών

Models (Μοντέλα)	Likelihood- $G^2$ (Αναλογία Πιθανότητας)	Degrees of Freedom (B.E.)	Index of Dissimilarity (Δείκτης Ανομοιομορφίας)
O	952.18992	312	0.04547
U	952.17506	311	0.04547
R	748.95045	288	0.03618
C	947.51615	299	0.04528
R+C	744.47160	276	0.03608
RC	257.31597	276	0.02858

Ο πίνακας της σχεσιακής ανάλυσης είναι οι εξής διαφορές των μοντέλων μας : O-U των συνολικών επιδράσεων μοντέλο, U-R των επιδράσεων των στηλών Μοντέλο, R-RC το μοντέλο των επιδράσεων των στηλών που δίνει την επίδραση των στηλών , RC το μοντέλο των καταλοίπων.

Πίνακας 4: ANOAS

Μοντέλα	G <sup>2</sup> τιμές	B.E.	Ppercentages (ποσοστά%)
1. Γενική επίδραση O-U	0.01486	1	0.00
2. Γραμμών επίδραση U-R	203.22461	23	21.34
3. Στηλών επίδραση που δίδει επίδραση Γραμμών R-RC	491.63448	12	51.63
4. Κατάλοιπα RC	257.31597	276	27.02
Σύνολο (O)	952.18992	312	≈100

Από τον πίνακα ANOAS που δημιουργήσαμε, όπως φαίνεται το μοντέλο της σχεσιακής ομοιομορφίας(U) καλύπτει 0.00% από το σύνολο της X<sup>2</sup> κατανομής, το μοντέλο των γραμμών (R) καλύπτει ένα ποσοστό 21.34%, το μοντέλο των στηλών (C) καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό ίσο με 51.63% και τέλος το μοντέλο των καταλοίπων RC καλύπτει ποσοστό ίσο του 27.02%.

### 3. Εκτίμηση Μοντέλου

<u>ΧΩΡΕΣ</u>	<u>ΧΡΟΝΙΑ</u>	<u>ΔΕΔΟΜΕΝΑ</u>	<u>ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (O)</u>	<u>ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (RC)</u>
1	1	101,2000	106,3743	110,3947
1	2	100,1000	103,1114	104,6862
1	3	99,1000	101,3555	102,2201
1	4	102,5000	101,7442	102,0470
2	1	93,3000	82,6589	85,7838
2	2	84,4000	80,1234	81,3468
2	3	81,5000	78,7590	79,4301
2	4	78,2000	79,0610	79,2954
3	1	114,9000	113,7967	117,8326
3	2	105,9000	110,3061	112,0777
3	3	109,1000	108,4276	109,5324
3	4	114,0000	108,8435	109,4239
4	1	96,1000	91,6122	95,0212
4	2	92,0000	88,8021	90,1789
4	3	90,9000	87,2899	88,0745
4	4	89,4000	87,6247	87,9416
5	1	94,5000	57,3074	59,5893
5	2	70,0000	55,5495	56,3403
5	3	54,3000	54,6035	54,9661
5	4	56,7000	54,8130	54,8352
6	1	99,7000	119,3503	123,9995
6	2	100,8000	115,6894	117,3933
6	3	100,6000	113,7192	114,5734

6	4	103,9000	114,1554	114,3355
7	1	97,4000	116,0331	120,7327
7	2	98,5000	112,4740	114,0239
7	3	98,5000	110,5586	111,2075
7	4	100,9000	110,9826	110,9141
8	1	101,3000	116,1907	101,1798
8	2	104,0000	112,6267	106,9611
8	3	100,1000	110,7087	107,7502
8	4	105,7000	111,1334	110,3211
9	1	103,9000	105,1811	109,1818
9	2	102,7000	101,9548	103,5013
9	3	98,3000	100,2185	101,0533
9	4	97,5000	100,6029	100,8743
10	1	100,3000	109,4363	113,8113
10	2	99,8000	106,0795	107,5790
10	3	98,7000	104,2730	104,9476
10	4	97,3000	104,6730	104,6914
11	1	102,0000	126,7576	109,9663
11	2	112,9000	122,8695	116,4579
11	3	118,8000	120,7771	117,3773
11	4	119,5000	121,2403	120,2279
12	1	90,1000	53,0371	55,0414
12	2	72,9000	51,4102	52,1955
12	3	61,6000	50,5347	50,9659
12	4	53,2000	50,7286	50,8797
13	1	92,9000	58,3806	60,4367
13	2	85,7000	56,5898	57,5023
13	3	78,6000	55,6261	56,2013

#### 4. Συγκρίσεις

Οι επιδράσεις των γραμμών είναι:

$$\text{Belgium: } \hat{\tau}_1 = -\ln(0.09327) = 2.3723$$

$$\text{Latvia: } \hat{\tau}_{12} = -\ln(0.09325) = 2.3725$$

$$\text{Czech Republic: } \hat{\tau}_2 = -\ln(0.09334) = 2.3715$$

$$\text{Lithuania: } \hat{\tau}_{13} = -\ln(0.07757) = 2.5566$$

$$\text{Denmark: } \hat{\tau}_3 = -\ln(0.07900) = 2.5383$$

$$1.9399$$

$$\text{Luxembourg: } \hat{\tau}_{14} = -\ln(0.14372) =$$

$$\text{Germany: } \hat{\tau}_4 = -\ln(0.08954) = 2.4130$$

$$\text{Hungary: } \hat{\tau}_{15} = -\ln(0.09651) = 2.3381$$

$$\text{Estonia: } \hat{\tau}_5 = -\ln(0.10730) = 2.2321$$

$$\text{Malta: } \hat{\tau}_{16} = \ln(0.37374) = -0.9842$$

$$\text{Ireland: } \hat{\tau}_6 = -\ln(0.010108) = 4.5944$$

$$\text{Netherlands: } \hat{\tau}_{17} = \ln(0.33743) = -1.0864$$

$$\text{Greece: } \hat{\tau}_7 = -\ln(0.11252) = 2.1846$$

$$\text{Austria: } \hat{\tau}_{18} = -\ln(0.11504) = 2.1625$$

$$\text{Spain: } \hat{\tau}_8 = \ln(0.41996) = -0.8676$$

$$\text{Poland: } \hat{\tau}_{19} = -\ln(0.08986) = 2.4095$$

$$\text{France: } \hat{\tau}_9 = -\ln(0.09486) = 2.3554$$

$$\text{Portugal: } \hat{\tau}_{20} = \ln(0.042962) = -3.1474$$

$$\text{Italy: } \hat{\tau}_{10} = -\ln(0.10849) = 2.2211$$

$$\text{Slovenia: } \hat{\tau}_{21} = -\ln(0.10526) = 2.2513$$

$$\text{Cyprus: } \hat{\tau}_{11} = \ln(0.42841) = -0.8477$$

$$\text{Slovakia: } \hat{\tau}_{22} = -\ln(0.09392) = 2.3653$$

$$\text{Finland: } \hat{\tau}_{23} = -\ln(0.11313) = 2.1792$$

$$\text{Sweden: } \hat{\tau}_{24} = -\ln(0.09126) = 2.3940$$

$$\text{United Kingdom: } \hat{\tau}_{25} = -\ln(0.09024) = 2.4053$$

Για παράδειγμα αν θέλουμε να συγκρίνουμε:

στην περίπτωση των μεσογειακών χωρών της Ισπανίας και της Ιταλίας διαπιστώνουμε ότι  $\hat{\tau}_8 - \hat{\tau}_{10} = -3.0887$ ,  $\exp(-3.0887) = 0.05$ , πράγμα που σημαίνει πως η Ισπανία έχει 0.05 λιγότερους ρύπους από την Ιταλία.

Στην περίπτωση των χωρών της Κύπρου και της Μάλτας διαπιστώνουμε ότι  $\hat{\tau}_{11} - \hat{\tau}_{16} = 0.1365$ ,  $\exp(0.1365) = 1.15$ , δηλαδή η Κύπρος έχει 1.15 περισσότερους ρύπους από την Μάλτα.

Η διαφορά στον αριθμό των ρύπων ανάμεσα στη Πορτογαλία και την Ελλάδα είναι  $\hat{\tau}_{20} - \hat{\tau}_7 = -5.3320$ ,  $\exp(-5.3320) = 0.01$ , πράγμα που σημαίνει πως η Πορτογαλία έχει 0.01 λιγότερους ρύπους από την Ελλάδα.

Τέλος, στις σκανδιναβικές χώρες όπως Σουηδία και Φινλανδία, η διαφορά στον αριθμό των ρύπων είναι  $\hat{\tau}_{24} - \hat{\tau}_{23} = 0.2148$ ,  $\exp(0.2148) = 1.27$ , δηλαδή η Σουηδία έχει 1.27 περισσότερους ρύπους από την Φινλανδία.

## 5. Συμπεράσματα

Ο αέρας που αναπνέουμε είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία μας. Η ποιότητα του αλλάζει από ουσίες που απελευθερώνονται κυρίως μέσα από την ανθρώπινη δραστηριότητα, οι οποίες οδηγούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μας και το φυσικό περιβάλλον (Parry *et al.*, 2004).

Το μοντέλο επίδρασης γραμμών επί στηλών (RC) προσαρμόζεται καλύτερα από όλα. Όμως, για να είμαστε πιο σαφείς, το ποσοστό της ατμοσφαιρικής μόλυνσης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Αυτοί μπορεί να είναι:

- το βιοτικό επίπεδο της κάθε χώρας
- το ποσοστό της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων της κάθε χώρας ,
- το μέγεθος των ρίπων από τα εργοστάσια
- τις δημόσιες δαπάνες στον τομέα του περιβάλλοντος και
- διάφοροι άλλοι παράγοντες οι οποίοι είναι δύσκολο να προσδιοριστούν.

Για να διαπιστώσουμε το βαθμό συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ χωρών και ετών χρησιμοποιούμε το  $\Theta$  του δεύτερου μοντέλου, της σχεσιακής ομοιομορφίας (Uniform) για να υπολογίσουμε το δείκτη έμφυτης συσχέτισης - δηλαδή  $\phi$ . Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το  $\Theta$  είναι ίσο με 0.99998 πράγμα που σημαίνει ότι είναι κοντά στην τιμή 1 όπου και έχουμε ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών.

Πιο συγκεκριμένα όμως βλέπουμε ότι ο δείκτης έμφυτης συσχέτισης δηλαδή το  $\phi = \ln(0.99998) = 0.00002$  και  $|\phi^{1/2}| = \sqrt{0.00002} = 0.0045$  και  $\phi^{1/2} = \sqrt{0.00002} = 0.0045$ . Συμπερασματικά λοιπόν διαπιστώνουμε ότι έχουμε ελαφρώς θετική συσχέτιση μεταξύ χωρών και ετών.

Για αυτό το λόγο η προστασία του περιβάλλοντος και η συνεχής προσπάθεια για μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι υποχρέωση όλων μας.

## **Ένα μοντέλο συσχέτισης Δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής: Οι συνολικές εκπομπές αερίων καταρτισμένες σε πραγματική ετήσια βάση = 100 για τις 25 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

**Joel C. Nwaubani**

*Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας*

### *Abstract*

Human activity is changing air quality and climate globally, hence the World Health Organization (WHO) estimates that the warming and precipitation trends due to



anthropogenic climate change of the past 40 years already claim over 150.000 lives annually. Many prevalent human diseases are linked to climate fluctuations, from cardiovascular mortality and respiratory illnesses due to heatwaves, to altered transmission of infectious diseases and malnutrition from crop failures. Uncertainty remains in attributing the expansion or resurgence of diseases to climate change, owing to lack of long-term, high-quality data sets as well as the large influence of socio-economic factors and changes in immunity and drug resistance. Unarguably, the growing evidence that climate–health relationships pose increasing health risks under future projections of climate change and that the warming trend over recent decades has already contributed to increased morbidity and mortality in many regions of the world. Potentially vulnerable regions include the temperate latitudes, which are projected to warm disproportionately, the regions around the Pacific, and Indian oceans that are currently subjected to large rainfall variability due to the Southern Oscillation sub-Saharan Africa. In this study, we use all the usual association model of the Categorical Data Analysis (CDAS) to analyze the indicators of air pollution and climate change: Total Gas Emissions (CO<sub>2</sub>) on actual base year =100 in 25 EU countries. Data from the Eurostat are estimated on actual base year from 1996-2008. Since the main focus is to have a better understanding of the indicators of air pollution and climate change in 25 EU countries, the ANOAS table is given in order to ascertain the percentage of the data which is covered by each model. We find and estimate the association model with the best fit and in conclusion we find out that the row-column effect model (RC) has the best fit among all.

*Keywords: Association models, Log-linear and non-linear models, air pollution, climate change, CO<sub>2</sub>*

### Βιβλιογραφία

- Diewert, W. E. (1976). Exact and superlative index numbers. *Journal of econometrics*, 4(2), 115-145.
- Detels R., Tashkin D.P. (1991). The UCLA population studies of CORD: X. A cohort study of changes in respiratory function associated with chronic exposure to SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and hydrocarbons. *American Journal of Public Health*, 350–359.
- Diewert, W. E. (1995). *Axiomatic and economic approaches to elementary price indexes* (No. w5104). National Bureau of Economic Research.
- Eliason, S. R. (1990). The categorical data analysis system. *User's manual (Version 3.5)[Computer program]*. University of Iowa.
- Fairbanks, M. (2000). Changing the mind of a nation: Elements in a process for creating prosperity. *Culture matters: How values shape human progress*, 268-281.
- Goodman, L. A. (1979). Multiplicative models for the analysis of occupational mobility tables and other kinds of cross-classification tables. *American Journal of Sociology*, 804-819.
- Goodman, L. A. (1981a). Association models and the bivariate normal for contingency tables with ordered categories. *Biometrika*, 68(2), 347-355.

- Goodman, L. A. (1981b). Association models and canonical correlation in the analysis of cross-classifications having ordered categories. *Journal of the American Statistical Association*, 76(374), 320-334.
- IMF/Eurostat /JP (2008). Eurostat (tsien 010), European Environment agency, *European Topic on Air and Climate Change*.
- International Fed of Red Cross and Red Crescent Societies(2004). *World Disaster Report*
- Graves, Frank Boucher,. (2005). "Public Attitudes Towards the Kyoto Protocol".
- Hayhoe, K., Cayan, D., Field, C. B., Frumhoff, P. C., Maurer, E. P., Miller, N. L., ... & Verville, J. H. (2004). Emissions pathways, climate change, and impacts on California. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34), 12422-12427.
- McMichael, A. J., & Woodruff, R. E. (2005). *Climate change and human health*(pp. 209-213). Springer Netherlands.
- Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., & Fischer, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14(1), 53-67.
- Patz, J. A., Epstein, P. R., Burke, T. A., & Balbus, J. M. (1996). Global climate change and emerging infectious diseases. *Journal of American Medical Association*, 275(3), 217-223.
- Patz, J. A. et al., (2004). Heat Advisory: Climate Change, Air Pollution, and Health in the US (Natural Resources Defence Council, Washington).
- Smith, K.R., (1987). Biofuels , Air Pollution, and Health: A Global Review. New York: Plenum Press.
- Seaton, A., Godden, D., MacNee, W., & Donaldson, K. (1995). Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet*, 345(8943), 176-178.
- Schwartz, J. (1994). Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama. *American Journal of Epidemiology*, 139(6), 589-598.
- Χαρίτου Α., (2006). *Ανάλυση Διατεταγμένων Δεδομένων*. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.