

**ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ DMSP ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ<sup>1</sup>.**

**ΧΑΛΚΙΑΣ Χ.<sup>2</sup>, ΠΕΤΡΑΚΗΣ Μ.<sup>3</sup>, ΛΙΑΝΟΥ Μ.<sup>4</sup>, ΨΥΛΟΓΛΟΥ Β.<sup>5</sup>, ΚΑΡΤΑΛΗΣ Κ.<sup>6</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Οι εκπομπές νυκτερινού φωτός κυρίως από μεγάλα αστικά κέντρα αποτελούν την αιτία για μία νέα μορφή περιβαλλοντικής ρύπανσης (night light pollution), συγχρόνως όμως λόγω της άμεσης συσχέτισής τους με τις ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να χρησιμεύσουν στην χάραξη κοινωνικό-οικονομικής πολιτικής.

Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται τεχνικές επεξεργασίας και συσχέτισης δεδομένων νυκτερινών εκπομπών φωτός από τον δορυφόρο DMSP με διάφορα οικονομικά και πληθυσμιακά στοιχεία μέσα σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS).

Συγκεκριμένα διερευνάται η δυνατότητα δημιουργίας δεικτών συσχέτισης των εκπομπών νυκτερινού φωτισμού με κοινωνικό-οικονομικά στοιχεία. Οι δείκτες αυτοί είναι εξαιρετικά χρήσιμοι στον πολιτικό σχεδιασμό, αφενός γιατί τα δεδομένα τηλεπισκόπησης είναι διαθέσιμα σε περιόδους μεταξύ απογραφών και αφετέρου γιατί έχουν τη δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών και για απομονωμένες - δυσπρόσιτες περιοχές με ελάχιστα πληροφοριακά στοιχεία.

**ABSTRACT**

Night light emissions that originate mainly from great urban areas are among the main forms of environmental pollution (night light pollution). As night light emissions data reflect mainly on human activities, can be used as a policy tool with a suitable time-spatial correlation coupled with various financial and energy data.

The topography of Greece with large mountainous areas and a multitude of small islands as well as the distribution of the population and consequently of human activity (intense urbanization with few urban centers) introduces a relevant discontinuity in the range of DMSP data (when they are averaged in NUTS 3 level).

In the present study techniques for the processing and correlation of night light emission data from DMSP satellite with various financial and population data are developed in a Geographical Information System (GIS). Furthermore, the statistical analysis of the DMSP data and the creation of correlation indices were investigated. These indices could be proved extremely useful to policy making for different activities, at areas where limited data is available.

1:Application for the development of satellite data as a policy tool with the use of Geographical Information Systems

2:Δρ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας,

Ελ. Βενιζέλου 70, Τ.Κ. 176 71, Αθήνα,

Tel.: +3010-9549176, E-mail: xalkias@hua.gr

3:Δρ., Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης,

Ι. Μεταξά & Βασ. Παύλου, Τ.Κ. 152 36, Π. Πεντέλη,

Tel.: +3010-8109121, 123, Fax: +3010-8103236, E-mails: mike@meteo.noa.gr

4:Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης,

Ι. Μεταξά & Βασ. Παύλου, Τ.Κ. 152 36, Π. Πεντέλη,

Tel.: +3010-8109131, Fax: +3010-8103236, E-mail : mlianou@meteo.noa.gr

5:Δρ., Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης,

Ι. Μεταξά & Βασ. Παύλου, Τ.Κ. 152 36, Π. Πεντέλη,

Tel.: +3010-8109133, Fax: +3010-8103236, E-mails: basil@meteo.noa.gr

6:Δρ., Remote Sensing and Image Processing Team, University of Athens,

Dept. of Physics, Division of Applied Physics,

Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR-157 84, Athens, Greece.

Tel.: +3010-7276843, Fax: +3010-7295282

E-mail: ckartali@cc.uoa.gr

Except of the relation between socio-economic parameters and DMSP images, light emission data will be processed in order to derive information on mapping tranquility areas as far as light pollution is concerned. A light emission map of Greece that depends on DMSP data, urban expansion, and road density will determine places of special interest for those interested in light pollution free areas.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπομπές νυκτερινού φωτισμού, Δορυφορικά δεδομένα, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Πολιτικός σχεδιασμός, οχλήσεις νυκτερινού φωτισμού.  
**KEY WORDS:** Night light emissions, Satellite data, Geographic Information Systems, Policy making, night light pollution.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ολοένα και αυξανόμενες εκπομπές νυκτερινού φωτισμού αποτελούν αίτιο ανησυχίας για πολλούς επιστήμονες. Ανάμεσα σε αυτούς είναι και οι αστρονόμοι, οι οποίοι πραγματοποιούν νυκτερινές παρατηρήσεις με μεγάλη δυσκολία (IDSA, 1996; Falchi et al., 2000) καθώς και οι περιβαλλοντολόγοι οι οποίοι εξετάζουν την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και τις δυσμενείς επιπτώσεις του έντονου νυκτερινού φωτισμού στην χλωρίδα και πανίδα, καθώς και στην διατάραξη του βιορυθμού των φυτών και ζώων (Shaflik 1997, Borg 1996). Εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις του νυκτερινού φωτισμού (κατά κύριο λόγο τεχνητού) στο περιβάλλον, διερευνάται η δυνατότητα συσχετισμού του με βασικές ανθρώπινες δραστηριότητες. Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '60 ο Tobler (1969) έδειξε ότι μπορούν να γίνουν ακριβείς εκτιμήσεις πληθυσμού μετά από μέτρηση του μεγέθους των οικιστικών περιοχών, όπως αυτές καταγράφονται από δορυφορικές εικόνες. Φαίνεται ότι οι παράγοντες αυτών των συσχετίσεων διαφέρουν τοπικά λόγω διαφορών στις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες και τον τύπο του οικιστικού ιστού. Η αξιοποίηση αυτών των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην άμεση ανίχνευση πόλεων (Croft 1978), καθώς και πρόσκαιρων πηγών εκπομπής φωτός, όπως είναι οι πυρκαγιές. Επίσης η πιθανή χρήση αυτών των δεδομένων για εκτιμήσεις ανθρώπινης παρουσίας καθώς και ενεργειακής κατανάλωσης έχουν επισημανθεί από τη δεκαετία του 1980 (Welch 1980). Στις μέρες μας εκπονείται σημαντική έρευνα σε αυτό το αντικείμενο (Sutton 1997, Elvidge 1997, Falchi and Cinzano 2000) με δεδομένα που προέρχονται κυρίως από τον δορυφόρο DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) του Αμυντικού Μετεωρολογικού Δορυφορικού προγράμματος των Η.Π.Α. Ο δορυφόρος DMSP βρίσκεται σε υψόμετρο 830km, με ήλιο-σύγχρονη πολιτική τροχιά και περίοδο τροχιάς 101 min.

## **ΝΥΚΤΕΡΙΝΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ**

Ο έντονος νυκτερινός φωτισμός παρουσιάζεται σήμερα σε όλα τα αστικά κέντρα. Τα επίπεδα αυτού του φωτισμού τείνουν να αυξάνονται συνεχώς λόγω πολλών κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων. Σύμφωνα με τον Shaflik (1997), οι κυριότεροι εξ αυτών είναι

- Η αυξανόμενη ισχύς των πηγών φωτισμού.
- Ο αυξανόμενος φωτισμός στους δρόμους.
- Η αυξανόμενη νυκτερινή κυκλοφορία των αυτοκινήτων.
- Η αύξηση των διαφημιστικών επιγραφών και του φωτισμού για λόγους ασφάλειας.

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η εξέταση των παραγόντων που επηρεάζουν τις νυκτερινές εκπομπές όπως η εδαφοκάλυψη, η αστική δομή, η πληθυσμιακή πυκνότητα κ.α. Επίσης διερευνάται η δυνατότητα χρήσης αυτών των δεδομένων στον ελληνικό χώρο, για τον έμμεσο υπολογισμό κοινωνικό-οικονομικών στοιχείων που σχετίζονται με τις νυκτερινές εκπομπές φωτός. Αυτές οι χρήσεις δυνητικά μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο πολιτικού σχεδιασμού, αλλά και ερευνητικών δραστηριοτήτων.

Ιδιαίτερα για την Ελλάδα των τελευταίων ετών, με τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, είναι έκδηλη η τάση ορθολογικής διαχειριστικής παρέμβασης στο

περιβάλλον με βασικούς στόχους την περαιτέρω αειφόρο ανάπτυξη και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

#### **ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Για την προσέγγιση των στόχων της εργασίας δημιουργήθηκε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ), στο οποίο ενσωματώθηκε πληθώρα γεωγραφικών δεδομένων (στατιστικά στοιχεία, χαρτογραφικά δεδομένα, δεδομένα τηλεπισκόπησης).

Σε μια πρώτη προσέγγιση και με δεδομένη την χωρική ανάλυση των εικόνων DMPS (2.8 Km), ως χωρική μονάδα αναφοράς επιλέχθηκε το επίπεδο των Νομών της Ελλάδας. Αντίστοιχα το χαρτογραφικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από χάρτες κλίμακας 1: 250000.

Τα οικονομικά και πληθυσμιακά δεδομένα προέρχονται από τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ) και αφορούν:

- Δημογραφικά δεδομένα (απογραφή πληθυσμού έτους 1991, προσωρινά στοιχεία απογραφής 2001)
- Κοινωνικό-οικονομικά, στατιστικά δεδομένα:
  - α. Ετήσια κατανάλωση ρεύματος κάθε νομού για οικιακό, βιομηχανικό και δημόσιο φωτισμό για την περίοδο 1991 - 1997.
  - β. Ετήσιο Εθνικό Ακαθάριστο Προϊόν (GDP) κάθε νομού για τα έτη 1991 με 1998.
  - γ. Δείκτες ευημερίας νομών.

Τα βασικά χαρτογραφικά δεδομένα προέρχονται από χάρτες της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού (ΓΥΣ) και αφορούν:

- α. Διοικητική διαίρεση (όρια Νομών, αλλά και δήμων του σχεδίου Καποδίστρια τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε τοπικές μελέτες)
- β. Οδικό δίκτυο
- γ. Τοπογραφικό ανάγλυφο (όπως αυτό αποτυπώνεται στις ισοΰψεις καμπύλες - ισοδιάσταση 100m - και στα βασικά υψομετρικά σημεία)

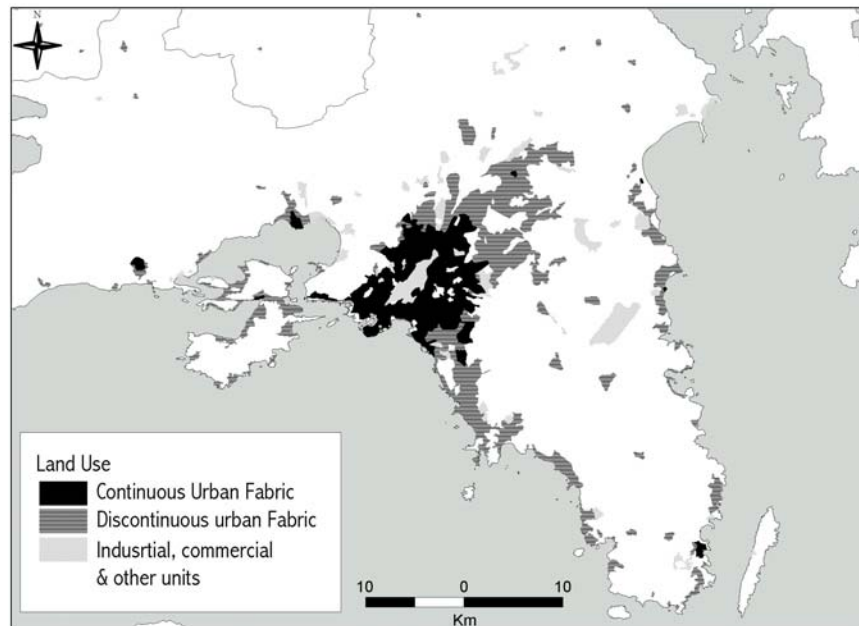
Τα δεδομένα αυτά μετά την εισαγωγή τους στο ΣΓΠ, αναλύθηκαν με τελικό αποτέλεσμα τη λήψη παράγωγων δευτερογενών δεδομένων. Έτσι από τα υψομετρικά δεδομένα δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με μέγεθος ψηφίδας 250m (Hutchinson 1991) και από αυτό υπολογίστηκαν οι κλίσεις, ενώ από τους χάρτες του ΓΥΣ υπολογίστηκε η πυκνότητα του οδικού δικτύου.

Για την εισαγωγή στο ΣΓΠ -εκτός των δεδομένων τηλεπισκόπησης- στοιχείων χρήσης γης, που σχετίζονται με τις νυχτερινές εκπομπές φωτός, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του προγράμματος CORINE (CEC 1993). Συγκεκριμένα έγινε εισαγωγή στο ΣΓΠ των παρακάτω κατηγοριών κατά CORINE: (Σχήμα 1)

- Συνεχής αστική δόμηση
- Ασυνεχής αστική δόμηση
- Βιομηχανική χρήση

Σημειώνεται ότι σε όλα τα δεδομένα έχει γίνει γεωαναφορά στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα (ΕΓΣΑ-87).

Η ένταξη όλων των παραπάνω στοιχείων στο ΣΓΠ, έδωσε τη δυνατότητα συνδυαστικής αξιοποίησής τους. Έτσι, σε κάθε νομό της Ελλάδας υπολογίστηκαν διάφορα στοιχεία (συνολική έκταση ανά χρήση, πυκνότητα οδικού δικτύου, μέσο υψόμετρο και κλίση, μέση ένταση νυχτερινού φωτός, συνολική έκταση περιοχών στις οποίες παρουσιάζονται νυχτερινές εκπομπές φωτός) τα οποία σε συνδυασμό με τα στατιστικά στοιχεία ανά νομό (πληθυσμιακά δεδομένα, κοινωνικό-οικονομικοί δείκτες, ενεργειακή κατανάλωση) αποτέλεσαν το βασικό πυρήνα δεδομένων της εργασίας. Το τελικό αποτέλεσμα, έπειτα από την εφαρμογή τεχνικών χωρικής ανάλυσης (Goodchild et al., 1993) είναι ο υπολογισμός δεικτών ανά νομό και η συσχέτισή τους με τα δεδομένα εκπομπών νυχτερινού φωτός.



Σχήμα 1: Παράδειγμα των δεδομένων για τη χρήση γης στην Αττική.

Figure 1: Example of land use data for Attika area.

(Πηγή: Πρόγραμμα CORINE, Source: Corine program)

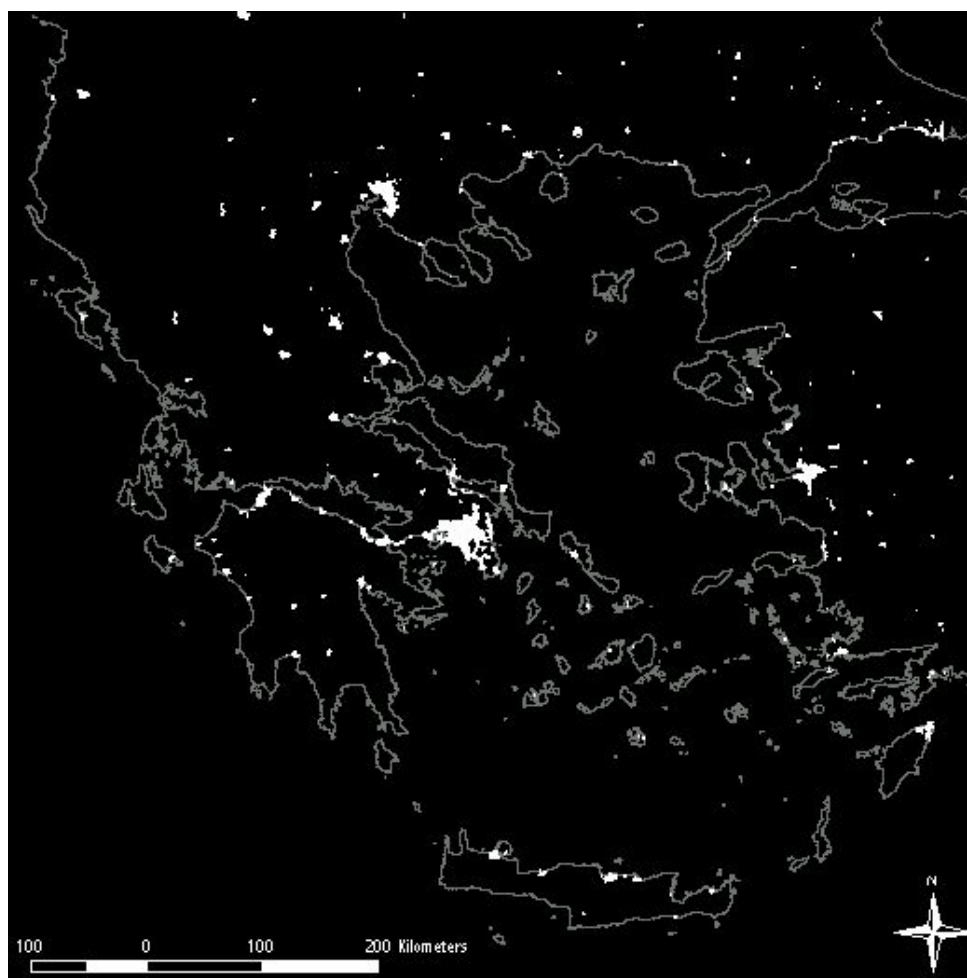
#### ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ DMSP

Οι δορυφόροι DMSP διαθέτουν σύστημα γραμμικής σάρωσης (Operational Linescan System, OLS) το οποίο παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης, ασθενών πηγών εκπομπής φωτός στην επιφάνεια της γης, στο ορατό και το εγγύς υπέρυθρο (VNIR). Αυτή η ικανότητα επιτρέπει την χαρτογράφηση των εκπομπών νυχτερινού φωτισμού από ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε αστικές περιοχές.

Καθώς οι δορυφορικές εικόνες στο ορατό εξαρτώνται από μετεωρολογικές συνθήκες (νεφοκάλυψη) ο αριθμός των κατάλληλων εικόνων περιορίζεται αρκετά. Επίσης η ποιότητα των εικόνων δεν είναι πάντα η κατάλληλη για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχικά ένας περιορισμένος αριθμός εικόνων, που πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια, ήταν διαθέσιμος.

- 04/12/1999, ώρα 18:05 GMT
- 10/12/1999, ώρα 18:31 GMT (Σχήμα 2)
- 03/01/2000, ώρα 18:31 GMT

Η χωρική ανάλυση των εικόνων είναι 2.8km. Σε όλες τις εικόνες έχει γίνει γεωαναφορά στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα (ΕΓΣΑ 87). Στη μελέτη αυτή έγινε στατιστική ανάλυση των δορυφορικών εικόνων προκειμένου να υπολογιστούν βασικές στατιστικές μεταβλητές (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστο και ελάχιστο) των δεδομένων νυχτερινού φωτισμού σε κάθε νομό.



Σχήμα 2: Νυκτερινές εκπομπές φωτός πάνω από την Ελλάδα στις 10/12/1999, 18:31 GMT.

Figure 2: Night-time light emissions over Greece on 10/12/1999, 18:31 GMT.

#### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΑ DMSP**

Προκειμένου να γίνει η συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων κοινωνικό-οικονομικών παραμέτρων και των καταγραφών νυκτερινών εκπομπών φωτός, έγινε μια πρώτη ανάλυση των δεδομένων σε επίπεδο νομού. Αρχικά διερευνήθηκε η συσχέτιση των εκπομπών φωτός με άλλα κοινωνικό-οικονομικά στοιχεία από το ΣΓΠ, σε επίπεδο νομού εφαρμόζοντας την εξίσωση παλινδρόμησης του Elvidge et al. (1997 a):

$$\text{Log (X)} = \alpha + \beta * \text{Log (AREA LIT)}$$

Όπου τα  $\alpha$ ,  $\beta$  είναι αντίστοιχα η σταθερά απόκλισης και η κλίση στην γραμμική συσχέτιση και  $X$  είναι η εξαρτημένη κοινωνικό-οικονομική μεταβλητή που αντιστοιχεί κάθε φορά σε μία από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Πληθυσμός (P) για κάθε νομό.
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε GWH) για κάθε νομό.
- Εθνικό Ακαθάριστο Προϊόν (ΑΕΠ) σε δις. ανά χωρική μονάδα για κάθε νομό.
- AREA LIT) είναι η έκταση στην οποία έχει καταγραφεί νυκτερινός φωτισμός βάσει των δεδομένων DMSP. Η έκταση αυτή υπολογίστηκε ανά νομό Ελλάδας, στα πλαίσια του ΣΓΠ, κάνοντας χρήση των δορυφορικών εικόνων DMSP.

Πίνακας 1: Εξισώσεις παλινδρόμησης για τον υπολογισμό του πληθυσμού, της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ΑΕΠ από τις παρατηρούμενες εκτάσεις με νυκτερινή ακτινοβολία η οποίες καταγράφονται στις εικόνες DMSP.

Log Πληθυσμού = 3.5398 + 0.9874 (Log Area LIT)	R <sup>2</sup> = 0.93
Log (GWH) = -0.083 + 0.8275 (Log Area LIT)	R <sup>2</sup> = 0.96
Log ΑΕΠ (δισ. Euro) = -1.0705 + 0.8974 (Log Area LIT)	R <sup>2</sup> = 0.95

Σημειώνεται ότι στον υπολογισμό των παραπάνω εξισώσεων χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των 15 νομών με το μεγαλύτερο πληθυσμό, στους οποίους κατά κανόνα παρατηρείται αυξημένη νυχτερινή εκπομπή. Οι παράμετροι των εξισώσεων παλινδρόμησης (Πίνακας 1) βρίσκονται σε συμφωνία με αυτούς που έχουν υπολογιστεί σε επίπεδο κρατών (Elvidge et al 1997 a).

Τα παραπάνω στοιχεία είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά ως προς τη δυνατότητα συσχέτισης των καταγραφών νυχτερινού φωτός με ορισμένα σημαντικά κοινωνικό-οικονομικά δεδομένα. Ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο, η δυνατότητα έμμεσων εκτιμήσεων κοινωνικό-οικονομικών στοιχείων από δεδομένα τηλεπισκόπησης έχει ιδιαίτερη αξία, αφού τα επίσημα στατιστικά στοιχεία αφένος πολλές φορές δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα (π.χ. στα πληθυσμιακά στοιχεία δεν έχουμε ακριβή καταγραφή των μεταναστών), αφετέρου καταγράφουν στοιχεία για δεδομένη χρονική στιγμή. Είναι φανερό ότι μια μεθοδολογία η οποία θα επέτρεπε εκτιμήσεις για μεταβολές (εποχικές ή και υπερετήσιες) γεωγραφικών στοιχείων, αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τον πολιτικό σχεδιασμό.

Μελλοντικά η συγκεκριμένη έρευνα θα προσανατολισθεί στον συσχετισμό νυχτερινών εκπομπών και με άλλες κοινωνικό-οικονομικές αλλά και φυσικό-γεωγραφικές παραμέτρους καθώς και με τη πολυπαραγοντική στατιστική επεξεργασία αυτών των στοιχείων. Παράμετροι για περαιτέρω έρευνα είναι οι κλίσεις των εδαφών, η πυκνότητα του οδικού δικτύου, δείκτες ευημερίας και ποιότητας ζωής, στοιχεία χρήσης γης κλπ.

#### **ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα ιδιαίτερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, σε σύγκριση με αυτά των υπόλοιπων ευρωπαϊκών χωρών αλλά και με τη Βόρεια Αμερική, με τις εκτεταμένες ορεινές περιοχές και τα πολυάριθμα νησιά, έχουν άμεση επίδραση στη χωρική κατανομή του πληθυσμού και συμβάλλουν στη μη ομοιογενή, χωρική διασπορά των περιοχών με αστικές συγκεντρώσεις και ως εκ τούτου σημαντικές εκπομπές φωτός. Αν για της μέσες τιμές εκπομπών φωτός της περιοχής κάθε νομού χρησιμοποιηθεί γραμμική κλίμακα, η ένταση φωτεινής εκπομπής της Θεσσαλονίκης αντιστοιχεί στο 25% των εκπομπών της Αττικής ενώ οι υπόλοιποι νομοί της Ελλάδας κυμαίνονται μεταξύ 0 και 0.1%. Αντίστοιχα, η χωρική κατανομή των εκπομπών των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας κυμαίνεται από 0-8% αυτής που καταγράφεται για το νομό Αττικής με μόνη εξαίρεση το νομό Θεσσαλονίκης (21%).

Τα αρχικά συμπεράσματα από την παρατήρηση των δορυφορικών εικόνων νυχτερινών εκπομπών φωτός για τον ελληνικό χώρο, δείχνουν μια πλήρη αντιστοιχία με τις περιοχές ανάπτυξης των μεγάλων πόλεων με πιο εμφανή την καταγραφή της ευρύτερης αστικής περιοχής για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη που συγκεντρώνουν περισσότερο από το 50% του συνολικού πληθυσμού. Εκτός από τις περιπτώσεις εφήμερων εκπομπών (π.χ από πυρκαγιές), οι οποίες ανιχνεύονται εύκολα με συγκρίσεις διαδοχικών εικόνων, οι εκπομπές νυχτερινού φωτός στον ελληνικό χώρο, αντιστοιχούν σε ανθρώπινες δραστηριότητες κυριότερες από τις οποίες είναι ο φωτισμός των πόλεων και των οδικών αρτηριών.

Μία ενδιαφέρουσα πτυχή της έρευνας είναι η μελέτη των εποχιακών (χειμώνας-καλοκαίρι) και υπερετήσιων μεταβολών εκπομπών φωτός οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην Ελλάδα, αφού σχετίζονται άμεσα με την τουριστική και οικονομική ανάπτυξη, τις πιθανές τάσεις αστικών επεκτάσεων ή επιστροφής στην ύπαιθρο, τις εποχιακές μετακινήσεις πληθυσμού αλλά και τις αλλαγές στη συμπεριφορά κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.

Σαν βασικό προϊόν αυτής της έρευνας θεωρείται η κατασκευή του χάρτη νυχτερινών εκπομπών φωτός για τον ελληνικό χώρο. Η κατασκευή του χάρτη αυτού προϋποθέτει την αξιοποίηση σειράς λεπτομερών εικόνων (δεδομένα DMSP με χωρική ανάλυση 500X500 m) και την επεξεργασία τους έτσι ώστε να εξαλειφθεί ο παρασιτικός θόρυβος, οι επιδράσεις από μετεωρολογικές συνθήκες και να απαλειφθούν οι πιθανές εφήμερες πηγές. Από τον χάρτη αυτό μπορούν να ληφθούν ιδιαίτερα σημαντικά στοιχεία τόσο για την προστασία περιοχών με σημαντική "ρύπανση" από νυχτερινές εκπομπές φωτός (night light pollution), όσο και για

εφαρμογές χωροθέτησης στις οποίες σημαντική παράμετρος είναι η ανίχνευση περιοχών με μικρές εκπομπές.

Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος MANTLE (Mapping Night-time Light Emissions in the EU using satellite-observed visible near infrared emissions as a policy tool)

Το πρόγραμμα MANTLE θεωρείται σαν μια καινοτόμος προσέγγιση του προβλήματος ρύπανσης από τις έντονες νυκτερινές εκπομπές φωτός καθώς δίνει τη πιθανότητα χρήσης των δεδομένων DMSP για την εξαγωγή πληροφοριών που σχετίζονται με τη μεταβολή των κοινωνικό-οικονομικών δεικτών. Οι πληροφορίες αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τον πολιτικό σχεδιασμό και γενικότερα τη χάραξη πολιτικής.

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών αποδείχτηκε ισχυρό εργαλείο για αυτή τη μελέτη, αφού αξιοποιώντας αυτό το σύστημα διερευνήθηκε ο βαθμός συσχέτισης των καταγραφών DMSP με άλλα σημαντικά γεωγραφικά δεδομένα.

Τα δεδομένα τηλεπισκόπησης τα οποία εξετάστηκαν, μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή τόσο για τη διερεύνηση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τις νυκτερινές εκπομπές φωτός που επιβάλλει ο σύγχρονος τρόπος ζωής, όσο και για τον έμμεσο υπολογισμό στοιχείων που σχετίζονται με σημαντικές ανθρώπινες δραστηριότητες.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Borg V. (1996) Death of Night., *Geographical Magazine*, Vol 68, pp. 56.
- [2] CEC. (1993) *CORINE Land Cover technical guide*. European Union. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- [3] MANTLE: Mapping Night Time Emissions in the EU using satellite observed visible near infrared emissions as a policy tool. Co.No: IST-1999-14208.
- [4] Elvidge C. D., Baugh K. E., Kihn E. A., Kroehl H. W., Davis E. R. and Davis C. W. (1997 a) "Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption" *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 18, No. 6, pp. 1373-1379.
- [5] Elvidge, C.D. Baugh, K.E., Kihn, E.A., Kroehl, H.W., and Davis, E.R., (1997b) Mapping City Lights with Nighttime data from the DMSP-OLS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* vol. 63, No 6, pp. 727-734.
- [6] Falchi F., Cinzano P. (2000) "Measuring and modeling light pollution", Cinzano P. ed., *Mem. Soc. Astron. Ital.*, Vol. 71, pp. 139.
- [7] Goodchild M. F., Parks B. O., Steyaert L. T. (1993) "Environmental Modeling with GIS", p. 520, Oxford University Press.
- [8] Hutchinson M. F. (1989) "A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits", *Journal of Hydrology*, Vol. 106, pp. 211-232.
- [9] IDSA (1996) "Astronomy's problem with light pollution", ISDA Information Sheet, No 1, May 1996, Tuscon: International Dark-Sky Association.
- [10] Shaflik C. (1997) "Environmental effects of roadway lighting", Technical paper prepared at University of British Columbia, Dept. of Civil Engineering, pp. 9.
- [11] Croft, T.A. (1978) Nighttime Images of the Earth from Space. *Scientific American* vol. 239, pp.68-79.
- [12] Sutton, P. et al (1997) A Comparison of Nighttime Satellite Imagery and Population density for the Continental United States. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol 63, No 11, pp. 1303-1313.
- [13] TOBLER, W.R. (1969) Satellite Confirmation of Settlement Size Coefficients Area Vol. 1, pp.31-34.
- [14] WELCH, R. (1980) Monitoring Urban Population and Energy Utilization Patterns From Satellite Data. *Remote Sensing of Environment* Vol. 9, pp.1-9.