Εναλλακτικές μέθοδοι ένταξης διανομών του Υπουργείου Γεωργίας στο ΕΓΣΑ87

Αμπατζίδης Δημήτριος (dampatzi@topo.auth.gr),
Καλαμάκης Νικόλαος (nkaltopo@gmail.com),
Κατσάμπαλος Κωνσταντίνος-Βασίλειος (kvek@topo.auth.gr),
Κωτσάκης Χριστόφορος (kotsaki@topo.auth.gr)

Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Α.Π.Θ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το πρόβλημα της ένταξης των διανομών του Υπουργείου Γεωργίας στο ΕΓΣΑ87. Είναι ένα ζήτημα που αφορά στην καθημερινή πρακτική του επαγγελματία Τοπογράφου Μηχανικού, αλλά και την αξιόπιστη ένταξη των περιοχών στο Κτηματολόγιο. Αναλύονται οι ήδη υπάρχουσες τεχνικές αντιμετώπισης του προβλήματος στην πράξη και προτείνονται ορισμένες νέες στρατηγικές, οι οποίες θα ήταν δυνατό να εφαρμοστούν. Για την καλύτερη αντίληψη των εναλλακτικών μεθόδων ένταξης παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής τους στην περιοχή της Νέας Ραιδεστού του νομού Θεσσαλονίκης

1. Το πρόβλημα

Ένα από τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο ΑΤΜ στην καθημερινή επαγγελματική πρακτική είναι η **ένταξη** μιας κλασικής αποτύπωσης ή πολεοδομικής - κτηματογραφικής εφαρμογής από την προβολή της Hatt ("παλιό και νέο Bessel") στην προβολή του ΕΓΣΑ'87 (ΤΜ87). Για παράδειγμα, η σύνταξη ενός τοπογραφικού διαγράμματος για χωρική μεταβολή στο Κτηματολόγιο σε κληροτεμάχιο διανομής της Τοπογραφικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Γεωργίας (ΤΥΥΓ), ή η σύνταξη τοπογραφικού διαγράμματος για την έκδοση πράξης χαρακτηρισμού από Δασαρχείο όπου μεταξύ άλλων, οι κορυφές του ακινήτου απαιτείται να έχουν τιμές στο ΕΓΣΑ'87. Εξίσου σημαντικό είναι και το αντίστροφο πρόβλημα, της μετάβασης δηλαδή από το ΕΓΣΑ'87 στο σύστημα της Hatt. Ένα τέτοιο πρόβλημα μπορεί να προκύψει στην περίπτωση που ο μελετητής εργάζεται με κάποιο σύστημα μόνιμων σταθμών GNSS (HEPOS, δίκτυα ιδιωτικών εταιρειών, κα) και ως εκ τούτου οι μετρήσεις (μετά από επεξεργασία) αναφέρονται στο ΕΓΣΑ'87 και επιθυμεί να τις μετασχηματίσει στην Hatt.

2. Βασικά χαρακτηριστικά των διανομών της ΤΥΥΓ

Η εφαρμογή των διανομών της ΤΥΥΓ από τους ΑΤΜ, παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες οι οποίες πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη, όταν απαιτείται η ένταξή τους, έστω τοπικά, στο ΕΓΣΑ'87. Παρακάτω παρατίθενται τα κυριότερα σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή:

- Όταν απαιτείται να αποτυπωθεί και να εφαρμοστεί ένα αγροτεμάχιο ή ένας οικοπεδικός κλήρος διανομής της ΤΥΥΓ, τα σημεία εξάρτησης που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι έχουν χρησιμοποιηθεί από την Υπηρεσία κατά τη φάση της υλοποίησης της διανομής. Στο σημείο αυτό πρέπει

να τονιστεί ότι οι τιμές στην Hatt που χρησιμοποιήθηκαν από την ΤΥΥΓ είναι από την παλαιά συνόρθωση, το λεγόμενο «Παλαιό Bessel» και είναι αυτό το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση των διανομών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στο να μην συγχέεται το σύστημα Hatt που προέκυψε από την νέα συνόρθωση ("νέο Bessel") με το σύστημα Hatt που χρησιμοποιήθηκε από την ΤΥΥΓ ("παλιό Bessel"). Πρόκειται για δύο διαφορετικά συστήματα αναφοράς (ΣΑ).

- Οι διανομές της ΤΥΥΓ είναι κατά κανόνα πάρα πολύ παλιές (ορισμένες χρονολογούνται από την δεκαετία του 1930) και συνεπώς, τα τριγωνομετρικά που υλοποιήθηκαν, μετρήθηκαν και εντάχθηκαν στη Hatt προκειμένου να μελετηθεί ένα συγκεκριμένο αγρόκτημα, δεν υφίστανται σήμερα για να χρησιμοποιηθούν. Σε πολλές περιπτώσεις, έχουν χρησιμοποιηθεί βάθρα της ΓΥΣ για την υλοποίηση του δικτύου τα οποία είναι πιο εύκολα να βρεθούν σήμερα και επιπλέον έχουν **επίσημες** συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87 από την ΓΥΣ. Άρα, εάν επιθυμούμε να εργαστούμε με τη μέθοδο της «αγκύρωσης», όπως και με τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια, σε διανομή της ΤΥΥΓ, πρέπει να αναζητήσουμε **υποχρεωτικά** αυτά τα βάθρα της ΓΥΣ.

- Η ΤΥΥΓ προσέφερε ένα τεράστιο έργο στη χώρα με τη ολοκλήρωση των διανομών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν εκείνη την εποχή από τα συνεργεία της, προφανώς είναι ξεπερασμένες και είναι αναμενόμενο τα παραγόμενα αποτελέσματα να είναι πολλές φορές χαμηλής ακρίβειας. Ωστόσο, υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις διανομών που είναι πάρα πολύ ακριβείς τόσο στα αριθμητικά τους στοιχεία (τιμές οροσήμων, τριγωνομετρικών, διαστάσεις), όσο και σχεδιαστικά, αν αναλογιστεί κανείς ότι οι αποτυπώσεις έγιναν με σταδίες και σχεδιάστηκαν στο χαρτί με το χέρι σε κλίμακες 1:5000!

- Κάθε αγρόκτημα έχει το δικό του σύστημα συντεταγμένων αφού βρίσκεται σε διαφορετικό κέντρο φύλλου Hatt 6'x6'. Ακόμα και γειτονικά αγροκτήματα έχουν μελετηθεί σε διαφορετικά κέντρα και τα υπάρχοντα (σήμερα) τριγωνομετρικά της ΓΥΣ μπορεί να μην έχουν τιμές στο κέντρο που θέλουμε να εργαστούμε ή να έχουν καταστραφεί, ή ακόμα, και να υπάρχουν τριγωνομετρικά βάθρα στην περιοχή εργασίας, μας δεν είναι απόλυτο ότι έχουν χρησιμοποιηθεί από την ΤΥΥΓ για την μελέτη της εκάστοτε διανομής.

- Δεν υπάρχει ενιαία ακρίβεια στις τιμές των τριγωνομετρικών που χρησιμοποιήθηκαν σε γειτονικά αγροκτήματα. Αποκλίσεις στην ακρίβεια της διανομής εμφανίζονται και μέσα σε ένα μεμονωμένο αγρόκτημα από περιοχή σε περιοχή ή ακόμα και από πλάκα σε πλάκα. Αυτή η απόκλιση προκύπτει από την διαφορετική ακρίβεια των οδεύσεων που έγιναν για τον υπολογισμό των οροσήμων. Άρα οι συντεταγμένες των οροσήμων ενός μεμονωμένου αγροκτήματος δεν έχουν ενιαία ακρίβεια.

- Στην πλειονότητα των διανομών της ΤΥΥΓ τα ορόσημα που σημειώνονται στους χάρτες είχαν υλοποιηθεί και επί τόπου (όχι όλα), αλλά σήμερα δεν υφίστανται για διάφορους λόγους (παλαιότητα, σκόπιμη καταστροφή, αστική ανάπτυξη, αλλαγή του τοπίου στο πέρασμα των δεκαετιών). Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι να μην υπάρχει σήμερα η δυνατότητα να βρεθούν επί τόπου και να αποτυπωθούν προκειμένου να υπάρχει κάποιος έλεγχος της εξάρτησής μας.

- Οι περισσότερες διανομές εμφανίζουν σχεδιαστικά προβλήματα τα οποία γίνονται αντιληπτά στην περίπτωση που θα ψηφιοποιήσουμε ένα απόσπασμα του χάρτη της διανομής. Τα σφάλματα αυτά δεν έχουν μια κοινή τάξη μεγέθους σε όλες τις διανομές, ενώ διαφέρουν ακόμα και από πινακίδα σε πινακίδα ενός μεμονωμένου αγροκτήματος. Γίνονται εύκολα αντιληπτά κατά την ψηφιοποίηση, όπου διαπιστώνεται, για παράδειγμα, ότι μια πλευρά που αναγράφεται στο διάγραμμα ως 100.00μ , κατά την ψηφιοποίηση να προκύπτει 95.00μ.

3. Εναλλακτικές Μέθοδοι

Α. ΧΡΗΣΗ FREEWARE ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

Η μέθοδος αυτή βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στον μετασχηματισμό συντεταγμένων από Hatt σε ΕΓΣΑ’87 με χρήση κάποιου λογισμικού. Τα λογισμικά που μπορεί να βρει κανείς ελεύθερα στο διαδίκτυο (freeware) δεν είναι πάντα αξιόπιστα δεδομένου ότι τα αποτελέσματά τους δεν συνοδεύονται πάντα από κάποιο μέτρο ακρίβειας ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση. Επιπλέον, στην πλειονότητα των περιπτώσεων το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιούν δεν είναι γνωστό και συνεπώς, τίθεται εν αμφιβόλω η χρήση τέτοιων προγραμμάτων για μετασχηματισμό συντεταγμένων από Hatt 6’x6’ σε ΕΓΣΑ’87 και αντιστρόφως. Παρ’ όλα αυτά, υπάρχουν πολλοί συνάδελφοι που εμπιστεύονται τα εν λόγω προγράμματα διότι απαλλάσσονται από την διαδικασία αναζήτησης κοινών σημείων εξάρτησης στα δύο συστήματα αναφοράς (βλ. περίπτωση Γ). Οφείλουμε να επισημάνουμε την αξιέπαινη προσπάθεια που έχει γίνει κατά καιρούς από διάφορους συναδέλφους με πολύ καλές γνώσεις προγραμματισμού, να συντάξουν λογισμικά μετασχηματισμού.

Σε κάθε περίπτωση, αυτά τα προγράμματα πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται σε συνάρτηση με την απαιτούμενη ακρίβεια της εκάστοτε εργασίας που εκτελούμε. Αναγκαίος και επιβεβλημένος είναι ο έλεγχος των αποτελεσμάτων με κάποια σημεία «γνωστών» συντεταγμένων και στα δύο συστήματα συντεταγμένων (Hatt 6’x6’ και ΕΓΣΑ’87). Τα προγράμματα αυτά δεν έχουν την δυνατότητα να διακρίνουν την διαφορά μεταξύ “παλιού” και “νέου” Bessel όταν εισάγονται τιμές σε Hatt προς μετασχηματισμό σε ΕΓΣΑ’87. Αυτή είναι και η βασική αδυναμία που περιπλέκει τον γενικότερο μετασχηματισμό από Hatt 6’x6’ (“παλιό και νέο Bessel”) σε ΕΓΣΑ’87.

Β. ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΦΥΛΛΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΠΟΛΥΩΝΥΜΩΝ ΤΟΥ ΟΚΧΕ

Μία ακόμα μέθοδος στην διάθεση των Α.Τ.Μ. είναι ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων από Hatt 6'x6' σε ΕΓΣΑ'87 και αντίστροφα, με χρήση των πολυωνύμων του Ο.Κ.Χ.Ε. Τα συγκεκριμένα πολυώνυμα είναι δευτέρου βαθμού της μορφής:

$$\begin{aligned} E &= A_0 + A_1 x + A_2 y + A_3 x^2 + A_4 y^2 + A_5 xy \\ N &= B_0 + B_1 x + B_2 y + B_3 x^2 + B_4 y^2 + B_5 xy \end{aligned} \qquad (1)$$

όπου, Α και Β οι πολυωνυμικοί συντελεστές οι οποίοι έχουν προσδιοριστεί για όλα τα Κ.Φ.Χ. της Hatt στην Ελλάδα και έχουν εκδοθεί σε πίνακες από τον ΟΚΧΕ, το ΕΜΠ και την ΓΥΣ, Ε, Ν είναι οι προβολικές συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87 και χ,y οι προβολικές συντεταγμένες σε Hatt 30'x30'. Τα πολυώνυμα του ΟΚΧΕ είναι μια αξιόπιστη μέθοδος για τον μετασχηματισμό συντεταγμένων από Hatt σε ΕΓΣΑ'87 με αρκετά καλή ακρίβεια (~15cm για όλη την Ελλάδα), έχοντας όμως ως βασικό μειονέκτημα ότι ο μετασχηματισμός γίνεται από συντεταγμένες Hatt που αναφέρονται σε «μεγάλο» ΚΦΧ και όχι από Hatt 6'x6' όπου είναι το σύστημα συντεταγμένων των διανομών του ΤΥΥΓ. Συνεπώς, για την εφαρμογή των πολυωνύμων του Ο.Κ.Χ.Ε. κατά την μετατροπή συντεταγμένων από Hatt 6'x6' σε ΕΓΣΑ'87 πρέπει πρώτα οι Hatt 6'x6' συντεταγμένες να μετατραπούν πρώτα σε Hatt 30'x30'. Στη μετατροπή αυτή, παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα σφάλματα τα οποία όπως παρατηρήθηκε σε διάφορες μετατροπές που έγιναν για την σύνταξη της παρούσας, κυμαίνονταν από μερικές δεκάδες cm έως μερικά m. (~5m). Βασική πηγή των σφαλμάτων αυτών είναι και πάλι η διαφορά μεταξύ "παλιού" και "νέου" Bessel, αφού οι Διανομές είναι σε "παλιό" ενώ τα Πολυώνυμα ΟΚΧΕ υπολογίστηκαν με τιμές Hatt στο "νέο" Bessel.

Γ. ΤΕΧΝΙΚΗ «ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ»

Η τεχνική της αγκύρωσης είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται από πολλούς συναδέλφους όταν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ένταξης διανομών της ΤΥΥΓ από το σύστημα της Hatt 6'x6' στο ΕΓΣΑ'87. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής βασίζεται στην «μεταφορά» μιας επιλυμένης διανομής σε κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα με την βοήθεια κάποιων σημείων αναφοράς (2 κατ' ελάχιστο) με συντεταγμένες και στα δύο συστήματα συντεταγμένων. Η όλη διαδικασία εκτελείται πάνω στο σχεδιαστικό πρόγραμμα που συντάσσεται το Τοπογραφικό. Παρακάτω περιγράφεται με τη μορφή αλγορίθμου η συγκεκριμένη τεχνική:

Βήμα 1

Επιλογή 2 τουλάχιστον σημείων εξάρτησης (Τριγωνομετρικά, Στάσεις) στα οποία διατίθενται συντεταγμένες Hatt 6'x6' («μικρό Hatt») στο κέντρο φύλλου χάρτη στο οποίο έχει εφαμοστεί η συγκεκριμένη διανομή και συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87. ***(«Διπλή Εξάρτηση»)***

Βήμα 2

α (Απόδοση σχεδίου). Επίλυση των οδεύσεων και της ταχυμετρίας των σημείων λεπτομέρειας στο σύστημα της Hatt.

β (Εφαρμογή διανομής). Γεωμετρική Επίλυση της Διανομής χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα ορόσημα (ΟΠΟΥ ΚΑΙ ΕΑΝ ΔΙΑΤΙΘΕΝΤΑΙ) ή εναλλακτικά με την ψηφιοποίηση της διανομής όπου δεν υπάρχουν ορόσημα και τα σχήματα των αγροτεμαχίων δεν είναι κανονικά (π.χ. χέρσα, ρέματα, κοινόχρηστες εκτάσεις κτλ.)

Με την ολοκλήρωση των βημάτων 2α και 2β, στο σχέδιο μας υπάρχουν η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης (2α) σε σύστημα Hatt στο κέντρο φύλλου χάρτη της διανομής και σε ένα δεύτερο επίπεδο η γεωμετρική επίλυση της διανομής βάσει οροσήμων και αναγραφόμενων διαστάσεων.

Βήμα 3

Επανάληψη του βήματος 2α, αυτή την φορά στο ΕΓΣΑ'87, όπου κατά την επίλυση των οδεύσεων και της ταχυμετρίας πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη ο συντελεστής γραμμικής παραμόρφωσης που υπάρχει στην περιοχή μελέτης για την ΤΜ87.*Βήμα 4*

α (Μετάθεση). Με βάση το ένα από τα δύο (ή περισσότερα) σταθερά σημεία (base point) μεταφέρουμε τη διανομή που επιλύσαμε στην Hatt *(Βήμα 2β)* στην απόδοση του σχεδίου σε ΕΓΣΑ'87 *(Βήμα 3)*.

β (Στροφή). Στη συνέχεια στρέφουμε την διανομή με βάση το base point του βήματος 4α έτσι ώστε να ταυτιστεί το δεύτερο σημείο (reference point) με τις τιμές του ΕΓΣΑ'87. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο προσανατολισμός της διανομής στο ΕΓΣΑ'87. Σημειώνουμε ότι η ταύτιση αυτή θα εμφανίζει μια πολύ μικρή απόκλιση εξαιτίας της εφαρμογής του συντελεστή κλίμακας κατά το *Βήμα 3*.

γ (Κλίμακα). Η κλίμακα έχει εφαρμοστεί ήδη από το *Βήμα 3* με τον συντελεστή γραμμικής παραμόρφωσης.

Η διαδικασία αυτή είναι στην ουσία ένας μετασχηματισμός ομοιότητας ο οποίος δεν είναι προϊόν μιας μαθηματικής διαδικασίας αλλά εφαρμόζεται πάνω στο σχεδιαστικό πρόγραμμα στο οποίο συντάσσεται το τοπογραφικό καθώς περιλαμβάνει την μετάθεση, τη στροφή και την κλίμακα που ορίζει με μαθηματικό τρόπο ο μετασχηματισμός ομοιότητας.

Η τεχνική της «αγκύρωσης» παρόλο που στην πράξη δίνει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα από τις τρεις μεθόδους που προαναφέρθηκαν, εμφανίζει μια αδυναμία στην πρακτική της εφαρμογή. Η αδυναμία αυτή έγκειται στο γεγονός ότι απαιτείται να εξαρτηθεί η εργασία του Α.Τ.Μ. από δύο τουλάχιστον τριγωνομετρικά τα οποία να έχουν τιμές και σε Hatt 6'x6' και σε ΕΓΣΑ'87, πράγμα το οποίο πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να είναι βάθρα του δικτύου της ΓΥΣ (*επίσημα τιμές σε ΕΓΣΑ'87*) και να έχουν χρησιμοποιηθεί τα ίδια σημεία από την εκάστοτε Τοπογραφική Υπηρεσία της περιοχής για την υλοποίηση της διανομής (*επίσημα τιμές σε Hatt*). Στην πράξη είναι αρκετά δύσκολο να πληρούνται οι παραπάνω απαιτήσεις σε κάθε αγρόκτημα ή συνοικισμό Διανομής του Υ.Γ. και συνεπώς, η εφαρμογή της «αγκύρωσης» δεν είναι πάντα εφικτή.

Δ. ΧΡΗΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ.

Η μέθοδος αυτή προτείνεται με σκοπό να συνδυάσει την σύγχρονη τεχνολογία η οποία διατίθεται στον Α.Τ.Μ. όπως είναι τα δίκτυα μονίμων σταθμών GPS που έχουν υλοποιηθεί είτε από ευρύτερους κρατικούς φορείς (*HEPOS, Κτηματολόγιο Α.Ε.*), είτε από ιδιωτικές επιχειρήσεις, με μια μαθηματική διαδικασία όπως είναι οι μετασχηματισμοί. Λύση στο πρόβλημα της έλλειψης δυνατότητας εφαρμογής «Διπλής Εξάρτησης», μπορεί να δώσει η χρήση συστημάτων τύπου HEPOS καθώς με τα συστήματα αυτά μπορούμε να εκτελέσουμε μία αποτύπωση με ένα rover δέκτη GPS και κάνοντας χρήση των εν λόγω υπηρεσιών να έχουμε μετασχηματίσει την αποτύπωσή μας από το δορυφορικό σύστημα αναφοράς (π.χ. HTRS07) σε ΕΓΣΑ'87 με ακρίβεια της τάξης των 8.3 cm rms για όλη την Ελλάδα. Μία στρατηγική που θα μπορούσε να ακολουθηθεί είναι η εξής: Να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87 με την χρήση των υπηρεσιών τύπου HEPOS σε ένα αριθμό σημείων τις συντεταγμένες των οποίων γνωρίζουμε στην προβολή Hatt της ΤΥΥΓ (παλιές συν/νες). Με βάση τα κοινά σημεία στα δύο συστήματα αναφοράς εφαρμόζουμε κάποιο μοντέλο μετασχηματισμού (π.χ. ομοιότητας, αφινικό) για την εκτίμηση των παραμέτρων μετασχηματισμού. Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τις παραμέτρους μετασχηματισμού στα μη κοινά σημεία έτσι ώστε τελικά να έχει αποδοθεί η αποτύπωση και στο ΕΓΣΑ87.

Η εφαρμογή ενός μοντέλου μετασχηματισμού έχει το πλεονέκτημα της γνώσης της ακρίβειας των εξαγομένων σε σχέση με την τεχνική της «αγκύρωσης». Η μαθηματική υλοποίηση του μετασχηματισμού προϋποθέτει διαδικασία συνόρθωσης όπου είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε την εσωτερική ακρίβεια και τα σφάλματα των παρατηρήσεων μας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να απορρίψουμε τυχόν προβληματικά σημεία τα οποία αλλοιώνουν την ποιότητα του μετασχηματισμού. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα πειραματισμού με την εφαρμογή διάφορων μοντέλων μετασχηματισμού, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Εναλλακτικό σενάριο για την υλοποίηση του μετασχηματισμού ομοιότητας είναι η χρήση των τριγωνομετρικών σημείων είτε τις διανομής (που σπάνια βρίσκονται στην πράξη) είτε της ΓΥΣ. Εφόσον έχουμε τριγωνομετρικά σημεία της διανομής προσδιορίζουμε στα ίδια σημεία τις συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87 (με τη χρήση των υπηρεσιών τύπου HEPOS) είτε μέσω κλασικών μετρήσεων. Από την άλλη πλευρά μπορούμε να εκτιμήσουμε τις συντεταγμένες στην προβολή Hatt (όπως εφαρμόζεται από την ΤΥΥΓ) στα βάθρα της ΓΥΣ (στα οποία είναι γνωστές οι συντεταγμένες τους στο ΕΓΣΑ'87 αλλά και στην προβολή Hatt στα «μεγάλα» ΚΦΧ – «Νέο» Bessel). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κάνοντας χρήση κλασικών μετρήσεων και τεχνικών (οδεύσεις, εμπροσθοτομία κ.τ.λ) χρησιμοποιώντας σημεία τα οποία είναι γνωστά στην προβολή Hatt του Υπουργείου Γεωργίας, π.χ στάσεις οι οποίες υλοποιήθηκαν στην περιοχή για τις ανάγκες αποτύπωσης.

Με βάση τα κοινά σημεία υπολογίζουμε τις παραμέτρους μετασχηματισμού ανάμεσα στα δύο συστήματα αναφοράς.

4. Αριθμητική εφαρμογή

Για τη διερεύνηση των εναλλακτικών μεθόδων ένταξης των διανομών της ΤΥΥΓ στο ΕΓΣΑ87, παρουσιάζεται ένα αριθμητικό παράδειγμα που βασίζεται σε πραγματική εφαρμογή.

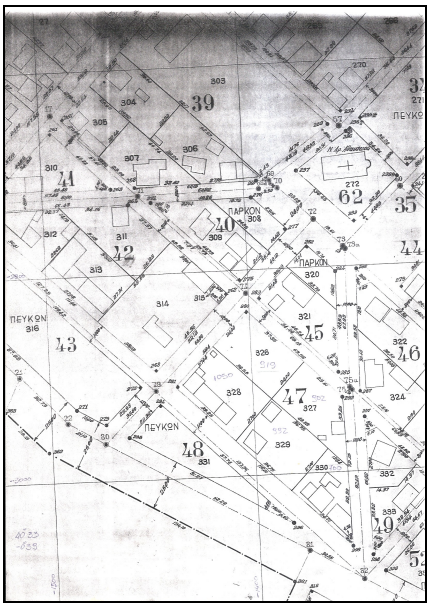
Δεδομένα

Τα δεδομένα αφορούν την περιοχή της Νέας Ραιδεστού (Νομός Θεσσαλονίκης) όπου εκπονήθηκε κτηματολογική μελέτη (από την Χωροτεχνική Α.Ε). Για τις ανάγκες της αποτύπωσης προσδιορίστηκαν (με κλασικές μεθόδους) σημεία στάσης στο ΕΓΣΑ87. Γύρω από την περιοχή μελέτης υπάρχουν 3 τριγωνομετρικά βάθρα (κωδικοί: 116003, 116010, 63069) που έχουν τιμές τόσο στο μικρό φύλλο Hatt που χρησιμοποιεί το Υπουργείο Γεωργίας ("παλιό Bessel") όσο και στο ΕΓΣΑ87. Επιπλέον, είναι γνωστές οι συντεταγμένες των τριγωνομετρικών και στο μεγάλο φύλλο Hatt ("νέο Bessel"). Επίσης, υπάρχει ένα τριγωνομετρικό σημείο που ιδρύθηκε από το μελετητή, με συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87 (με κωδική ονομασία R2), στο οποίο έχουν προσδιοριστεί και οι συντεταγμένες στο σύστημα αναφοράς της διανομής (μικρό φύλλο Hatt "παλιό Bessel").

Για την αξιολόγηση της ακρίβειας των μεθόδων υπάρχουν 22 στάσεις στην περιοχή μελέτης, οι οποίες έχουν συντεταγμένες τόσο στο σύστημα αναφοράς της διανομής όσο και στο ΕΓΣΑ87.

Το κέντρο του μικρού φύλλου Hatt είναι: $\varphi_o = 40^o33', \lambda_o = -0^o39'$ ενώ το κέντρο του μεγάλου φύλλου Hatt είναι: $\varphi_o = 40^o45', \lambda_o = -0^o45'$

Σχήμα 1: Η περιοχή μελέτης



Σχήμα 2: Απόσπασμα της διανομής στην περιοχή μελέτης

<u>Σύγκριση αποτελεσμάτων των μεθόδων ένταξης στις συντεταγμένες</u>

Παρακάτω αξιολογείται η ακρίβεια των εξαγόμενων συντεταγμένων, ανάλογα με την χρήση διαφορετικών μεθόδων ένταξης της υφιστάμενης διανομής στο ΕΓΣΑ87.

1. *Χρήση COORD_GR*

Χρησιμοποιήθηκε το ευρέως διαδομένο ελεύθερο λογισμικό COORD_GR, έκδοση 1.6 (πρόγραμμα που δημιουργήθηκε από τον Ι. Συγγρό). Ως αρχικά δεδομένα εισήχθησαν οι συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων στο μικρό φύλλο Hatt και ως υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87. Οι υπολογισμένες συντεταγμένες συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες επίσημες των τριγωνομετρικών σημείων στο ΕΓΣΑ87.

Πίνακας 1: Οι διαφορές μεταξύ επίσημων και υπολογισμένων συντεταγμένων (στο ΕΓΣΑ87)με τη χρήση του COORD_GR

	διαφορές (επίσημες-υπολογισμένες)	
κωδικός τριγωνομετρικού	**δX (m)**	**δY(m)**
116003	**0.857**	**5.720**
116010	**1.122**	**5.163**
63069	**0.873**	**5.726**

Όπως παρατηρείται οι διαφορές στις συντεταγμένες έχουν μία συστηματική απόκλιση της τάξης του 1 μέτρου κατά X και 5.5 μέτρων κατά Y. Το λογισμικό, πιθανότατα, πραγματοποιεί πρώτα την αλλαγή κέντρου φύλλου (από μικρό σε μεγάλο) στην προβολή Hatt και στη συνέχεια εφαρμόζει τα πολυώνυμα του ΟΚΧΕ. Οι αποκλίσεις

αυτές οφείλονται στις δύο διαφορετικές υλοποιήσεις του παλιού ελληνικού datum ("παλιό Bessel" τα μικρά φύλλα Hatt και "νέο Bessel" τα μεγάλα φύλλα Hatt)

2. *Συνδυαστική εφαρμογή αλλαγής κέντρου φύλλου (από μικρό σε μεγάλο στην προβολή Hatt) και χρήσης των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ*

Σε αυτό το σενάριο ακολουθείται ο εξής αλγόριθμος:

- Μετατροπή των συντεταγμένων από το μικρό στο μεγάλο φύλλο Hatt (αλλαγή κέντρου φύλλου)
- Μετασχηματισμός των συντεταγμένων από το μεγάλο φύλλο Hatt (παλιό ελληνικό datum) στο ΕΓΣΑ87 με την χρήση των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ.
- Σύγκριση των υπολογισμένων συντεταγμένων (από το προηγούμενο βήμα) με τις επίσημες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές.

Πίνακας 2: Οι διαφορές μεταξύ επίσημων και υπολογισμένων συντεταγμένων (στο ΕΓΣΑ87) έπειτα από την αλλαγή κέντρου φύλλου και την χρήση των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ.

	διαφορές (επίσημες-υπολογισμένες)	
κωδικός τριγωνομετρικού	**δX (m)**	**δY(m)**
116003	**0.837**	**5.720**
116010	**1.122**	**5.172**
63069	**0.873**	**5.727**

Επιπλέον, παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα είναι πρακτικά ίδια (με μέγιστη απόκλιση 2 cm) με αυτά του ελεύθερου λογισμικού COORD_GR.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι οι συστηματικές διαφορές που παρατηρούμε οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι οι συντεταγμένες Hatt στο μικρό φύλλο αναφέρονται στο λεγόμενο "παλιό Bessel" ενώ οι συντεταγμένες στο μεγάλο φύλλο Hatt στο λεγόμενο "νέο Bessel ".

Είναι επίσης χρήσιμο να γίνει η αξιολόγηση των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ (μετάβαση από το μεγάλο φύλλο της Hatt στο ΕΓΣΑ87) στην περιοχή μελέτης. Εφαρμόσθηκαν τα πολυώνυμα του ΟΚΧΕ (φύλλα 63 και 116) στα 3 τριγωνομετρικά σημεία. Συγκρίθηκαν οι διαφορές των συντεταγμένων όπως αυτές υπολογίστηκαν από τα πολυώνυμα του ΟΚΧΕ με τις επίσημες τιμές τους στο ΕΓΣΑ87. Ο πίνακας 3 απεικονίζει τις διαφορές αυτές.

Πίνακας 3: Οι διαφορές μεταξύ επίσημων και υπολογισμένων έπειτα από την χρήση των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ και των επίσημων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ87για τα τριγωνομετρικά σημεία

	διαφορές (επίσημες-υπολογισμένες)	
κωδικός τριγωνομετρικού	**δX (m)**	**δY(m)**
116003	**-0.032**	**-0.060**
116010	**-0.018**	**-0.004**
63069	**-0.008**	**0.004**

3. *Η χρήση τοπικού μετασχηματισμού*

Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να αφορά:

- Τον 2-Δ μετασχηματισμό ομοιότητας. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται ο μετασχηματισμός με την χρήση 4 παραμέτρων: 2 μεταθέσεων, 1 στροφής και 1 κλίμακας. Η μαθηματική του έκφραση είναι:

$$\begin{aligned} X_i &= cx_i + dy_i + t_x \\ Y_i &= -dx_i + cy_i + t_y \end{aligned} \qquad (2)$$

  όπου x_i, y_i και X_i, Y_i οι συντεταγμένες στο μικρό φύλλο Hatt (διανομή) και στο ΕΓΣΑ87 αντίστοιχα, τυχαίου σημείου *i*, ενώ c, d, t_x, t_y οι 4 παράμετροι μετασχηματισμού.

  Χαρακτηριστικό του 2-Δ μετασχηματισμού ομοιότητας είναι η διατήρηση των σχημάτων (ένα τετράγωνο στο αρχικό Σύστημα αναφοράς θα μετασχηματισθεί σε τετράγωνο μετατεθειμένο, στραμμένο με μεγαλύτερες ή μικρότερες πλευρές στο νέο Σύστημα αναφοράς).

- Τον 2-Δ αφινικό μετασχηματισμό. Εδώ έχουμε συνολικά 6 παραμέτρους μετασχηματισμού. Η μαθηματική του έκφραση είναι:

$$\begin{aligned} X_i &= ax_i + by_i + t_x \\ Y_i &= cx_i + dy_i + t_y \end{aligned} \qquad (3)$$

  όπου a, b, c, d, t_x, t_y οι 6 παράμετροι μετασχηματισμού

  Χαρακτηριστικό του 2-Δ αφινικού μετασχηματισμού είναι η διατήρηση της παραλληλίας των πλευρών ενός σχήματος (ένα τετράγωνο στο αρχικό Σύστημα αναφοράς μετασχηματίζεται σε παραλληλεπίπεδο στο νέο Σύστημα Αναφοράς).

Με βάση τα 4 κοινά σημεία (3 υφιστάμενα τριγωνομετρικά και το νεοϊδρυθέν από τον μελετητή) εκτιμώνται οι παράμετροι μετασχηματισμού (4 ή 6 ανά μοντέλο μετασχηματισμού) μέσα από μία διαδικασία συνόρθωσης. Στη συνέχεια, οι παράμετροι μετασχηματισμού εφαρμόζονται στα μη κοινά σημεία για τον μετασχηματισμό τους από το Σύστημα αναφοράς της διανομής στο ΕΓΣΑ87.

Παρακάτω παρουσιάζονται 6 εναλλακτικά σενάρια για την εφαρμογή των δύο μοντέλων μετασχηματισμού. Για την εξωτερική αξιολόγηση της ακρίβειας του μετασχηματισμού (ομοιότητας ή αφινικός) ελέγχθηκαν οι διαφορές στις συντεταγμένες στις 22 στάσεις της περιοχής μελέτης (που είναι προσδιορισμένες στο μικρό φύλλο Hatt όσο και στο ΕΓΣΑ87) ανάμεσα στις υπολογισμένες από το μετασχηματισμό (ομοιότητας ή αφινικό) και αυτές που προσδιορίστηκαν από το μελετητή. Τα σενάρια αυτά είναι:

I. Εφαρμογή του μετασχηματισμού ομοιότητας υποθέτοντας ότι οι συντεταγμένες και στα δύο συστήματα αναφοράς είναι γνωστές με την ίδια ακρίβεια.

II. Εφαρμογή του μετασχηματισμού ομοιότητας υποθέτοντας ότι οι συντεταγμένες στην προβολή Hatt (της διανομής) είναι τριπλάσιας ακρίβειας από τις αντίστοιχες συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87.
III. Εφαρμογή του αφινικού μετασχηματισμού υποθέτοντας ότι οι συντεταγμένες και στα δύο συστήματα αναφοράς είναι γνωστές με την ίδια ακρίβεια
IV. Εφαρμογή του αφινικού μετασχηματισμού υποθέτοντας ότι οι συντεταγμένες στην προβολή Hatt (της διανομής) είναι τριπλάσιας ακρίβειας από τις αντίστοιχες συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87.
V. Εφαρμογή του μετασχηματισμού ομοιότητας σε όλα τα κοινά σημεία (3 τριγωνομετρικά σημεία, 1 ιδρυθέν τριγωνομετρικό σημείο από τον μελετητή και τις 22 στάσεις). Εισάγονται τα βάρη ανάλογα με την ομάδα των συντεταγμένων που χρησιμοποιείται: Το μεγαλύτερο βάρος δίνεται στις συντεταγμένες Hatt των τριγωνομετρικών σημείων. Στις συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων στο ΕΓΣΑ87 και στις συντεταγμένες των στάσεων στην προβολή Hatt, δίνεται τρεις φορές μικρότερο βάρος σε σχέση με τις συντεταγμένες Hatt των τριγωνομετρικών σημείων. Στις συντεταγμένες ΕΓΣΑ87 των στάσεων δίνεται 6 φορές μικρότερο βάρος αντίστοιχα.
VI. Ομοίως με σενάριο V χρησιμοποιώντας αφινικό μετασχηματισμό.

Στα σενάρια V και VI δεν μπορούν να αξιολογηθεί εξωτερικά η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, επειδή συμμετέχουν στη συνόρθωση όλα τα κοινά σημεία και στα δύο Συστήματα αναφοράς.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των συνορθωμένων σφαλμάτων των συντεταγμένων κατά Χ και κατά Υ ανά σενάριο.

Πίνακας 4: Τα στατιστικά στοιχεία των συνορθωμένων σφαλμάτων κατά Χ ανάλογα με τα διάφορα σενάρια

στατιστικά συνορθωμένων σφαλμάτων κατά Χ (σε m)	**σενάριο I**	**σενάριο II**	**σενάριο III**	**σενάριο IV**	**σενάριο V**	**σενάριο VI**
μέγιστη τιμή	0.111	0.055	0.055	0.027	0.090	0.059
ελάχιστη τιμή	-0.110	-0.028	-0.055	-0.009	-0.064	-0.051
μέσος όρος	0.000	0.005	0.000	0.004	-0.001	-0.001
τυπική απόκλιση	0.077	0.028	0.036	0.013	0.029	0.023

Πίνακας 5: Τα στατιστικά στοιχεία των συνορθωμένων σφαλμάτων κατά Υ ανάλογα με τα διάφορα σενάρια

στατιστικά συνορθωμένων σφαλμάτων κατά Υ (σε m)	**σενάριο I**	**σενάριο II**	**σενάριο III**	**σενάριο IV**	**σενάριο V**	**σενάριο VI**
μέγιστη τιμή	0.099	0.042	0.094	0.016	0.065	0.052
ελάχιστη τιμή	-0.100	-0.050	-0.093	-0.047	-0.064	-0.041
μέσος όρος	0.000	-0.005	0.000	-0.004	0.000	0.001
τυπική απόκλιση	0.084	0.031	0.065	0.024	0.023	0.017

Σαν πρώτο συμπέρασμα παρατηρείται ότι η χρήση του αφινικού μετασχηματισμού εμφανίζει καλύτερα στατιστικά στοιχεία από ότι ο μετασχηματισμός ομοιότητας σε ότι αφορά τα αποτελέσματα της συνόρθωσης. Επίσης, μικρότερα συνορθωμένα σφάλματα εμφανίζονται όταν θεωρείται ότι οι συντεταγμένες της προβολής Hatt έχουν μεγαλύτερο βάρος.

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται τα στατιστικά της εξωτερικής αξιολόγησης (για τα σενάρια I-IV). Αυτό που συγκρίνεται είναι η διαφορά των συντεταγμένων ανάμεσα στις τιμές των στάσεων όπως υπολογίστηκαν από τον μελετητή και αυτών που προήλθαν από την υλοποίηση του κάθε σεναρίου.

Πίνακας 6: Τα στατιστικά στοιχεία της εξωτερικής αξιολόγησης κατά Χ ανάλογα με τα διάφορα σενάρια

στατιστικά εξωτερικής αξιολόγησης κατά Χ (σε m)	**σενάριο I**	**σενάριο II**	**σενάριο III**	**σενάριο IV**
μέγιστη τιμή	0.199	0.199	0.197	0.197
ελάχιστη τιμή	-0.195	-0.195	-0.133	-0.133
μέσος όρος	-0.002	-0.002	0.037	0.037
τυπική απόκλιση	0.106	0.106	0.085	0.085

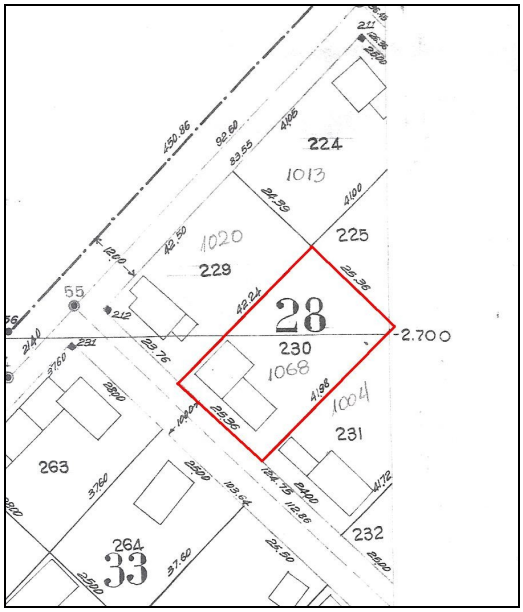
Πίνακας 7: Τα στατιστικά στοιχεία της εξωτερικής αξιολόγησης κατά Υ ανάλογα με τα διάφορα σενάρια

στατιστικά εξωτερικής αξιολόγησης κατά Υ (σε m)	**σενάριο I**	**σενάριο II**	**σενάριο III**	**σενάριο IV**
μέγιστη τιμή	0.039	0.039	0.025	0.025
ελάχιστη τιμή	-0.221	-0.221	-0.194	-0.194
μέσος όρος	-0.069	-0.069	-0.072	-0.072
τυπική απόκλιση	0.078	0.078	0.067	0.067

Παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα των μετασχηματισμών είναι **ανεξάρτητα από την επιλογή των σχετικών βαρών των ομάδων συντεταγμένων** (ΕΓΣΑ87 και Hatt). Ο αφινικός μετασχηματισμός έχει μικρότερη τυπική απόκλιση των διαφορών αλλά μεγαλύτερο μέσο όρο.

<u>Η επίδραση του τοπικού μετασχηματισμού στον υπολογισμό των εμβαδών</u>

Το εμβαδόν είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία των ιδιοκτησιών. Θα ήταν χρήσιμο να εξετασθεί η μεταβολή του εμβαδού ανάλογα με τη μέθοδο ένταξης. Ενδεικτικά, μελετάται η αλλαγή του εμβαδού στο Ο.Τ 28 της περιοχής μελέτης. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται απόσπασμα της διανομής της ΤΥΥΓ που περιέχει το Ο.Τ 28 μαζί με ορισμένα από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του (διαστάσεις και κτίσματα)



Σχήμα 3: Το ΟΤ 28 στη διανομή

Με βάση τις συντεταγμένες που προέκυψαν από την εφαρμογή των μετασχηματισμών (ομοιότητας και αφινικού) υπολογίστηκαν το εμβαδόν του Ο.Τ 28, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8: Το εμβαδόν του ΟΤ 28 ανάλογα με τα σενάρια χρήσης του τοπικού μετασχηματισμού

εμβαδόν διανομής (σε m^2)	**εμβαδόν όπως προκύπτει από την εφαρμογή του σεναρίου I (σε m^2)**	**εμβαδόν όπως προκύπτει από την εφαρμογή του σεναρίου III (σε m^2)**	**εμβαδόν όπως προκύπτει από την εφαρμογή του σεναρίου V (σε m^2)**	**εμβαδόν όπως προκύπτει από την εφαρμογή του σεναρίου VI (σε m^2)**
10255.247	10247.203	10248.419	10247.059	10248.621

Είναι εμφανές ότι η εφαρμογή των μετασχηματισμών έχει επιπτώσεις και στον υπολογισμό των εμβαδών. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει ελάττωση της τιμής σε σχέση με το εμβαδόν της διανομής. Αυτό είναι αναμενόμενο, αν λάβει κανείς υπόψη τα χαρακτηριστικά της προβολής του ΕΓΣΑ87 (η χρήση συντελεστή κλίμακας, που στην περιοχή μελέτης είναι μικρότερος της μονάδας). Διαφορές εμφανίζονται ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (μετασχηματισμού ομοιότητας ή αφινικού, με διαφορές που ξεπερνούν το 1 τετραγωνικό μέτρο) αλλά και ανάλογα με την χρήση 4 ή όλων των κοινών σημείων (με διαφορές της τάξης του 0.2 τετραγωνικού μέτρου).

5. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Στην παρούσα εργασία εξετάσθηκαν εναλλακτικές μέθοδοι ένταξης των διανομών της ΤΥΥΓ στο ΕΓΣΑ87. Διαπιστώθηκαν τα προβλήματα που ανακύπτουν με τη μεθοδολογία της αλλαγής κέντρου φύλλου της Hatt και την χρήση πολυωνύμων του ΟΚΧΕ. Ακόμη, εντοπίσθηκαν τα προβλήματα στην εφαρμογή της τεχνικής της

«αγκύρωσης» και επισημάνθηκαν τα πλεονεκτήματα της χρήσης τοπικού μετασχηματισμού (ομοιότητας ή αφινικού). Μέσα από το αριθμητικό παράδειγμα παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή των μετασχηματισμών δίνει αποτελέσματα με ακρίβεια καλύτερη των 10 εκατοστών.

Ο τοπικός μετασχηματισμός συγκεντρώνει σοβαρά πλεονεκτήματα, με κυριότερο αυτό της δυνατότητας χρήσης τόσο του μετασχηματισμού ομοιότητας όσο και του αφινικού. Εντούτοις, ένα πολύ κρίσιμο ζήτημα για την επιτυχή εφαρμογή τους αποτελεί η ύπαρξη κοινών σημείων ανάμεσα στο σύστημα αναφοράς της διανομής και του ΕΓΣΑ87. Ενώ για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ87 υπάρχει το κατάλληλο υπόβαθρο (βάθρα, χρήση υπηρεσιών τύπου HEPOS), ο υπολογισμός των συντεταγμένων στην προβολή Hatt είναι σαφώς πιο δύσκολος (τα ορόσημα και τα τριγωνομετρικά της διανομής σε μεγάλο ποσοστό έχουν καταστραφεί). Το πρόβλημα του περιορισμένου τοπογραφικού υποβάθρου (τριγωνομετρικά και πολυγωνομετρικά σημεία) στα μικρά φύλλα της προβολής Hatt όπως υλοποιούν το λεγόμενο "παλιό Bessel" πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο κεντρικού σχεδιασμού από τους κρατικούς φορείς διαχείρισης χωρικής πληροφορίας.

Προφανώς, η αριθμητική εφαρμογή σε ένα μόνο τμήμα μιας διανομής δεν μπορεί να οδηγήσει σε γενικότερα συμπεράσματα. Πιστεύεται πάντως ότι μέσα από το συγκεκριμένο παράδειγμα δίνεται στον επαγγελματία Τοπογράφο Μηχανικό ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που θα παρουσιαστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα στην πράξη.

6.Βιβλιογραφία

Δ. Βλάχος (1987). *Τοπογραφία ΙΙ*. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ.

Δ. Βλάχος, Α. Δερμάνης (1983). *Βέλτιστη Ένταξη Διανομών σε Ένα Σύγχρονο Αναλυτικό Κτηματολογικό Σύστημα*. Γεωδαιτικά Τετράδια, Τόμος 4ος Αριθμός 3ος .

Α. Δερμάνης, Α. Φωτίου (1992). *Μέθοδοι και Εφαρμογές Συνόρθωσης Παρατηρήσεων*. Εκδόσεις Ζήτη.

Κ. Κατσάμπαλος, Χ. Κωτσάκης (2008). *Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο HEPOS (HTRS07*). Παρουσίαση στην επιστημονική διημερίδα: *HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς : Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη 25-26 Σεπτεμβρίου (Συνδιοργάνωση: Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ - Κτηματολόγιο Α.Ε).

Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (1987). *Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα αναφοράς*. Διεύθυνση Χαρτογραφήσεων ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (1995). *Πίνακες συντελεστών μετατροπής συντεταγμένων του Ελληνικού χώρου - Από το Σύστημα HATT (Παλαιό Datum) στο Σύστημα Ε.Γ.Σ.Α..87.*

Δ. Ρωσσικόπουλος (1999). *Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί* (έκδοση 2η). Εκδόσεις Ζήτη.

Σεϊτανίδης Θ (1985). *Παραδείγματα ασυμφωνιών θεωρητικών και μετρητικών στοιχείων διαγραμμάτων. Πρόταση απαλοιφής τους*. Εισήγηση δημοσιευμένη στα πρακτικά του συνεδρίου *Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων*, Θεσσαλονίκη 4 & 5 Νοεμβρίου.

Συγγρός Ιωάννης (2002): Το πρόγραμμα COORD_GR (έκδοση 1.6) για τον μετασχηματισμό συντεταγμένων στα διάφορα ελληνικά datum. Ελεύθερο λογισμικό που διατίθενται στο διαδίκτυο.

Τοκμακίδης Κ. *Εφαρμογές οικοπέδων σε οικισμούς διανομών της ΤΥΥΓ*. Εισήγηση δημοσιευμένη στα πρακτικά του συνεδρίου *Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων*, Θεσσαλονίκη 4 & 5 Νοεμβρίου.

Α. Φωτίου (1985). *Συνδέσεις οριζοντιογραφικών διαγραμμάτων*. Εισήγηση δημοσιευμένη στα πρακτικά του συνεδρίου *Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων*, Θεσσαλονίκη 4 & 5 Νοεμβρίου.

Α. Φωτίου (2007). *Γεωμετρική Γεωδαισία. Θεωρία και Πράξη*. Εκδόσεις Ζήτη.