Ένταξη διανομών Υπουργείου Γεωργίας στο ΕΓΣΑ87 μέσω μετρήσεων GNSS: η περίπτωση του συνοικισμού Δασοχωρίου Σερρών

Ν. Ασλανίδης[1], Χ. Κωτσάκης[2]

[1]Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχ/κος, M.Sc., Υποψ. Διδάκτωρ ΑΠΘ (nickasl@hotmail.com)
[2]Καθηγητής Τμήματος Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχ/κων ΑΠΘ
Τομέας Γεωδαισίας & Τοπογραφίας (kotsaki@topo.auth.gr)

1. Εισαγωγή

Η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς και η σχετική με το επάγγελμα του Μηχανικού νομοθεσία των τελευταίων ετών (π.χ. Ν.4178/2013[1]) έχει επιβάλει τη χρήση του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ87) σε κάθε σχεδόν εργασία του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού. Παρόλα αυτά εξακολουθεί να υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός περιοχών στις οποίες έχουν συνταχθεί και κυρωθεί μελέτες σε διαφορετικό σύστημα αναφοράς από το ΕΓΣΑ87. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι διανομές αγροκτημάτων και συνοικισμών που συντάχθηκαν από τη Διεύθυνση Τοπογραφικής Υπηρεσίας του πρώην Υπουργείου Γεωργίας (νυν Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). Σε αυτές τις περιπτώσεις προκύπτει η ανάγκη της ένταξης διανομών στο ΕΓΣΑ87, το οποίο αποτελεί ένα πρόβλημα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος σε πολλές περιοχές της χώρας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, ως το 1985, οι διανομές αφορούσαν περίπου 25 εκ. στρέμματα καλλιεργήσιμων γεωργικών εκτάσεων, δηλαδή περί το 70% της καλλιεργήσιμης έκτασης της χώρας (Στράντζαλης, 1985).

Οι εργασίες αποτύπωσης, κτηματογράφησης και εκτέλεσης των διανομών έγιναν στο Παλαιό Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς (προβολή ΗΑΤΤ) και συγκεκριμένα σε μικρά φύλλα χάρτη διαστάσεων 6΄×6΄. Για την χρήση της προβολής ΗΑΤΤ ο Ελληνικός γεωγραφικός χώρος διαιρείται σε ελλειψοειδή τραπέζια διαστάσεων 30΄×30΄(μεγάλα φύλλα ΗΑΤΤ) κατά *φ* και *λ*, σε καθένα από τα οποία αντιστοιχεί ένα διαφορετικό προβολικό σύστημα συντεταγμένων με αρχή το κέντρο του αντίστοιχου τραπεζίου. Προφανώς κάθε ένα μεγάλο φύλλο χάρτη υποδιαιρείται σε 25 μικρά φύλλα διαστάσεων×6΄ 6΄. Η επιλογή των μικρών φύλλων και η χρήση των ανεξάρτητων συστημάτων αναφοράς σε κάθε ένα από αυτά, συνέβαλε στη διατήρηση των προβολικών συντεταγμένων σε μικρές τιμές, με αποτελέσματα να διευκολύνονται ιδιαίτερα οι σχετικοί υπολογισμοί[2].

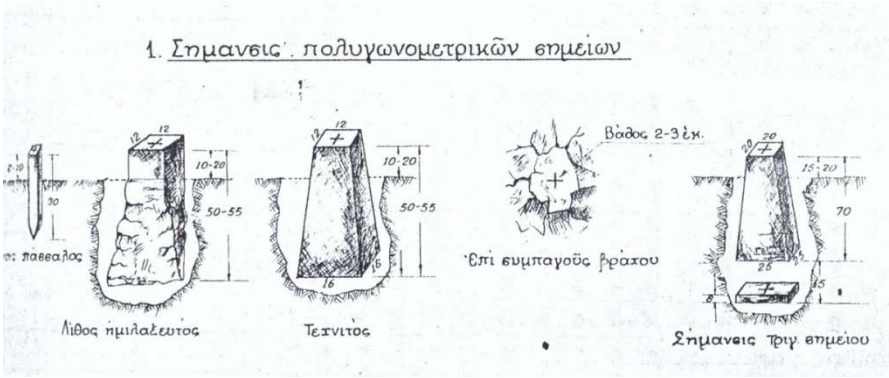
Η τυπική διαδικασία εκτέλεσης της διανομής ενός συνοικισμού περιελάμβανε την ίδρυση ενός τριγωνομετρικού δικτύου, την ίδρυση πολυγωνικών οδεύσεων (βάση των οποίων γίνονταν η αποτύπωση του συνοικισμού), τη μελέτη της ρυμοτομίας και την οροθέτηση που ουσιαστικά αποτελούσε και την εφαρμογή της ρυμοτομίας. Το τριγωνομετρικό δίκτυο διανομής του συνοικισμού προέκυπτε συνήθως από πύκνωση του υφιστάμενου δικτύου διανομής του ευρύτερου αγροκτήματος της περιοχής, αφού η διανομή του αγροκτήματος προηγούνταν συνήθως της αντίστοιχης διανομής του συνοικισμού. Κατά την οροθέτηση γινόταν σήμανση των κορυφών των οικοδομικών τετραγώνων καθώς και των αξόνων κεντρικών δρόμων με κατάλληλα ορόσημα διανομής[3] (*Εικόνα 1*).

---

[1] Ν.4178/2013 ΦΕΚ Α/174/8.8.13 «Αντιμετώπιση της Αυθαίρετης Δόμησης-Περιβαλλοντικό Ισοζύγιο και άλλες διατάξεις»

[2] Οι πρώτες διανομές εκτελέστηκαν κατά την δεκαετία του 1920, όπου οι υπολογιστικές δυνατότητες ήταν ακόμα πολύ περιορισμένες.

[3] *«Τα ορόσημα της διανομής κατασκευάζονται λίθινα ή από μπετόν, έχουν σχήμα κόλουρου τετραγωνικής πυραμίδας με διαστάσεις άνω βάσης 0.12× 0 .12 κάτω βάσης 0.16× 0.16μήκους 0.50 -0.55μ. λαξεύονται πλήρως κατά 10εκ. από της άνω βάσεως, ημιλαξεύονται κατά το λοιπόν τμήμα» (Πηγή: Κανονισμός Τοπογραφικών Εργασιών της ΤΥΥΓ, 1954).*



Εικόνα 1. Σήμανση οροσήμων διανομής και τριγωνομετρικών σημείων διανομής.
(Πηγή: Τεύχος Τεχνικών & Διοικητικών Υποδειγμάτων Εργασιών ΤΥΥΓ, 1968)

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί το πρόβλημα της ένταξης στο ΕΓΣΑ87 για τη διανομή του συνοικισμού Δασοχωρίου Σερρών. Η συγκεκριμένη περίπτωση εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ύπαρξης μεγάλου σχετικά αριθμού υλοποιημένων χαρακτηριστικών σημείων της διανομής, όπως τριγωνομετρικά σημεία και ορόσημα αξονοδιασταυρώσεων. Η εν λόγω διανομή συντάχθηκε το 1988 σε μικρό φύλλο χάρτη ΗΑΤΤ με συντεταγμένες κέντρου *41° 09' και -0° 27'*. Από την επιτόπια έρευνα που έγινε βρέθηκαν 7 από τα 8 συνολικά τριγωνομετρικά σημεία του δικτύου διανομής του συνοικισμού (*Εικόνα 2*), 42 από τα 333 ορόσημα αξονοδιασταυρώσεων (*Εικόνα 3*) καθώς και αρκετές στάσεις του πολυγωνομετρικού δικτύου. Οι στάσεις δεν ήταν δυνατό να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο της εργασίας λόγω δυσκολιών στην πρόσβαση των αρχείων αποτύπωσης και στην εύρεση αναλυτικών στοιχείων. Οι συντεταγμένες των 7+42 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής ως προς το ΕΓΣΑ87 προσδιορίστηκαν εύκολα μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων GNSS και αποτέλεσαν τη βάση για την υλοποίηση της ένταξης της διανομής.

Εικόνα 2. Τριγωνομετρικό δίκτυο της διανομής του συνοικισμού Δασοχωρίου. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα υφιστάμενα σημεία.

Εικόνα 3. Κατανομή υφιστάμενων οροσήμων της διανομής του συνοικισμού Δασοχωρίου (απεικονίζονται με πράσινο χρώμα).

2. Εύρεση χαρακτηριστικών σημείων της διανομής και εκτέλεση μετρήσεων

Ο προσδιορισμός των θέσεων για τα 49 χαρακτηριστικά σημεία της διανομής (7 τριγωνομετρικά σημεία και 42 ορόσημα αξονοδιασταυρώσεων) στο ΕΓΣΑ87 έγινε με τη χρήση ενός γεωδαιτικού δέκτη GNSS (με δυνατότητα λήψης σημάτων GPS και GLONASS) και δεδομένων πραγματικού χρόνου με τη μέθοδο VRS μέσω του δικτύου μόνιμων σταθμών αναφοράς SmartNet/Greece. Οι μετρήσεις σε κάθε χαρακτηριστικό σημείο έγιναν με τη βοήθεια τρίποδα και για χρονικό διάστημα περίπου 3.5 λεπτών. Λόγω της χαμηλής οικοδομησιμότητας στην περιοχή, δεν υπήρξε πρόβλημα δορυφορικής ορατότητας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στα ορόσημα εντός του συνοικισμού. Το ίδιο ισχύει και για τις μετρήσεις στα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής τα οποία βρίσκονται περιμετρικά του συνοικισμού σε θέσεις που δεν επηρεάζονταν από κτίσματα ή άλλα εμπόδια. Σε κάθε

περίπτωση ο δείκτης ακρίβειας *PDOP* (Position Dilution of Precision) κατά την διάρκεια των μετρήσεων δεν ξεπέρασε το 1.8.

Αξίζει να αναφερθεί ότι από τα 7 τριγωνομετρικά σημεία που βρέθηκαν, τα 2 ήταν κατεστραμμένα (η υπέργεια σήμανσή τους ήταν μετακινημένη) ενώ η ύπαρξη των άλλων 5 ήταν άγνωστη καθώς δεν είχαν ξαναχρησιμοποιηθεί από την ολοκλήρωση των εργασιών πεδίου της διανομής. Στις περιπτώσεις όπου η υπέργεια σήμανση παρουσίαζε σημάδια μετακίνησης από την αρχική της θέση, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση την υπόγεια σήμανση των σημείων (*Εικόνα 4*).

Εικόνα 4. Άποψη τριγωνομετρικού σημείου διανομής. Δεξιά φαίνεται η υπέργεια σήμανση και αριστερά διακρίνεται η υπόγεια σήμανση (τούβλο με χαραγμένο σταυρό).

Από τα 333 συνολικά ορόσημα που υπάρχουν στα 5 φύλλα χάρτη της διανομής, κάποια δεν υλοποιήθηκαν ποτέ εξαιτίας του γεγονότος ότι ορισμένοι από τους δρόμους του συνοικισμού είτε ήταν αδιάνοικτοι είτε δεν ήταν ασφαλτοστρωμένοι, ενώ άλλα χάθηκαν λόγω συντηρήσεων του οδικού δικτύου, εκτέλεση έργων δικτύων κοινής ωφέλειας κ.λπ.

3. Μεθοδολογία ένταξης

Για την ένταξη της διανομής του συνοικισμού Δασοχωρίου υπολογίστηκαν τοπικές παράμετροι μετασχηματισμού από το σύστημα αναφοράς της διανομής στο ΕΓΣΑ87, με τη χρήση 2-Δ μετασχηματισμού ομοιότητας αλλά και 2-Δ αφινικού μετασχηματισμού, βάση κοινών σημείων στα δύο συστήματα αναφοράς (7 τριγωνομετρικά σημεία και 42 ορόσημα). Το μαθηματικό υπόβαθρο των δύο μοντέλων μετασχηματισμού περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω.

2-Δ Μετασχηματισμός Ομοιότητας

$$\begin{bmatrix} E_i \\ N_i \end{bmatrix} = \mu \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} \tag{1}$$

ή ισοδύναμα,

$$\begin{aligned} E_i &= \mu\cos\theta x_i + \mu\sin\theta y_i + t_x \\ N_i &= -\mu\sin\theta x_i + \mu\cos\theta y_i + t_y \end{aligned} \tag{2}$$

όπου E_i και N_i είναι οι συντεταγμένες δεδομένου σημείου στο ΕΓΣΑ87, ενώ x_i και y_i είναι οι συντεταγμένες του ίδιου σημείου στο σύστημα αναφοράς του μικρού φύλλου ΗΑΤΤ της διανομής. Επιπλέον, θ είναι η γωνία στροφής, μ ο συντελεστής κλίμακας και t_x, t_y οι συνιστώσες παράλληλης μετάθεσης μεταξύ των δύο συστημάτων αναφοράς.

Για την απλοποίηση και ευκολότερη υλοποίηση του μετασχηματισμού ομοιότητας, αντί των αρχικών παραμέτρων στροφής και κλίμακας, μπορούν εναλλακτικά να χρησιμοποιηθούν οι βοηθητικοί συντελεστές $c = \mu\cos\theta$ και $d = \mu\sin\theta$. Επίσης, αντί των αρχικών συντεταγμένων x_i και y_i, χρησιμοποιήθηκαν οι ανηγμένες τιμές στο κέντρο βάρους των αντίστοιχων συντεταγμένων, δηλαδή $u_i = x_i - \overline{x}$ και $v_i = y_i - \overline{y}$ (Δερμάνης και Φωτίου, 1995), οπότε η σχέση (2) παίρνει τη μορφή:

$$\begin{aligned} E_i &= cu_i + dv_i + s_x \\ N_i &= -du_i + cv_i + s_y \end{aligned} \tag{3}$$

Για την εφαρμογή του μετασχηματισμού ομοιότητας στην παρούσα εργασία τελικά χρησιμοποιήθηκαν οι βοηθητικοί παράμετροι $[c, d, s_x, s_y]$ αντί των ισοδύναμων αρχικών παραμέτρων $[\mu, \theta, t_x, t_y]$.

2-Δ Αφινικός Μετασχηματισμός

Ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός αποτελεί γενίκευση του προηγούμενου μετασχηματισμού ομοιότητας, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\begin{bmatrix} E_i \\ N_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s_x \\ s_y \end{bmatrix} \tag{4}$$

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές *c* και *d* της σχέσης (4) είναι διαφορετικοί από τους αντίστοιχους συντελεστές της σχέσης (3). Ως προς την επιλογή των κοινών σημείων δημιουργήθηκαν διάφορα σενάρια σχετικά με τον αριθμό, το είδος και την κατανομή των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των παραμέτρων μετασχηματισμού μεταξύ των δύο συστημάτων αναφοράς (βλέπε ενότητες 4 και 5).

4. Σενάρια ένταξης στο ΕΓΣΑ87

Για την ένταξη της διανομής στο ΕΓΣΑ87 εξετάστηκαν καταρχήν 3 διαφορετικά σενάρια σχετικά με την επιλογή των κοινών σημείων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων μετασχηματισμού, σε καθένα από τα οποία εφαρμόστηκε τόσο ο 2-Δ μετασχηματισμός ομοιότητας όσο και ο 2-Δ αφινικός μετασχηματισμός. Τα σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- *Σενάριο Α*: χρήση μόνο των 7 τριγωνομετρικών σημείων της διανομής.
- *Σενάριο Β*: χρήση και των 49 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής.
- *Σενάριο Γ*: χρήση και των 49 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής με ταυτόχρονη εισαγωγή βαρών ανάλογα με το είδος των σημείων.

Στη περίπτωση του τρίτου σεναρίου έγινε η υπόθεση ότι τα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής έχουν τριπλάσια ακρίβεια από τα ορόσημα των αξονοδιασταυρώσεων, δηλαδή $\sigma_{ορ} = 3\sigma_{τρ}$ όπου $\sigma_{ορ}$ είναι η τυπική απόκλιση των γνωστών συντεταγμένων ΗΑΤΤ των οροσήμων και $\sigma_{τρ}$ είναι η τυπική απόκλιση των γνωστών συντεταγμένων ΗΑΤΤ των τριγωνομετρικών σημείων.

Σημειώνεται ότι τα ορόσημα είναι χαρακτηριστικά σημεία της ρυμοτομίας τα οποία εφαρμόστηκαν στο έδαφος από τις στάσεις των πολυγωνικών οδεύσεων που ήταν εξαρτημένες από το τριγωνομετρικό δίκτυο της διανομής. Έτσι, οι θέσεις των οροσήμων είναι επηρεασμένες τόσο από τα σφάλματα των τριγωνομετρικών σημείων όσο και από τα σφάλματα των πολυγωνικών οδεύσεων και, κατά συνέπεια, θα έχουν αρκετά μικρότερη ακρίβεια από τις θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βασίστηκε, σε κάθε περίπτωση, στις διαφορές μεταξύ των συντεταγμένων ΕΓΣΑ87 (όπως προσδιορίστηκαν από τις μετρήσεις GPS) και των αντίστοιχων τιμών που προκύπτουν από την εφαρμογή του τοπικού μοντέλου μετασχηματισμού. Συγκεκριμένα, σε όλα τα χαρακτηριστικά σημεία της διανομής υπολογίστηκε, για κάθε σενάριο, το διάνυσμα της συνολικής διαφοράς των συντεταγμένων σύμφωνα με την απλή σχέση $dr = \sqrt{dE^2 + dN^2}$. Στον *Πίνακα 1* που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των τιμών των διανυσμάτων dr για τα 42 ορόσημα, ενώ στον *Πίνακα 2* δίνονται τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία για τις τιμές των διανυσμάτων dr στα 7 τριγωνομετρικά σημεία.

Πίνακας 1. Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων *dr* για το σύνολο των 42 οροσήμων.

	2-Δ Μετασχηματισμός Ομοιότητας			**2-Δ Αφινικός Μετασχηματισμός**		
	Χρήση 7 σημείων	*Χρήση 49 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων με βάρη*	*Χρήση 7 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων με βάρη*
Min	0.046	0.007	0.014	0.041	0.015	0.017
Max	0.442	0.385	0.408	0.429	0.372	0.399
Mean	0.150	0.101	0.134	0.147	0.091	0.127
StDev	0.120	0.090	0.104	0.116	0.080	0.096
RMS	0.191	0.135	0.169	0.187	0.120	0.159

Πίνακας 2. Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων *dr* για το σύνολο των 7 τριγωνομετρικών.

	2-Δ Μετασχηματισμός Ομοιότητας			**2-Δ Αφινικός Μετασχηματισμός**		
	Χρήση 7 σημείων	*Χρήση 49 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων με βάρη*	*Χρήση 7 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων*	*Χρήση 49 σημείων με βάρη*
Min	0.006	0.064	0.040	0.021	0.015	0.075
Max	0.090	0.227	0.181	0.064	0.248	0.206
Mean	0.040	0.134	0.125	0.041	0.104	0.141
StDev	0.028	0.052	0.051	0.017	0.095	0.057
RMS	0.047	0.143	0.134	0.044	0.136	0.151

Από τον *Πίνακα 1* παρατηρείται ότι η καλύτερη προσαρμογή στα ορόσημα της διανομής (δηλαδή με τη μικρότερη τυπική απόκλιση και το μικρότερο RMS για τις διαφορές dr) εμφανίζεται στο *σενάριο Β* όπου χρησιμοποιούνται και τα 49 χαρακτηριστικά σημεία της διανομής ως κοινά σημεία. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς όταν χρησιμοποιούνται όλα τα διαθέσιμα κοινά σημεία, το μοντέλο μετασχηματισμού προσαρμόζεται καλύτερα στο σύνολο των σημείων αυτών, τα οποία στην πλειοψηφία τους είναι ορόσημα (42 ορόσημα στο σύνολο των 49 κοινών σημείων). Αντίθετα, στον *Πίνακα 2* όπου παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των διαφορών για τα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής, το *σενάριο Α* εμφανίζεται να δίνει την καλύτερη προσαρμογή, γεγονός το οποίο είναι επίσης αναμενόμενο αφού το συγκεκριμένο

σενάριο χρησιμοποιεί αποκλειστικά τα τριγωνομετρικά σημεία ως κοινά σημεία για την υλοποίηση του μετασχηματισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, και στα τρία σενάρια, οι διαφορές που προκύπτουν ανάμεσα στη χρήση του μετασχηματισμού ομοιότητας και του αφινικού μετασχηματισμού είναι πρακτικά αμελητέες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η απόκλιση μεταξύ των μέσων τιμών των διαφορών dr στον *Πίνακα 1* για κάθε σενάριο δεν ξεπερνάει το 1 cm μεταξύ των δύο μοντέλων μετασχηματισμού.

Στους *Πίνακες 3 και 4* παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαφορές των συντεταγμένων ΕΓΣΑ87, κατά Ε και Ν, που προκύπτουν από κάθε σενάριο ένταξης σε κάθε ένα από τα 7 τριγωνομετρικά σημεία της διανομής. Από τους πίνακες αυτούς φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες διαφορές στις τιμές των συντεταγμένων παρουσιάζονται στην περίπτωση του *σεναρίου Γ*, όπου γίνεται η χρήση βαρών, και για τα δύο μοντέλα μετασχηματισμού. Αντίθετα, στην περίπτωση του *σεναρίου Α* (χρήση 7 σημείων) οι διαφορές μεταξύ μετρημένων και μετασχηατισμένων συντεταγμένων δεν ξεπερνούν τα 8.7cm.

Πίνακας 3. Διαφορές κατά Ε και Ν στα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής για τα τρία σενάρια ένταξης.

2-Δ Μετασχηματισμός Ομοιότητας

	Χρήση 7 σημείων		*Χρήση 49 σημείων*		*Χρήση 49 σημείων με βάρη*	
	dE	*dN*	*dE*	*dN*	*dE*	*dN*
I	-0.025	0.087	-0.127	-0.050	-0.157	0.074
II	0.024	-0.034	-0.011	-0.141	-0.052	-0.135
III	0.034	-0.004	0.055	-0.089	0.002	-0.181
IV	-0.023	-0.015	-0.033	-0.054	0.003	-0.140
V	0.001	0.006	-0.105	-0.016	0.034	0.022
VI	0.002	0.018	-0.161	0.003	0.033	0.118
VII	-0.012	-0.059	-0.195	-0.116	-0.044	0.062

Πίνακας 4. Διαφορές κατά Ε και Ν στα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής για τα τρία σενάρια ένταξης.

2-Δ Αφινικός Μετασχηματισμός

	Χρήση 7 σημείων		*Χρήση 49 σημείων*		*Χρήση 49 σημείων με βάρη*	
	dE	*dN*	*dE*	*dN*	*dE*	*dN*
I	-0.020	0.056	-0.210	-0.132	-0.103	-0.034
II	0.019	-0.046	-0.078	-0.159	-0.056	-0.189
III	0.021	-0.002	-0.002	-0.055	-0.051	-0.193
IV	-0.034	0.002	0.000	0.015	-0.057	-0.083
V	0.002	0.022	0.006	0.027	0.024	0.099
VI	0.011	0.032	-0.012	0.025	0.055	0.198
VII	0.001	-0.064	-0.105	-0.148	0.014	0.074

5. Μη-ευνοϊκά Σενάρια

Για λόγους πληρότητας εξετάστηκαν και δύο επιπλέον «μη-ευνοϊκά» σενάρια ένταξης και τα αποτελέσματά τους συγκρίθηκαν με τα αρχικά σενάρια της προηγούμενης ενότητας. Η πρώτη μη-ευνοϊκή περίπτωση (*σενάριο Δ*) βασίζεται στην υπόθεση ότι από τα συνολικά 49 χαρακτηριστικά σημεία της διανομής είναι διαθέσιμα μόνο τρία τριγωνομετρικά σημεία (τα οποία περικλείουν αποκλειστικά το βόρειο τμήμα του συνοικισμού) και κανένα ορόσημο. Στη δεύτερη μη-ευνοϊκή περίπτωση (*σενάριο Ε*) στον προσδιορισμό του μοντέλο μετασχηματισμού συμμετέχουν μόνο τα 42 ορόσημα των αξονοδιασταυρώσεων και κανένα τριγωνομετρικό σημείο. Για την υλοποίηση των δύο αυτών σεναρίων χρησιμοποιείται **αποκλειστικά** το μοντέλο του 2-Δ μετασχηματισμού ομοιότητας. Στον *Πίνακα 5* παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των τιμών των διανυσμάτων dr στα 42 ορόσημα ενώ στον *Πίνακα 6* δίνονται οι διαφορές κατά Ε και Ν των συντεταγμένων των τριγωνομετρικών σημείων.

Πίνακας 5. Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων *dr* στο σύνολο των 42 οροσήμων για τα «μη-ευνοϊκά» σενάρια ένταξης.

	Σενάριο Δ (χρήση μόνο 3 τριγωνομετρικών)	*Σενάριο Ε (χρήση μόνο οροσήμων)*
Min	0.028	0.007
Max	0.485	0.465
Mean	0.161	0.147
StDev	0.118	0.121
RMS	0.199	0.189

Πίνακας 6. Διαφορές κατά Ε και Ν στα τριγωνομετρικά σημεία της διανομής για τα «μη ευνοϊκά» σενάρια ένταξης. Με έντονους χαρακτήρες συμβολίζονται τα τριγωνομετρικά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν ως κοινά σημεία στο *σενάριο Δ.*

	Σενάριο Δ (χρήση μόνο 3 τριγωνομετρικών)		*Σενάριο Ε (χρήση μόνο οροσήμων)*	
	dE	*dN*	*dE*	*dN*
I	**-0.012**	**0.015**	-0.019	0.030
II	0.087	-0.114	0.067	-0.094
III	0.137	-0.092	0.106	-0.067
IV	0.080	-0.065	0.047	-0.051
V	0.055	0.002	0.032	0.001
VI	**0.026**	**0.039**	0.010	0.030
VII	**-0.015**	**-0.054**	-0.023	-0.061

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του *σεναρίου Δ* (χρήση 3 μόνο τριγωνομετρικών) με το *σενάριο Α* (χρήση και των 7 τριγωνομετρικών) δεν παρατηρούνται ουσιαστικές διαφορές αναφορικά με την προσαρμογή της διανομής στο σύνολο των οροσήμων (βλέπε *πίνακες 1 και 5*).

Αντιθέτως, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του *σεναρίου Ε* (χρήση μόνο των 42 οροσήμων) με το *σενάριο Β* (χρήση και των 49 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής) παρατηρείται μια μικρή αύξηση στις τιμές των στατιστικών στοιχείων των διαφορών στο σύνολο των οροσήμων (βλέπε επίσης *πίνακες 1 και 5*). Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μέγιστες

διαφορές κατά Ε και Ν, σε όλες τις περιπτώσεις σεναρίων που εφαρμόστηκαν, εμφανίζονται στα ίδια πάντα σημεία τα οποία είναι διαδοχικά ορόσημα κατά μήκος του ίδιου άξονα.

Από τον *Πίνακα 6*, τέλος, προκύπτει ότι στην περίπτωση του *σεναρίου Δ* σε σύγκριση με το *σενάριο Α*, αλλά και στην περίπτωση του *σεναρίου Ε* συγκριτικά με το *σενάριο Β*, οι διαφορές στις συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων μεγαλώνουν, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο εξαιτίας της μείωσης των τριγωνομετρικών σημείων που συμμετέχουν στη δημιουργία του τοπικού μοντέλου μετασχηματισμού.

6. Ένταξη με χρήση λογισμικών πακέτων

Μια αρκετά συνηθισμένη πρακτική, όταν απαιτείται η ένταξη μιας διανομής στο ΕΓΣΑ87 (π.χ. για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των κορυφών ενός οικοπέδου) είναι η χρήση έτοιμων λογισμικών πακέτων, είτε ελεύθερων είτε και εμπορικών. Κάποια λογισμικά παρέχουν τη δυνατότητα άμεσου μετασχηματισμού από μικρό φύλλο ΗΑΤΤ στο ΕΓΣΑ87 ενώ σε άλλες περιπτώσεις απαιτείται η εισαγωγή, από το χρήστη, συντεταγμένων κοινών σημείων στα δύο συστήματα αναφοράς (μικρό φύλλο ΗΑΤΤ και ΕΓΣΑ87) προκειμένου να προσδιορισθεί ένα τοπικό μοντέλο μετασχηματισμού μέσω του διαθέσιμου λογισμικού.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό COORDS_GR v1.6.0 (Συγγρός, 2002) και επίσης ένα γνωστό Ελληνικό εμπορικό λογισμικό. Και τα δύο λογισμικά παρέχουν τη δυνατότητα απευθείας μετασχηματισμού συντεταγμένων από μικρό φύλλο ΗΑΤΤ σε ΕΓΣΑ87 χωρίς τη χρήση κοινών σημείων. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των διαφορών, κατά Ε και Ν, μεταξύ μετασχηματισμένων και μετρημένων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ87 για το σύνολο των 49 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής του συνοικισμού Δασοχωρίου.

Πίνακας 7. Στατιστικά στοιχεία των διαφορών κατά Ε και Ν για το σύνολο των 49 χαρακτηριστικών σημείων της διανομής συνοικισμού Δασοχωρίου.

	COORDS_GR		***Εμπορικό Λογισμικό***	
	dE	dN	dE	dN
Min	-2.373	-8.150	-2.094	-8.208
Max	-1.421	-7.661	-1.194	-7.727
Mean	-1.979	-7.918	-1.726	-7.977
StDev	0.198	0.100	0.189	0.099
RMS	1.989	7.919	1.736	7.977

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι οι διαφορές μεταξύ μετρημένων και μετασχηματισμένων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ87 από τη χρήση και των δύο λογισμικών είναι ανεπίτρεπτα μεγάλες. Η μέση τιμή των διαφορών και στις δύο περιπτώσεις κυμαίνεται περίπου στα 2 m (κατά Ε) και 8 m (κατά Ν) ενώ οι τυπικές αποκλίσεις των διαφορών δεν ξεπερνούν τα 20 cm (κατά Ε) και τα 10 cm (κατά Ν), γεγονός που υποδεικνύει κάποια σημαντική συστηματική επίδραση (bias) στα τελικά αποτελέσματα.

Κατά τη χρήση του εμπορικού λογισμικού εφαρμόσθηκε επίσης και ο μετασχηματισμός σε 2 βήματα. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά έγινε αλλαγή Κέντρου Φύλλου Χάρτη από το μικρό φύλλο ΗΑΤΤ της διανομής (*41° 09', -0° 27'*) στο αντίστοιχο μεγάλο φύλλο ΗΑΤΤ («Σιδηρόκαστρο», *41° 15', -0° 15'*) και έπειτα εφαρμόστηκε ο μετασχηματισμός από το μεγάλο φύλλο στο ΕΓΣΑ87 με τη χρήση των πολυωνύμων του ΟΚΧΕ. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ακριβώς ίδια με τα αποτελέσματα από τη χρήση του COORDS_GR για απευθείας μετασχηματισμό από μικρό φύλλο ΗΑΤΤ σε ΕΓΣΑ87. Να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του εμπορικού λογισμικού για απευθείας μετασχηματισμό από μικρό φύλλο ΗΑΤΤ σε ΕΓΣΑ87

εμφανίζουν ελαφρώς πιο βελτιωμένες τιμές (αλλά εξίσου ανεπίτρεπτες), κάτι το οποίο απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση. Συμπερασματικά, η χρήση λογισμικών πακέτων για τον απευθείας μετασχηματισμό μεταξύ μικρών φύλλων HATT και ΕΓΣΑ87, χωρίς τη χρήση κοινών σημείων, οδηγεί σε μεγάλα σφάλματα (τα οποία στη συγκεκριμένη περιοχή φτάνουν τα 8 m κατά N) και πρέπει να αποφεύγεται σε προβλήματα ένταξης διανομών.

7. Έλεγχος εμβαδών

Βασική μονάδα μιας διανομής είναι το γεωτεμάχιο και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του (θέση, διαστάσεις και εμβαδό). Απαραίτητο λοιπόν στοιχείο αξιολόγησης της ένταξης μιας διανομής στο ΕΓΣΑ87 είναι και ο έλεγχος της μεταβολής του εμβαδού ενός γεωτεμαχίου (οικοπέδου στη περίπτωση ενός συνοικισμού) κατά την εφαρμογή των διαφόρων σεναρίων μετασχηματισμού. Για το συγκεκριμένο έλεγχο χρησιμοποιήθηκαν 10 οικοδομικά τετράγωνα, για κάθε ένα από τα οποία υπολογίστηκε το εμβαδόν πριν και μετά την εφαρμογή της ένταξης με τα σενάρια που προαναφέρθηκαν.

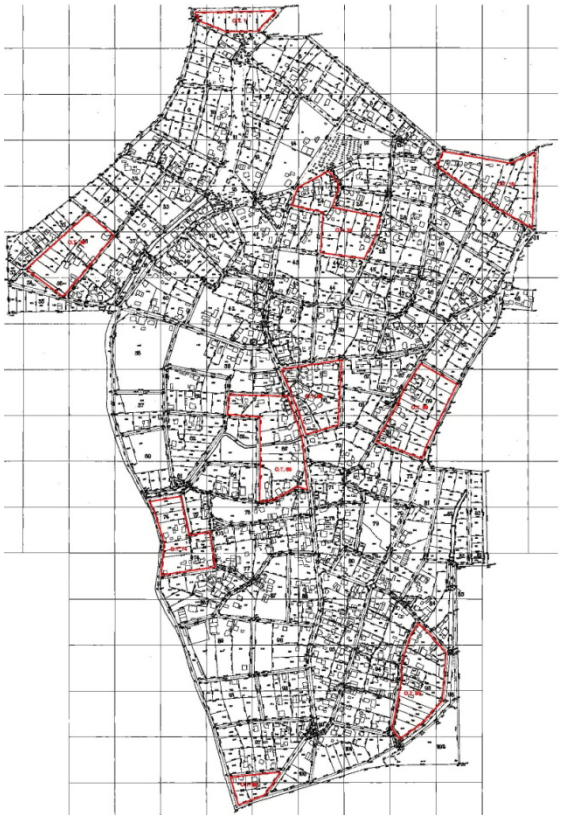
Για τον υπολογισμό του εμβαδού κάθε οικοδομικού τετραγώνου χρησιμοποιήθηκαν οι συντεταγμένες των κορυφών του, δηλαδή οι επίσημες τιμές τους που υπάρχουν στο φάκελο της διανομής και εκείνες που προκύπτουν από την ένταξη της διανομής για κάθε ένα από τα σενάρια που εφαρμόσθηκαν. Η επιλογή των οικοδομικών τετραγώνων έγινε με κριτήριο τη καλύτερη δειγματοληπτική κατανομή τους στο γεωγραφικό χώρο της διανομής (*Εικόνα 5*). Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται στην πρώτη στήλη οι τιμές των εμβαδών όπως προκύπτουν από τις συντεταγμένες των κορυφών στο σύστημα της διανομής, και στις επόμενες στήλες τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των διαφόρων σεναρίων ένταξης.

Πίνακας 8. Εμβαδά οικοδομικών τετραγώνων για τα διάφορα σενάρια ένταξης στο ΕΓΣΑ87 (τιμές σε m^2).

		2-Δ Μετασχηματισμός Ομοιότητας			**2-Δ Αφινικός Μετασχηματισμός**		
	Εμβαδό HATT	*Σενάριο Α*	*Σενάριο Β*	*Σενάριο Γ*	*Σενάριο Α*	*Σενάριο Β*	*Σενάριο Γ*
OT1	5734.90	5731.05	5731.20	5729.24	5731.10	5730.26	5729.70
OT16	19021.70	19009.01	19009.01	19002.95	19009.28	19006.67	19004.41
OT24	16924.69	16913.46	16913.48	16908.00	16913.61	16911.36	16909.31
OT36	15261.30	15251.12	15251.25	15246.25	15251.39	15249.20	15247.43
OT65	22063.28	22048.43	22048.53	22041.52	22048.94	22045.73	22043.23
OT66	14589.61	14579.88	14579.94	14575.22	14580.07	14578.05	14576.34
OT69	18309.60	18297.25	18297.41	18291.54	18297.54	18295.06	18292.96
OT95	18080.61	18068.48	18068.63	18062.77	18068.75	18066.14	18064.17
OT98	4491.76	4488.74	4488.77	4487.33	4488.89	4488.19	4487.68
OT74	13800.30	13791.09	13791.11	13786.69	13791.23	13789.36	13787.75

Όπως φαίνεται από τους *Πίνακες 8 και 9*, τα εμβαδά που προκύπτουν από την ένταξη στο ΕΓΣΑ87 είναι συστηματικά μικρότερα από τα αντίστοιχα εμβαδά στο σύστημα της διανομής, γεγονός το οποίο οφείλεται στα διαφορετικά χαρακτηριστικά της προβολής HATT σε σχέση με την προβολή που χρησιμοποιεί το ΕΓΣΑ87. Παρόλα αυτά οι διαφορές στις τιμές των εμβαδών είναι πολύ μικρές και σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνούν το 0.1% του αρχικού εμβαδού, δηλαδή του εμβαδού όπως υπολογίστηκε από τις τιμές των συντεταγμένων στο σύστημα αναφοράς της διανομής. Οι μικρότερες διαφορές εμφανίζονται στην περίπτωση του *Σεναρίου Ε* όπου χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά τα 42 ορόσημα ως κοινά σημεία για την υλοποίηση του μετασχηματισμού. Το αποτέλεσμα αυτό κρίνεται αναμενόμενο καθώς η ρυμοτομία (διαστάσεις και μέγεθος οικοδομικών τετραγώνων) και τα ορόσημα των αξονοδιασταυρώσεων (που αποτελούν ουσιαστικά τη εφαρμογή της ρυμοτομίας στο έδαφος)

υπολογίστηκαν κατά τον ίδιο τρόπο από τις στάσεις των πολυγωνικών οδεύσεων βάση των οποίων έγινε η αποτύπωση του συνοικισμού.



Εικόνα 5. Κατανομή οικοδομικών τετραγώνων που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο των εμβαδών (επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα).

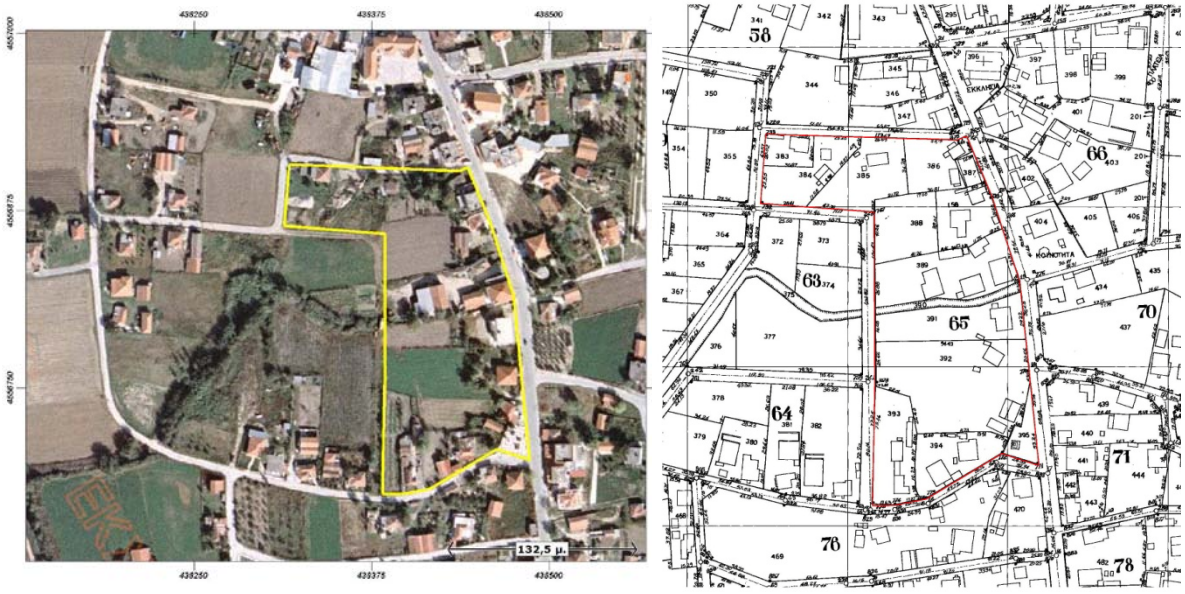
Πίνακας 9. Εμβαδά οικοδομικών τετραγώνων για τα «μη ευνοϊκά» σενάρια ένταξης (τιμές σε m^2).

	Εμβαδό ΗΑΤΤ	*Σενάριο Δ (χρήση μόνο 3 τριγωνομετρικών)*	*Σενάριο Ε (χρήση μόνο οροσήμων*
ΟΤ1	5734.90	5730.55	5731.38
ΟΤ16	19021.70	19007.46	19010.01
ΟΤ24	16924.69	16912.00	16914.29
ΟΤ36	15261.30	15249.86	15251.92
ΟΤ65	22063.28	22046.74	22049.73
ΟΤ66	14589.61	14578.66	14580.64
ΟΤ69	18309.60	18295.86	18298.34
ΟΤ95	18080.61	18067.04	18069.49
ΟΤ98	4491.76	4488.39	4489.01
ΟΤ74	13800.30	13789.95	13791.83

Αξίζει να αναφερθεί ότι, το άθροισμα των «θεωρητικών» εμβαδών των οικοπέδων που αποτελούν ένα οικοδομικό τετράγωνο, διαφέρει από το αντίστοιχο εμβαδό που προκύπτει βάση των συντεταγμένων των κορυφών του (στο σύστημα αναφοράς της διανομής). Ο όρος «θεωρητικό» εμβαδό αναφέρεται στο εμβαδό του οικοπέδου βάση του οποίου παραχωρήθηκε. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το εμβαδό του Ο.Τ. 24 όπως υπολογίσθηκε στον *Πίνακα 8*, είναι ίσο με 16924.69 m^2 ενώ από το άθροισμα των εμβαδών των οικοπέδων που το αποτελούν προκύπτει εμβαδό ίσο με 16922.16 m^2.

Για την οπτικοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή θέασης ορθοφωτοχαρτών της ΕΚΧΑ Α.Ε. (http://gis.ktimanet.gr) όπου έγινε αντιπαραβολή της ένταξης με τους ορθοφωτοχάρτες της περιοχής. Παρακάτω παρουσιάζονται αποσπάσματα για τρία από τα οικοδομικά τετράγωνα της διανομής.

Εικόνα 6. Αποτέλεσμα ένταξης του Ο.Τ. 24 σε υπόβαθρο ορθοφωτοχάρτη (κίτρινη γραμμή, αριστερή εικόνα) και το αντίστοιχο Ο.Τ. σε απόσπασμα της διανομής (κόκκινη γραμμή, δεξιά εικόνα).



Εικόνα 7. Αποτέλεσμα ένταξης του Ο.Τ. 65 σε υπόβαθρο ορθοφωτοχάρτη (κίτρινη γραμμή, αριστερή εικόνα) και το αντίστοιχο Ο.Τ. σε απόσπασμα της διανομής (κόκκινη γραμμή, δεξιά εικόνα).

Εικόνα 8. Αποτέλεσμα ένταξης του Ο.Τ. 36 σε υπόβαθρο ορθοφωτοχάρτη (κίτρινη γραμμή, αριστερή εικόνα) και το αντίστοιχο Ο.Τ. σε απόσπασμα της διανομής (κόκκινη γραμμή, δεξιά εικόνα).

8. Συμπεράσματα

Από τη σύνταξη των πρώτων διανομών, στα τέλη της δεκαετίας του 1920 έως και σήμερα, οι μέθοδοι και τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και τεκμηρίωση ενός γεωτεμαχίου έχουν αλλάξει ριζικά. Παρ' όλα αυτά, πολλές διανομές (οριστικές και συμπληρωματικές) και μεταγενέστεροι αναδασμοί βρίσκονται ακόμα σε ισχύ και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς την ακρίβεια και το χρόνο σύνταξής τους.

Η ένταξη των μελετών αυτών στο ΕΓΣΑ87 είναι μια διαδικασία που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς, όπως προαναφέρθηκε, η χρήση λογισμικών πακέτων χωρίς τη δυνατότητα ελέγχου του αποτελέσματος, μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματικότητα. Η χρήση υφισταμένων χαρακτηριστικών σημείων της διανομής, με δυνατότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων τους στο ΕΓΣΑ87, μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητικά, ή τουλάχιστον αποδεκτά για μια κοινή τοπογραφική εργασία, αποτελέσματα. Όπως διαπιστώθηκε και από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία, η χρήση τριγωνομετρικών σημείων της διανομής είναι καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα και την ακρίβεια της ένταξης.

Η έρευνα πεδίου στην περίπτωση του Συνοικισμού Δασοχωρίου έδειξε ότι υφίστανται μέχρι και σήμερα χαρακτηριστικά σημεία διανομών (τριγωνομετρικά, ορόσημα κ.λπ.) τα οποία δεν είναι εύκολα εντοπίσιμα. Ειδικά όσον αφορά τα τριγωνομετρικά σημεία για τα οποία διασώζονται ακέραιες μόνο οι υπόγειες σημάνσεις τους, η εύρεση και μέτρησή τους είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτητική διαδικασία. Παρ' όλα αυτά, η αναζήτηση τέτοιων σημείων μπορεί να είναι καθοριστικής σημασίας για την ένταξη των αντίστοιχων διανομών αλλά και γειτονικών διανομών όταν υπάρχει αλληλεξάρτηση των δικτύων τριγωνισμού τους.

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Δερμάνης Α., Φωτίου Α. (1995) *Μέθοδοι και Εφαρμογές Συνόρθωσης Παρατηρήσεων*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ζεϊμπέκης Α. (1985) *Προσπέλαση στα κτηματολογικά και τοπογραφικά αρχεία της Τοπογραφικής Υπηρεσίας,* Επιστ. Διήμερο «Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων», Θεσσαλονίκη 1985.

Κωτσάκης Χ. (2013) *Σύντομο εγχειρίδιο του 2Δ μετασχηματισμού ομοιότητας*. Διδακτικές σημειώσεις,Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, ΤΑΤΜ, ΑΠΘ. (users.auth.gr/kotsaki/courses/Field_Exercises/LecNotes_STM2013.pdf)

Σεϊτανίδης Θ. (1985) *Παραδείγματα ασυμφωνιών θεωρητικών και μετρητικών στοιχείων διαγραμμάτων. Πρόταση απαλοιφής τους*, Επιστ. Διήμερο «Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων», Θεσσαλονίκη 1985.

Στράντζαλης Σ. (1985) *Τεχνικά προβήματα σε εφαρμογές διαγραμμάτων της Τοπογραφικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Γεωργίας,* Επιστ. Διήμερο «Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων», Θεσσαλονίκη 1985.

Τοκμακίδης Κ. (1985) *Εφαρμογές οικοπέδων σε οικισμούς διανομής του Υπουργείου Γεωργίας,* Επιστ. Διήμερο «Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων», Θεσσαλονίκη 1985.

Υπουργείο Γεωργίας (1954) *Κανονισμός Τοπογραφικών Εργασιών της ΤΥΥΓ,* Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα 1954.

Υπουργείο Γεωργίας (1968) *Τεύχος Τεχνικών & Διοικητικών Υποδειγμάτων Εργασιών ΤΥΥΓ*, Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα 1968

Φωτίου Α. (1985) *Συνδέσεις οριζοντιογραφικών διαγραμμάτων,* Επιστ. Διήμερο «Εφαρμογές Διαγραμμάτων και Τίτλων Ακινήτων», Θεσσαλονίκη 1985.

Hoffmann-Wellenhof et. all (2008) *GNSS, Global Navigation Satellite Systems,* Springer Wien New York.

Greenfeld S. J. (1997) *Least Squares Weighted Coordinate Transformation Formulas and Their Applications* Journal of surveying Engineering, Vol. 123, No 4, November 1997.