

Διερεύνηση του Προσανατολισμού των Μουσουλμανικών Τεμενών των Ιωαννίνων με Αστρογεωδαιτική Μεθοδολογία.

Δ – Δ Μπαλοδήμος , Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

Κ.Παπαζήση, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας

Ε. Λάμπρου, Δρ Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός, Ε.Ε.ΔΙ.Π Ε.Μ.Π

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

Γ. Πανταζής, Δρ Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός, Ε.Ε.ΔΙ.Π Ε.Μ.Π

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

Σ. Μαυράκης, Διπλ. Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

Θ. Προύτζος, Διπλ. Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι ο έλεγχος και η ερμηνεία του προσανατολισμού των τεσσάρων μουσουλμανικών τεμενών, που σώζονται σήμερα στην πόλη των Ιωαννίνων, χρησιμοποιώντας αστρονομικές και γεωδαιτικές μεθόδους, όπως αυτές εφαρμόζονται με τη χρήση σύγχρονων ψηφιακών γεωδαιτικών σταθμών.

Αρχικά ιδρύθηκε γεωδαιτικό δίκτυο με σκοπό της ένταξη των τεμενών στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87). Το δίκτυο μετρήθηκε χρησιμοποιώντας δέκτες του Δορυφορικού συστήματος GPS (Global Positioning System) και προσδιορίστηκαν τόσο οι γεωδαιτικές συντεταγμένες (ϕ , λ), όσο και οι αντίστοιχες καρτεσιανές (x , y) στην προβολή, καθώς και το υψόμετρο H .

Στη συνέχεια έγιναν οι απαραίτητες γεωδαιτικές μετρήσεις, για την λεπτομερή αποτύπωση των τεμενών και τη δημιουργία τοπογραφικών διαγραμμάτων των κατόψεών τους σε κλίμακα 1:50. Τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιούνται για τον αναλυτικό προσδιορισμό του βασικού κατά μήκος άξονα ή άλλων χαρακτηριστικών διευθύνσεων κάθε τεμένους.

Ακολούθησε η εκτέλεση αστρονομικών παρατηρήσεων, με σκοπεύσεις στον Πολικό Αστέρα, με σκοπό τον προσανατολισμό των διαγραμμάτων αυτών ως προς τον αστρονομικό βορρά.

Οι παρατηρήσεις έγιναν χρησιμοποιώντας σύγχρονο ψηφιακό γεωδαιτικό σταθμό υψηλής ακρίβειας ο οποίος συνδέεται με δέκτη του Δορυφορικού συστήματος GPS.

Έτσι δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων που περιέχει τα προσανατολισμένα τοπογραφικά διαγράμματα των κατόψεών τους.

Τέλος ελέγχθηκε ο συστηματικός ή ο επιλεκτικός προσανατολισμός των τεσσάρων τεμενών και εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα.

Εισαγωγή

Πεδίο έρευνας της εργασίας αποτελεί ο προσδιορισμός του προσανατολισμού των τεσσάρων τεμενών που σώζονται στην πόλη των Ιωαννίνων και σκοπός της είναι να απαντήσει στο ερώτημα, του αν έχουν κοινή διεύθυνση προσανατολισμού και αν ναι, ποια είναι αυτή.

Η εργασία έχει ως σκοπό να αναδείξει τη συμβολή της Γεωδαισίας και της Γεωδαιτικής Αστρονομίας στον προσδιορισμό και την ερμηνεία του προσανατολισμού μουσουλμανικών τεμενών ή μνημείων γενικά. Χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους μέτρησης και επεξεργασίας με σύγχρονα ψηφιακά γεωδαιτικά όργανα, δημιουργούνται τα ψηφιακά τοπογραφικά διαγράμματα των κατόψεών τους και αποδίδονται σωστά και με ακρίβεια τα γεωμετρικά στοιχεία τους.

Τα τεμένη που σήμερα σώζονται στην πόλη των Ιωαννίνων είναι τέσσερα: το τέμενος Φετιγιέ (φωτ. 1), το τέμενος του Ασλάν Πασά (φωτ. 2), το τέμενος της Καλούτσιανης (φωτ. 3) και το τέμενος του Βελή Πασά (φωτ. 4).



Φωτ. 1: Τέμενος Φετιγιέ
Fot. 1 : The mosque of Fetiye



Φωτ. 2 : Τέμενος Ασλάν Πασά
Fot. 2 : The mosque of Aslan Pasha



Φωτ. 3: Τέμενος Καλούτσιανης
Fot. 3 : The mosque of Kaloutsiani



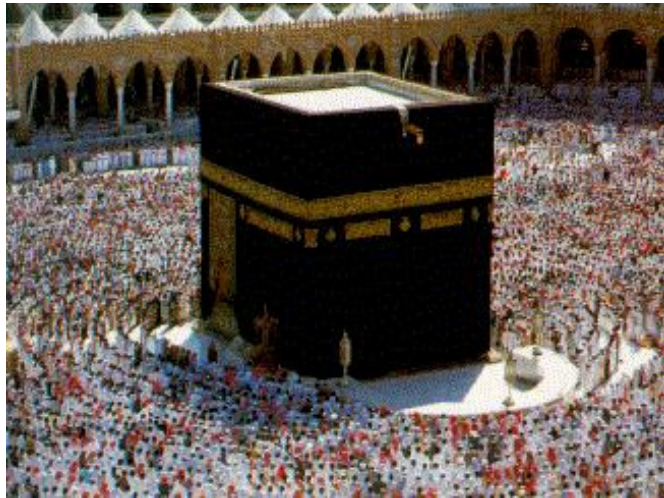
Φωτ. 4: Τέμενος Βελή Πασά
Fot. 4 : The mosque of Veli Pasha

Περί προσανατολισμού τεμενών

Με τον όρο "τζαμί" συνηθίζεται να αποκαλείται κάθε μουσουλμανικό τέμενος, ανεξαρτήτου μεγέθους, αλλά αρχιτεκτονικά κατάλληλου για την άρτια εξυπηρέτηση των θρησκευτικών αναγκών των μωαμεθανών. Ετυμολογικά στα αραβικά σημαίνει τόπος συναθροίσεως και ειδικότερα τόπος ομαδικής προσευχής, γι' αυτό και η σύνδεσή του με το αντίστοιχο κτήριο. Η πλήρης ονομασία του είναι Μεστζίτ – ουλ – τζαμί (mescit – ul – d'jami) από την οποία προέρχονται οι ονομασίες μετζίτ και τζαμί. Ωστόσο έχει επικρατήσει με τον όρο "τζαμί" να αποκαλούνται μόνο τα μεγάλα τεμένη τα οποία διαθέτουν και μιναρέ, ενώ τα αντίστοιχα μικρότερα είναι πιο γνωστά ως μετζίτ. [Κωνσταντινίδης Δ.Η]

Το Kaabah είναι ένα ορθογώνιο κτίσμα (Φωτ. 5) που βρίσκεται στη Μέκκα και περιβάλλει τον ιερό μαύρο βράχο, σύμβολο της μουσουλμανικής θρησκείας. Το κτίσμα αυτό είναι το σημείο, όπου πρέπει να κατευθύνεται η προσευχή κάθε μουσουλμάνου, σύμφωνα με τη θρησκεία τους. Αυτό σημαίνει, ότι κάθε μουσουλμάνος όπου και αν βρίσκεται πάνω στη γη, πρέπει όταν προσεύχεται, να είναι στραμμένος προς το Kaabah. Άρα από κάθε τόπο πρέπει να οριστεί η διεύθυνση, που ορίζεται από το σημείο που βρίσκεται ο προσευχόμενος και το σημείο που βρίσκεται το Kaabah στη Μέκκα. Η ιερή αυτή διεύθυνση ονομάζεται qiblah. Ως

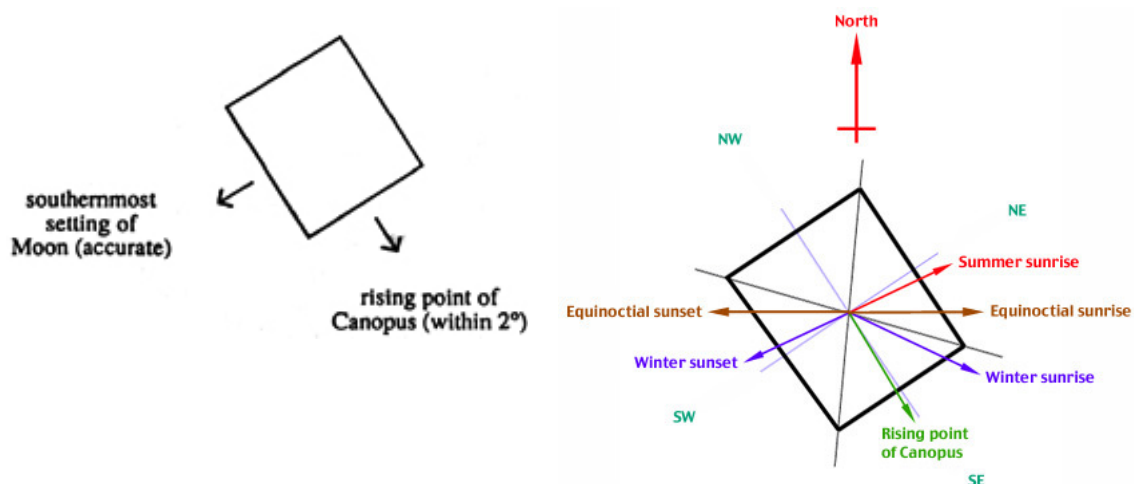
qiblah κάποιες χρονικές περιόδους ορίστηκε και η διεύθυνση από τον τόπο προσευχής προς την Ιερουσαλήμ (Dome of the Rock). Ο προσανατολισμός του Kaabah, δεν είναι τυχαίος.



Φωτ. 5 : Το κτίσμα του Kaabah στη Μέκκα.

Fot. 5 : The building of Kaabah in Mecca

Χαρακτηριστικές είναι οι διευθύνσεις που δόθηκαν στους τοίχους του Kaabah, με στόχο τον καλύτερο δυνατό προσδιορισμό της qiblah ή τον προσανατολισμό κάθε άλλου τζαμιού όμοια με τον προσανατολισμό του Kaabah, σύμφωνα με άλλη παράδοση. Συγκεκριμένα, ο προσανατολισμός του Kaabah είναι τέτοιος, ώστε ο νοτιοανατολικός τοίχος να είναι κάθετος στη διεύθυνση ανατολής του αστέρα Canopus (α Carina) στη Μέκκα (με ακρίβεια $\pm 2^\circ$), ενώ ο νοτιοδυτικός τοίχος του είναι κάθετος στη διεύθυνση της μέγιστης νότιας δύσης της σελήνης στο τόπο αυτό (σχήμα 1). Ο αστέρας Canopus ($\alpha = 6^h 24^m 1^s.47$, $\delta = -52^\circ 41' 31''.4$) έχει μέγεθος -0.63 , διακρίνεται εύκολα με γυμνό μάτι και είναι ο λαμπρότερος αστέρας του αστερισμού Carina. Ο αστέρας δεν είναι ορατός σε τόπους με γεωγραφικό πλάτος $\varphi \geq 37.3^\circ$, στο βόρειο ημισφαίριο.



Σχήμα 1: Αστρονομικός προσανατολισμός του Kaabah για το γεωγραφικό πλάτος της Μέκκας [King D.A., 1993].

Figure 1: The astronomical orientation of the Kaabah at the geographic latitude of Mecca.

Έτσι λοιπόν με γνωστές και σταθερές αυτές τις διευθύνσεις σε σχέση και με άλλα φαινόμενα, όπως τα ηλιοστάσια και οι ισημερίες (σχήμα 1), είναι δυνατόν από κάθε τόπο να οριστούν

αυτές οι διευθύνσεις με αστρονομικές παρατηρήσεις με ακρίβεια, ώστε κάθε τέμενος που κτίζεται, να έχει προσανατολισμό ίδιο με αυτό του **Kaabah**. [King D.A., 1993].

Το φαινόμενο της ανατολής ή της δύσης του ήλιου κατά την διάρκεια ισημεριών ή ηλιοστασιών ή ακόμη και παρατηρήσεις αστέρων, όπως του α Carina και του Πολικού Αστέρη (α Ursa Minoris) είναι μερικές από τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν κατά καιρούς, προκειμένου να ορίζεται σωστά η διεύθυνση προς το **Kaabah** [King D.A., 1993], ή η διεύθυνση του προσανατολισμού του από κάθε τόπο.

Η qiblah κάθε τόπου, στις αρχές των αιώνων του Ισλάμ, εμφανίζει κάποιες αποκλίσεις στον υπολογισμό της, οι οποίες οφείλονται στην αβεβαιότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων της Μέκκας, εξαιτίας κυρίως της μικρής γνώσης στους τομείς της γεωγραφίας και της γεωμετρίας. Σύγχρονες μελέτες έχουν δείξει, ότι στα πρώτα μουσουλμανικά τεμένη χρησιμοποιήθηκαν αστρονομικές παρατηρήσεις για τον ορισμό της qiblah.

Μεθοδολογία

Για τη διερεύνηση του προσανατολισμού των τεσσάρων μουσουλμανικών τεμενών, που σώζονται στην πόλη των Ιωαννίνων, εφαρμόστηκε μια διαφορετική μεθοδολογία που περιλαμβάνει [Πανταζής, 2002]:

- i) Προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης κοντά στο χώρο κάθε τεμένους.
- ii) Μεταφορά του αστρονομικού αζιμουθίου στο χώρο του κάθε τεμένους με τη βοήθεια γεωδαιτικού δικτύου.
- iii) Την πλήρη γεωμετρική αποτύπωση του τεμένους οριζοντιογραφικά για τον καθορισμό των ακριβών διαστάσεών του.
- iv) Τον γεωμετρικό προσδιορισμό του βασικού άξονα του κάθε τεμένους, ο οποίος γίνεται με αναλυτική διαδικασία χρησιμοποιώντας το διάγραμμα κάτοψης του μνημείου, χωρίς να είναι απαραίτητη η υλοποίησή του.
- v) Τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου του βασικού άξονα, χρησιμοποιώντας το προσανατολισμένο διάγραμμα της κάτοψης του τεμένους.

Γεωδαιτικές και αστρονομικές μετρήσεις στα τεμένη

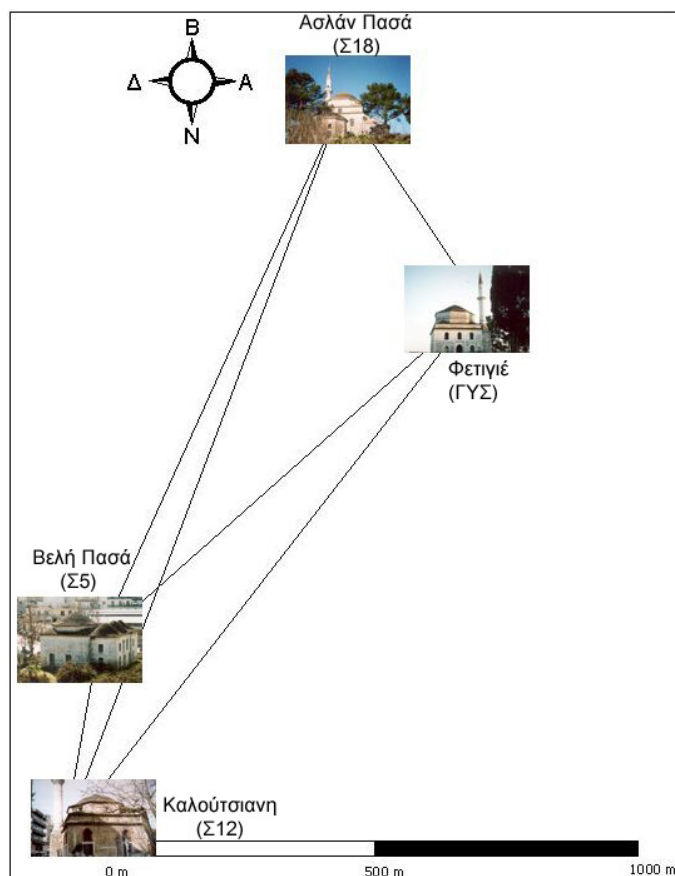
Ένταξη των τεμενών σε ενιαίο σύστημα αναφοράς - Ίδρυση γεωδαιτικού δικτύου

Για την ένταξη της αποτύπωσης των τεσσάρων τεμενών, της πόλης των Ιωαννίνων, σε ενιαίο σύστημα αναφοράς ιδρύθηκε γεωδαιτικό δίκτυο. Το δίκτυο αποτελείται από τέσσερις κορυφές. Κάθε κορυφή βρίσκεται στην εγγύς περιοχή καθενός από τα τεμένη και επιπλέον αποτελεί σημείο του πολυγωνομετρικού δικτύου, που δημιουργήθηκε για την αποτύπωσή του. Το γεωδαιτικό δίκτυο μετρήθηκε με την χρήση δεκτών του Δορυφορικού συστήματος GPS. Τα μήκη των πλευρών του ήταν της τάξης του 1.5 km και δεν υπήρχε αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των κορυφών του. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η μορφή του δικτύου που ιδρύθηκε στην πόλη των Ιωαννίνων.

Η επίλυση του δικτύου έγινε θεωρώντας ως σταθερή κορυφή βάθρο της Γ.Υ.Σ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού), που βρίσκεται στον περίβολο του τεμένους Φετιγιέ στο Κάστρο των Ιωαννίνων, με καρτεσιανές συντεταγμένες $x = 230797.482\text{m}$, $y = 4395591.567\text{m}$ στην προβολή του ΕΓΣΑ '87, ορθομετρικό υψόμετρο $H = 488.790\text{m}$ και σταθερή τη διεύθυνση Γ.Υ.Σ – Σ₁₈. Έτσι υπολογίστηκαν οι καρτεσιανές συντεταγμένες των τεσσάρων κορυφών στο ΕΓΣΑ '87 και τα ορθομετρικά τους υψόμετρα. Τα αποτελέσματα της επίλυσης του δικτύου παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Υπολογίστηκαν επίσης οι γεωδαιτικές συν/νες (ϕ , λ) στο δορυφορικό σύστημα αναφοράς (World Geodetic System - WGS '84) του GPS, οι οποίες είναι απαραίτητες: *i*) στους υπολογισμούς του αστρονομικού αζιμουθίου και *ii*) στον υπολογισμό του αστρονομικού

αζιμουθίου των διευθύνσεων μεταξύ κάθε τεμένους με την Μέκκα ή την Ιερουσαλήμ αντίστοιχα, με σκοπό την ερμηνεία του προσανατολισμού τους. Τα αποτελέσματα της επίλυσης του δικτύου στο ελλειψοειδές του WGS '84 παρουσιάζονται στον πίνακα 1.



Σχήμα 2: Το γεωδαιτικό δίκτυο
Figure 2: The geodetic network

	ΕΓΣΑ '87			WGS '84	
Σημείο	x(m)	y(m)	H(m)	φ	Λ
T _{ΓΥΣ}	230797.482	4395591.567	488.790	39° 40' 25.657"	20° 51' 36.734"
Σ12	230004.815	4394570.478	475.045	39° 39' 39.480"	20° 51' 16.489"
Σ18	230538.096	4395976.194	492.404	39° 39' 51.710"	20° 51' 18.724"
Σ5	230071.306	4394945.763	473.348	39° 40' 13.423"	20° 51' 48.231"

Πίνακας 1: Ορθογώνιες συντεταγμένες στην προβολή του ΕΓΣΑ '87, ορθομετρικά υψόμετρα και γεωδαιτικές συντεταγμένες στο WGS '84 του δικτύου.

Table 1 : The cartecian coordinates in the projection of GGRS '87, the orthometric heights and the geodetic coordinates in WGS '84 of the network's points.

Ίδρυση πολυγωνομετρικών δικτύων – Αστρονομικός προσανατολισμός.

Ιδρύθηκαν τοπικά ανεξάρτητα πολυγωνομετρικά δίκτυα σε κάθε τέμενος, τα οποία αφού προσανατολίστηκαν αστρονομικά (προσανατολισμό ως προς τον αστρονομικό βορρά),

χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την αποτύπωση των τεμενών. Έτσι προέκυψαν τα τοπογραφικά διαγράμματα της κάτοψης τα οποία είναι προσανατολισμένα στον πραγματικό βορρά. Για τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου μιας διεύθυνσης εφαρμόστηκε η μέθοδος της ωριαίας γωνίας με παρατηρήσεις του Πολικού Αστέρα και μετρώντας το χρόνο UTC (Coordinated Universal Time). Η παρατήρηση του Πολικού Αστέρα πλεονεκτεί από τόπους, όπως η Ελλάδα ($\varphi \approx 38^\circ$) σε ευκολία και ακρίβεια. Ακρίβεια της τάξης του $\pm 1^{\circ}$ επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (Total station) τελευταίας τεχνολογίας, ο οποίος πραγματοποιεί μεγάλο αριθμό μετρήσεων, σε μικρό χρονικό διάστημα και με υψηλή ακρίβεια. Ακόμη οι μετρήσεις είναι απαλλαγμένες από τυχαία σφάλματα ανάγνωσης και καταγραφής, αφού αυτά γίνονται αυτόματα. [Πανταζής Γ., 2002]. Έγιναν τέσσερις ανεξάρτητοι προσδιορισμοί αστρονομικού αζιμουθίου, συγκεκριμένων διευθύνσεων των πολυγωνομετρικών δικτύων και κάθε πολυγωνομετρικό δίκτυο επιλύθηκε σε ανεξάρτητο τοπικό σύστημα, αλλά με αστρονομικό προσανατολισμό.

Αποτύπωση – Δημιουργία διαγραμμάτων κατόψεων των τεμενών

Έγινε τοπογραφική αποτύπωση ακολουθώντας τις προδιαγραφές των αποτυπώσεων μεγάλης κλίμακας. Η χρησιμοποίηση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Leica TCR303 με τις ιδιότητες που αυτός έχει διευκόλυνε τις μετρήσεις. Το σφάλμα στον προσδιορισμό της θέσης των σημείων λεπτομέρειας κατά χ και ψ υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις της κλίμακας 1:50. Έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις και παρήχθησαν ψηφιακά τα τοπογραφικά διαγράμματα της κάτοψης των τεσσάρων τεμενών (σχήματα 3, 4, 5, 6).

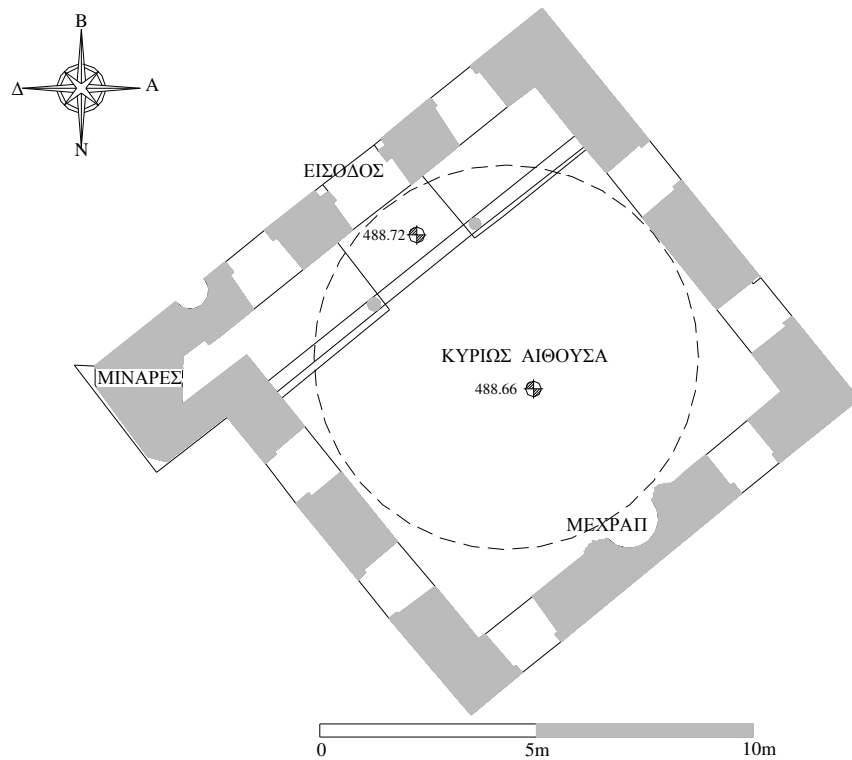
Προσδιορισμός αστρονομικού αζιμουθίου των βασικών αξόνων των τεμενών.

Για την μελέτη του προσανατολισμού των τεμενών πρέπει να προσδιοριστεί ο βασικός κατά μήκος άξονάς τους. Ο βασικός κατά μήκος άξονας προκύπτει από την κατάλληλη προσαρμογή μιας ευθείας σε τρία ή περισσότερα χαρακτηριστικά σημεία του τεμένους, όπως το μέσο ανοιγμάτων (παραθύρων ή εισόδων), σημεία τομής διαγωνίων, κέντρα τρούλων, κ.ά. Η επιλογή αυτών των σημείων πραγματοποιείται με χρήση των ψηφιακών διαγραμμάτων της κάτοψης και επομένως η διαδικασία αυτή ακολουθεί αυτήν της αποτύπωσης των τεμενών και της δημιουργίας του ψηφιακού διαγράμματος της κάτοψης. Εφόσον το διάγραμμα της κάτοψης για κάθε τέμενος έχει αστρονομικό προσανατολισμό, από τον προσδιορισμό της καλύτερης ευθείας, προκύπτει το αστρονομικό της αζιμούθιο και η αβεβαιότητά του. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αστρονομικά αζιμούθια του βασικού κατά μήκος άξονα με τις αντίστοιχες αβεβαιότητες για κάθε ένα από τα τέσσερα τεμένη.

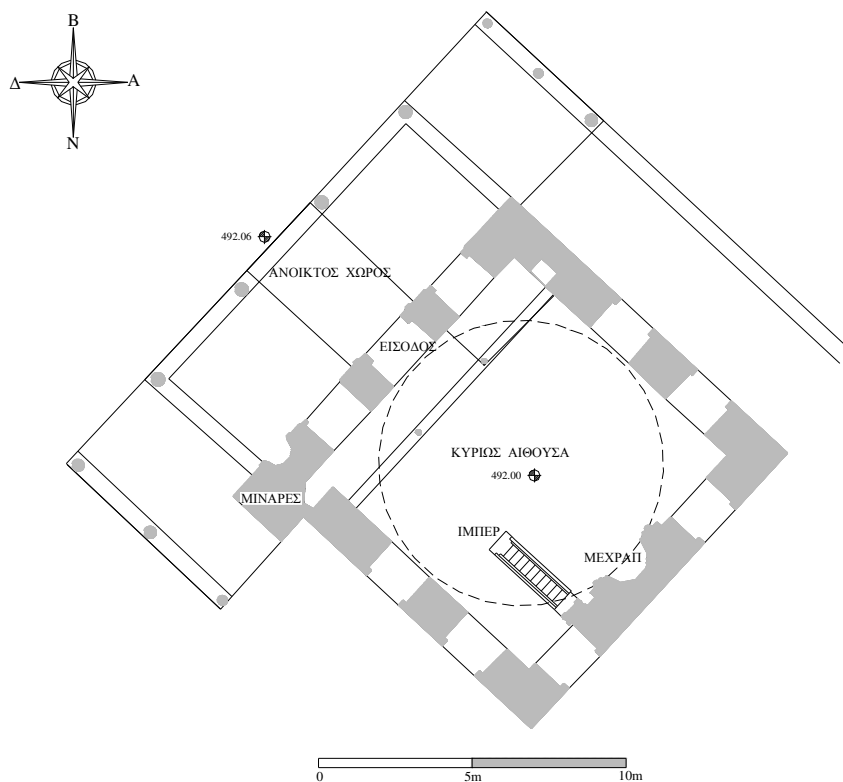
Τέμενος	Αστρονομικό αζιμούθιο (g)	Αβεβαιότητα (c)
Φετιγιέ	156.69	± 2
Ασλάν Πασά	147.57	± 8
Καλούτσιανης	149.34	± 14
Βελή Πασά	168.09	± 10

Πίνακας 2: Αστρονομικά αζιμούθια βασικών αξόνων των τεμενών.

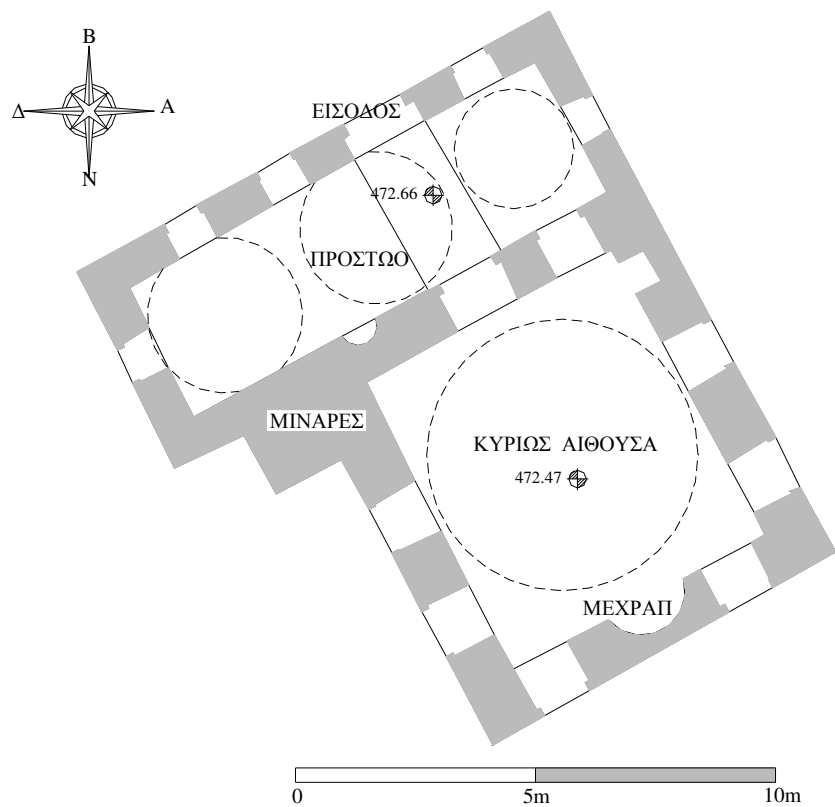
Table 2: The astronomical azimuths of the main axis of the mosques



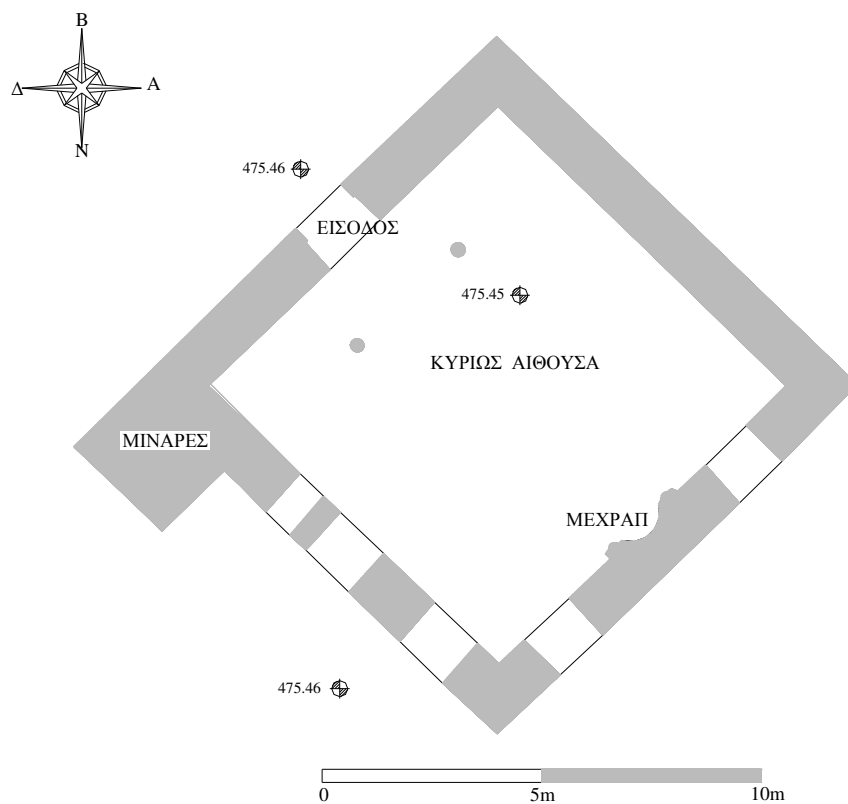
Σχήμα 3: Διάγραμμα κάτοψης του τεμένους Φετιγιέ [Μαυράκης, 2004]
Figure 3: The plan of the Fetiye mosque.



Σχήμα 4: Διάγραμμα κάτοψης του τεμένους Ασλάν Πασά [Μαυράκης, 2004]
Figure 4 : The plan of the Aslan Pasha mosque.



Σχήμα 5 : Διάγραμμα κάτοψης του τεμένους του Βελή Πασά [Προύτζος, 2004]
Figure 5 : The plan of the Veli Pasha mosque.



Σχήμα 6 : Διάγραμμα κάτοψης του τεμένους της Καλούτσιανης [Προύτζος, 2004]
Figure 6 : The plan of the Kaloutsiani mosque.

Υπολογισμός αστρονομικού αζιμουθίου

Για να διερευνηθεί η σχέση του προσανατολισμού κάθε τεμένους με την διεύθυνση που ορίζεται μεταξύ της θέσης του και της Μέκκας ή των Ιεροσολύμων υπολογίστηκαν τα αστρονομικά αζιμούθια κάθε τεμένους με τις δύο ιερές πόλεις. Είναι γνωστό, ότι με τη μέθοδο της γεωδαιτικής μεταφοράς μπορεί να υπολογιστεί το μήκος της πλευράς S_{12} και τα γεωδαιτικά αζιμούθια A_{12} και A_{21} , αν είναι γνωστές οι ελλειψοειδείς γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων 1 (ϕ_1, λ_1) και 2 (ϕ_2, λ_2). [Βέης Γ., Μπιλλήρης Χ., Παπαζήση Κ., 1995].

Για τον υπολογισμό των γεωδαιτικών αζιμουθίων χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι του **Vicenty**. Η απόσταση μεταξύ Ιωαννίνων – Μέκκας είναι 2710Km, ενώ μεταξύ Ιωαννίνων – Ιεροσολύμων 1565Km. Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες Μέκκας και Ιεροσολύμων (πίνακας 3) ελήφθησαν από ψηφιακούς παγκόσμιους χάρτες με την ακρίβεια που τους διέπει, ενώ οι αντίστοιχες συντεταγμένες για κάθε τέμενος έχουν προσδιοριστεί όπως αναφέρθηκε προηγούμενα (πίνακας 1).

ΤΟΠΟΣ	ϕ	λ
ΜΕΚΚΑ	21° 25' 19"	39° 49' 26"
ΙΕΡΟΥΣΑΛΗΜ	31° 46' 48"	35° 13' 11"

Πίνακας 3 : Γεωδαιτικές συντεταγμένες Μέκκας και Ιεροσολύμων.

Table 3 : The geodetic coordinates of Mecca and of Jerusalem.

Επομένως, επειδή οι αποστάσεις μεταξύ των τεσσάρων τεμενών είναι μικρές, υπολογίστηκε το μέσο ϕ, λ της περιοχής που βρίσκονται τα τεμένη και χρησιμοποιήθηκε αυτή η τιμή, ώστε να προσδιοριστούν τα αστρονομικά αζιμούθια των διευθύνσεων Ιωαννίνων – Μέκκας και Ιωαννίνων – Ιεροσολύμων (πίνακας 4).

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	A_A (g)
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	ΜΕΚΚΑ	147.46
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	ΙΕΡΟΥΣΑΛΗΜ	132.85

Πίνακας 4 : Αστρονομικά αζιμούθια των διευθύνσεων Ιωαννίνων – Μέκκας και Ιωαννίνων – Ιεροσολύμων.

Table 4 : The astronomical azimuths of the directions Ioannina – Mecca and Ioannina - Jerusalem.

Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

- Παρήχθησαν τα σχέδια της οριζόντιας τομής (κάτοψης) των τεσσάρων τεμενών σε κλίμακα 1:50 καθώς και η οριζοντιογραφία του περιβάλλοντος χώρου γύρω από τα τεμένη με ψηφιακή σχεδίαση σε κλίμακα 1:200 και επομένως υπάρχει η δυνατότητα άντλησης πληροφορίας μέσα από αυτά για οποιοδήποτε γεωμετρικό στοιχείο.

- Υπολογίστηκε ο προσανατολισμός των παραπάνω τεμενών με χρήση αστρογεωδαιτικής μεθοδολογίας με παρατηρήσεις στον Πολικό Αστέρα.

● Προσδιορίστηκε ο βασικός κατά μήκος άξονας κάθε τεμένους και το αστρονομικό του αζιμούθιο με τελικές τιμές:

- Φετιγιέ: $156^{\circ}.69 \pm 8^{\circ}$
- Ασλάν Πασά: $147^{\circ}.57 \pm 2^{\circ}$
- Καλούτσιανης: $149^{\circ}.34 \pm 14^{\circ}$
- Βελή Πασά: $168^{\circ}.09 \pm 10^{\circ}$

● Λαμβάνοντας υπ' όψη όλα τα ιστορικά στοιχεία σχετικά με τη μουσουλμανική θρησκεία και την παράδοση σχετικά με το προσανατολισμό των τεμενών τους, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του αστρονομικού αζιμουθίου μεταξύ Ιωαννίνων–Μέκκας ($147^{\circ}.46$) και Ιωαννίνων–Ιερουσαλήμ ($132^{\circ}.85$) δεδομένου ότι η Μέκκα και η Ιερουσαλήμ αποτελούν τους δύο σημαντικότερους θρησκευτικούς τόπους λατρείας και προσανατολισμού για τους Μωαμεθανούς, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- ✓ Κάθε τέμενος παρουσιάζει ξεχωριστό προσανατολισμό αφού οι τιμές αυτές του αστρονομικού προσανατολισμού διαφέρουν μερικούς βαθμούς από τέμενος σε τέμενος.
- ✓ Το τέμενος του Ασλάν Πασά είναι προσανατολισμένο στην Μέκκα με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.
- ✓ Το τέμενος της Καλούτσιανης παρουσιάζεται επίσης ικανοποιητικά προσανατολισμένο προς τη Μέκκα.
- ✓ Παρατηρήθηκε επίσης ότι στο τέμενος του Φετιγιέ υπάρχει μια γραμμή που πλησιάζει αρκετά την τιμή του αστρονομικού αζιμουθίου μεταξύ Ιωαννίνων - Μέκκας. Η γραμμή αυτή ορίζεται από δύο σημεία που είναι το κέντρο του τρούλου και το αριστερό άκρο του μεχράπ, που αποτελεί και το πιο σημαντικό και ιερό τμήμα του τεμένους. Η ευθεία αυτή έχει αστρονομικό αζιμούθιο $149.32^{\circ} \pm 10^{\circ}$
- ✓ Αντίστοιχα για το τέμενος του Βελή πασά, Το αστρονομικό αζιμούθιο της διεύθυνσης από το κέντρο του τρούλου έως το αριστερό άκρο του μεχράπ όπως προκύπτει από το ψηφιακό διάγραμμα της οριζόντιας τομής που έχει συνταχθεί για το τέμενος είναι $150^{\circ}.75 \pm 12^{\circ}$, μια τιμή η οποία πλησιάζει αυτή της διεύθυνσης προς τη Μέκκα.
- ✓ Κανένα τέμενος δεν είναι προσανατολισμένο στα Ιεροσόλυμα.

● Με την αξιοποίηση της μεθοδολογίας που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή, είναι δυνατόν να προσανατολίζονται στη σωστή διεύθυνση, ανεξαρτήτως της θέσης τους τα τεμένη, σύμφωνα με τις παραδόσεις της μουσουλμανικής θρησκείας.

Βιβλιογραφία

Abdali S. Kamal., Prayer schedules for North America, American Trust Publications, Indianapolis 1978

Αραβαντινός Δ., Περί των τζαμιών, Εφημ. "Ήπειρος" αριθ. 1907 (73) 8 Αυγούστου 1924

Βέης Γ., Μπυλλήρης Χ., Παπαζήση Κ., Ανώτερη Γεωδαισία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα 1995

Κανετάκης Γ., Το Κάστρο, συμβολή στην πολεοδομική ιστορία των Ιωαννίνων, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 1991.

King D.A., The sacred direction in Islam: The case of Islam, G.Britain 1993.

Κομπού Μ., Νικολούδη Δ., Παπαντωνίου Μ., Ανάπτυξη L.I.S. για τα δεκαεπτά μουσουλμανικά τεμένη των Ιωαννίνων και αναπαράστασή τους στην σύγχρονη πόλη, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα 2000.

Κουλίδας Κ., Τα μουσουλμανικά βακούφια της πόλεως των Ιωαννίνων (ιστορική μελέτη), μέρος Β΄

Κωνσταντινίδης Δ.Η.- Άρθρα επί θεμάτων αρχιτεκτονικής θρησκευτικών μνημείων – Τζαμίον ή Τέμενος , τρούλος- υαλογράφημα

Λάμπρου Ε., Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Αστρογεωδαιτικών Προσδιορισμών με Ψηφιακά Γεωδαιτικά Όργανα, Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα Ιούνιος 2003

Μαυράκης Σ., Ο προσανατολισμός των μουσουλμανικών τεμενών Ασλάν Πασά και Φετιγιέ στα Ιωάννινα, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα Ιούνιος 2004.

Νικολίτσας Κ., Προσδιορισμός αστρονομικού αζιμουθίου με χρήση σύγχρονων γεωδαιτικών οργάνων και αυτοματοποιημένη διαδικασία, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα Ιούνιος 2004.

Πανταζής Γ., Διερεύνηση του προσανατολισμού μνημείων με γεωδαιτικές και αστρονομικές μεθόδους (Εφαρμογή στα Μετέωρα), Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα Οκτώβριος 2002

Προύτζος Θ., Ο προσανατολισμός των μουσουλμανικών τεμενών Καλούτσιανης και Βελή Πασά στα Ιωάννινα, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ, Αθήνα Ιούνιος 2004.

Σμύρης Γ., Τα μουσουλμανικά τεμένη των Ιωαννίνων και η πολεοδομία της οθωμανικής πόλης, Ηπειρώτικα χρονικά, τόμος 34, Ιωάννινα 2000

Διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- <http://www.hermetic.com/sabazius/kiblah.htm#ret3>
- http://www.netcomuk.co.uk/~magamiet/Royal_Holloway_khutbahs/Qiblah.htm
- <http://moonsighting.com/qibla.html>
- http://www.islamic-awareness.org/History/Islam/Dome_Of_The_Rock/qibla.html
- http://www.islamic-awareness.org/History/Islam/Dome_Of_The_Rock/hajjdome.html
- <http://www.islamic-awareness.org/Quran/Contrad/External/aqsa.html>
- <http://www.islamvision.org/ChangeofQiblah.asp>
- <http://lexicorient.com/e.o/mosque.htm>
- <http://www.allaboutturkey.com/mosque.htm>
- http://moonsighting.com/faq_qd.html

Investigation on the orientation of the Mosques in Ioannina by Astrogeodetic methodology

Prof. D. - D. Balodimos, Laboratory of general Geodesy, NTUA

Prof. K. Papazissi, Laboratory of Higher Geodesy, NTUA

Dr E. Lambrou, Laboratory of General Geodesy, NTUA

Dr G. Pantazis, Laboratory of General Geodesy, NTUA

S. Mavrakis, Rural & Surv. Engineer, NTUA

Th. Proutzos, Rural & Surv. Engineer, NTUA

Abstract

The present paper deals with the orientation (determination and interpretation) of the four mosques that still exist in the city of Ioannina.

A geodetic control network was established in order to incorporate the mosques in the Hellenic reference system. The network was measured by GPS and both Ellipsoidal and Cartesian coordinates in the Hellenic projection system together with orthometric heights were assigned to all the control points.

A detailed survey of the mosques was carried out, and 1:50 topographic diagrams depicting their plans were produced. These diagrams were used for the analytical determination of the basic axes as well as other characteristic axes of the mosques. The diagrams were orientated to astronomical north by astronomical observations to the Polar Star. The observations were carried out using a high precision Total Station connected to a GPS receiver. Thus a data base containing the orientated plans was created.

Finally the orientation of each mosque was considered, and some interesting conclusions were derived.