

Το Ηραίο του Άργους.

Ο αστρονομικός προσανατολισμός και η χρονολόγησή του.

Γεώργιος Πανταζής

Δρ. Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός

Επίκουρος Καθηγητής

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ιστορία

Το Ηραίο του Άργους βρίσκεται σε ένα λόφο στα νοτιοδυτικά του όρους Εύβοια στο δρόμο που συνδέει τις Μυκήνες με τη σύγχρονη πόλη του Άργους. Από το σημείο αυτό εποπτεύει τον αργολικό κάμπο καθώς και την αρχαία ακρόπολη της περιοχής, τη Λάρισα.

Σύμφωνα με τον Πausανία το Ηραίο απέχει 15 στάδια από τις Μυκήνες. Κατά τον μύθο η Εύβοια, η Πρόσυμνα και η Ακραία ήταν τροφοί της Θεάς Ήρας και κόρες του ποταμού Αστερίωνα. Το όνομα της Εύβοιας δόθηκε στην περιοχή γύρω από το ναό της Ακραίας, στον απέναντι λόφο, ενώ Πρόσυμνα ονομαζόταν η προϊστορική πόλη κάτω από το λόφο του Ηραίου.

Οι αρχαιολογικές ανασκαφές στον ευρύτερο χώρο του ιερού έχουν αποκαλύψει ποικιλία ευρημάτων των ελλαδικών χρόνων αλλά και νεολιθικά, κυρίως θολωτούς και θαλαμοειδείς τάφους. Από τα ευρήματα αυτά προκύπτει ότι ο χώρος του Ηραίου ήταν σε χρήση πολύ πριν αυτό κατασκευαστεί. Πιθανολογείται ότι στην ίδια θέση προϋπήρχε μυκηναϊκή ακρόπολη ή και ανάκτορο. Ο πρώτος ναός της Ήρας κτίστηκε περίπου το 680 π.Χ.

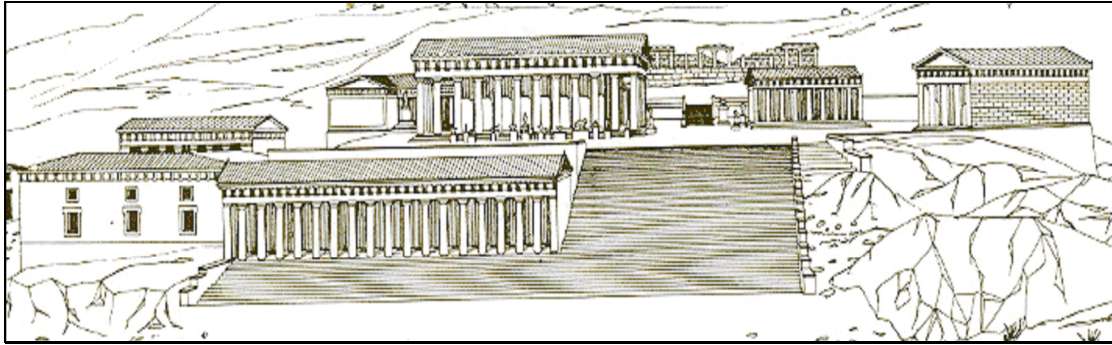
Μετά την καταστροφή της Πρόσυμνας από τους Αργείους τον 6^ο π.Χ. αιώνα, το Ηραίο περιήλθε στην κυριαρχία του Άργους και αποτέλεσε το κέντρο λατρείας της θεάς Ήρας στον ελλαδικό χώρο. Ο Όμηρος αναφέρεται στην Ήρα με το προσωνύμιο Αργεία και για αυτό το Άργος αποτέλεσε την αφετηρία για την εξάπλωση της λατρείας της και στην υπόλοιπη χώρα.

Το 468 π.Χ. ο διοικητικός έλεγχος του Ηραίου έχει αναχθεί σε μείζον πρόβλημα στις σχέσεις ανάμεσα στο Άργος και τις Μυκήνες και αποτελεί πηγή προστριβών ανάμεσά τους. Η διαμάχη αυτή σε συνδυασμό με τη συμμαχία των Μυκηνών με την παραδοσιακή αντίπαλο του Άργους τη Σπάρτη, οδηγούν στην πολιορκία και τη μετέπειτα καταστροφή της πόλης των Μυκηνών από τους Αργείους ανάμεσα στα 468–463 π.Χ. [Stillwell R].

Κατά τη ρωμαϊκή περίοδο η λατρεία της Ήρας συνεχίστηκε. Αυτό αποδεικνύεται από πολλές αυτοκρατορικές αφιερώσεις που έχουν βρεθεί ως ευρήματα σε ανασκαφές. Παράλληλα με τη συνέχιση της χρήσης του ιερού, οι Ρωμαίοι το επέκτειναν κτίζοντας επιπλέον εγκαταστάσεις στο χώρο του.

Το Ηραίο του Άργους ανακαλύφθηκε το 1831 από το Βρετανό συνταγματάρχη Gordon. Από τότε πολλοί ερευνητές και αρχαιολόγοι έχουν εργαστεί στο χώρο του ναού με σημαντικότερους τον C.W. Blegen και τον P. Amandry.

Η εικόνα 1 παρουσιάζει τη γραφική αναπαράσταση του Ηραίου κατά την περίοδο της ακμής του. Διακρίνεται ο ναός του 5^{ου} αιώνα, το νεώτερο επίπεδο του Ηραίου και το μεγάλο βαθμιδωτό ανάλημμα που οδηγούσε σε αυτόν. Στο βάθος και στο υψηλότερο παλαιό επίπεδο διακρίνονται τα ερείπια του πρώτου ναού της γεωμετρικής περιόδου.



1. Γραφική αναπαράσταση Ηραίου – νότια όψη. [Παπαχατζής Ν., 1976]

Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται ο ναός του 5^{ου} π.Χ αιώνα, στη σημερινή του μορφή.



2. Σημερινή κατάσταση του ναού του 5^{ου} π.Χ αιώνα

Προηγούμενες μελέτες του αστρονομικού προσανατολισμού του Ηραίου

Ο προσανατολισμός του Ηραίου του Άργους αποτέλεσε πεδίο έρευνας παλαιότερα. Ο Άγγλος αρχιτέκτονας Francis Penrose (1817 – 1903), στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, μελέτησε τον προσανατολισμό τόσο του παλαιού ναού (του 7^{ου} αιώνα π.Χ.) όσο και του νεότερου.

Προσδιόρισε ως πιθανή ημερομηνία θεμελίωσης του παλαιού ναού την 24^η Οκτωβρίου 1830 π.Χ., την οποία συνδέει με την ανατολή του Αντάρη (α Scorpii), ή το Φεβρουάριο του 1300 π.Χ., αν συνδέεται με τη δύση του α της Παρθένου – Στάχυς.

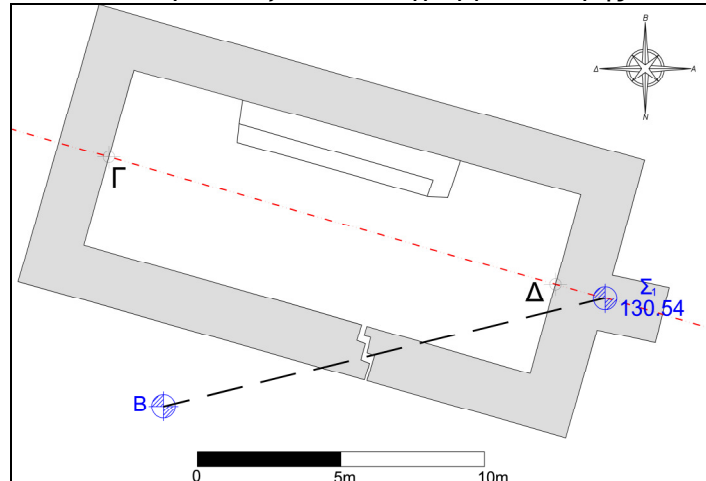
Παράλληλα προσδιόρισε τον προσανατολισμό του ναού ίσο με 107° 50'.

Για τον νεότερο ναό ο Penrose υπολόγισε τον προσανατολισμό του ίσο με 105° 59' και προσδιόρισε ως ημέρα θεμελίωσης την 21^η Φεβρουαρίου του 425 π.Χ. [Penrose F. C., 1897]

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ο προσδιορισμός του αστρονομικού προσανατολισμού και η χρονολόγηση του νεότερου ναού, με την εφαρμογή μιας καινοτόμου αστρογεωδαιτικής μεθοδολογίας, χρησιμοποιώντας σύγχρονα και ακριβή γεωδαιτικά όργανα μέτρησης.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού γίνεται εφαρμόζοντας γεωδαιτικές μεθόδους μέτρησης και επεξεργασίας και αποβλέπει στη σύνταξη του διαγράμματος κάτοψης του. Χρησιμοποιώντας σύγχρονο ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό που μετρά γωνίες και μήκη προσδιορίζονται οι θέσεις των σημείων που ορίζουν το περίγραμμα του σχήματος του ναού, με αβεβαιότητα της τάξης των $\pm 3\text{mm}$. Η δημιουργία του διαγράμματος της κάτοψης του Ηραίου, γίνεται σε ψηφιακό περιβάλλον (Cad). Στο σχήμα 3 που ακολουθεί παρουσιάζεται το διάγραμμα κάτοψης του ναού.



3. Διάγραμμα κάτοψης του ναού [Γιαβής Ι., 2005]

Ο προσδιορισμός του αστρονομικού προσανατολισμού του Ηραίου

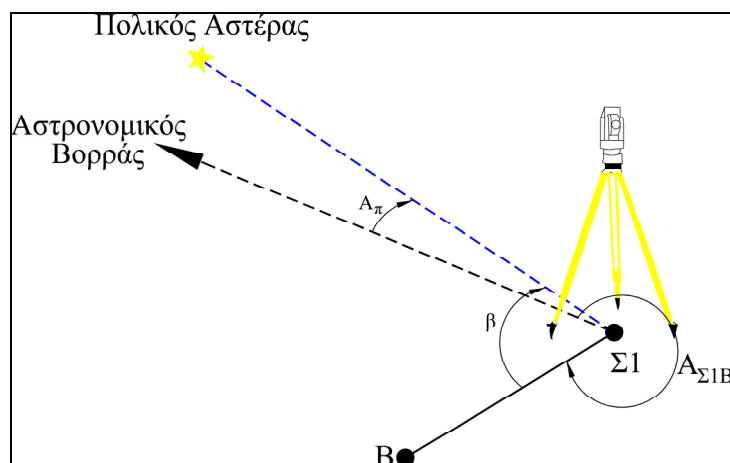
Για τον προσδιορισμό του αστρονομικού προσανατολισμού του ναού ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Αρχικά προσδιορίζεται το αστρονομικό αζιμούθιο μιας διεύθυνσης $\Sigma_1 B$, στην περιοχή του μνημείου (σχήμα 3).

Ο προσδιορισμός του αστρονομικού αζιμουθίου $A_{\Sigma_1 B}$ πραγματοποιείται με παρατηρήσεις στον Πολικό Αστέρα (α Ursa Minoris), χρησιμοποιώντας έναν ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ωριαίας γωνίας [Lambrou E., Pantazis G., 2008].

Μετράται ο παγκόσμιος συντονισμένος χρόνος UTC κάθε φορά που σκοπεύεται ο Πολικός Αστέρας. Έτσι υπολογίζεται το αστρονομικό αζιμούθιο A_{π} του Πολικού αστέρα τη στιγμή της κάθε παρατήρησης. Κατόπιν χρησιμοποιώντας και τη μέτρηση της οριζόντιας γωνίας β (σχήμα 4) υπολογίζεται το αστρονομικό αζιμούθιο της επίγειας διεύθυνσης ($A_{\Sigma_1 B}$) [Lambrou E., Pantazis G., 2004]. Πραγματοποιούνται μερικές δεκάδες σκοπεύσεις στον Πολικό Αστέρα, σε χρονικό διάστημα λίγων λεπτών της ώρας και προσδιορίζεται η καλύτερη τιμή του $A_{\Sigma_1 B}$ και το σφάλμα της. Η τιμή διορθώνεται λόγω της κίνησης του Πόλου της Γης.

Επίσης με χρήση δεκτών του συστήματος δορυφορικού εντοπισμού (GPS) προσδιορίζονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες φ , λ του σημείου Σ_1 ($\varphi = 37^\circ 41' 31''$, $\lambda = 22^\circ 46' 31''$), που είναι απαραίτητες τόσο για τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου, όσο και τη χρονολόγηση του ναού που ακολουθεί.



4. Προσδιορισμός αστρονομικού αζιμουθίου μιας διεύθυνσης

Επειδή η διεύθυνση $\Sigma_1 B$ συμμετέχει άμεσα στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μνημείου, το διάγραμμα της κάτοψης, το οποίο προκύπτει, είναι **αστρονομικά προσανατολισμένο**.

Έτσι είναι δυνατός ο προσδιορισμός του αστρονομικού αζιμουθίου οποιασδήποτε ευθείας ή ευθυγράμμου τμήματος.

Μια τέτοια ευθεία είναι και ο βασικός κατά μήκος άξονας, που συνήθως είναι και άξονας συμμετρίας του μνημείου. Ο άξονας αυτός προκύπτει, είτε από δύο χαρακτηριστικά σημεία, είτε με προσαρμογή της καλύτερης ευθείας σε περισσότερα χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου.

Στην περίπτωση του Ηραίου ο άξονας αυτός ορίζεται από δύο σημεία (σχήμα 3):

- Γ, το μέσο της βορειοδυτικής πλευράς (εσωτερικά)
- Δ, το αντίστοιχο μέσο της νοτιοανατολικής πλευράς (εσωτερικά).

Η ανατολική πλευρά του ναού είναι η πλέον σημαντική, όπου βρισκόταν η κύρια είσοδος του ναού και επόπτευε το βωμό. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία στην πρόσοψη αυτής της πλευράς υπήρχε το περίφημο λατρευτικό άγαλμα της θεάς.

Από το ψηφιακό διάγραμμα της κάτοψης υπολογίστηκε το αστρονομικό αζιμούθιο της ευθείας ΓΔ, ίσο με **105° 53'**, με αβεβαιότητα $\pm 3'$.

Η χρονολόγηση του Ηραίου

Με τον όρο χρονολόγηση ορίζεται ο προσδιορισμός της ημερομηνίας θεμελίωσης του ναού, δηλαδή της ημέρας, του μήνα και του έτους θεμελίωσης, χρησιμοποιώντας μόνο γεωμετρικά στοιχεία. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται, συνδυάζονται:

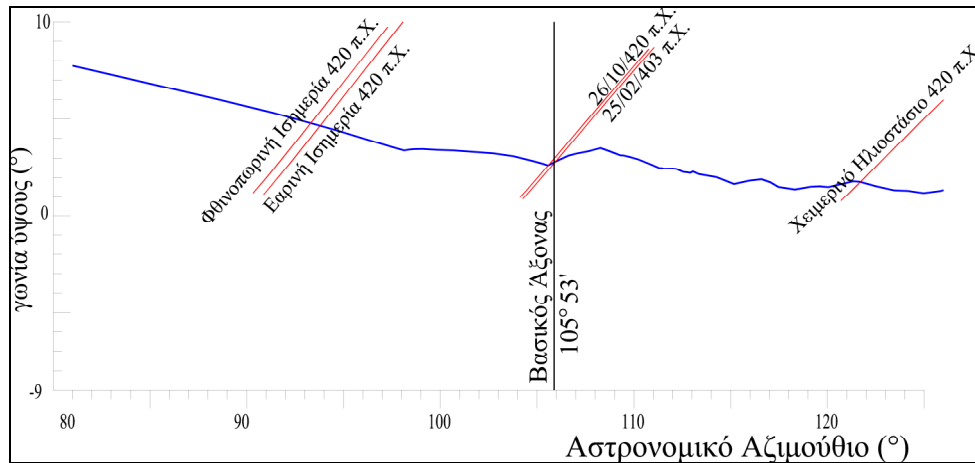
- Το αστρονομικό αζιμούθιο του βασικού κατά μήκος άξονα
- Η γραμμή που απεικονίζει τη μορφή του αισθητού ορίζοντα.
- Η πορεία του ήλιου σε κάποια συγκεκριμένη ημερομηνία (ημέρα και έτος).

Οι τρεις παραπάνω γραμμές απεικονίζονται σε ένα κοινό διάγραμμα, αστρονομικού αζιμουθίου – γωνίας ύψους (σχήμα 5).

Η **οριογραμμή του αισθητού ορίζοντα** είναι η προβολή στην ουράνια σφαίρα του συνόλου των ορεινών όγκων ή των κτισμάτων, που βρίσκονται στη διεύθυνση του βασικού κατά μήκος άξονα του Ηραίου και εμποδίζουν την ορατότητα του παρατηρητή, που βρίσκεται στη θέση αυτή, προς την

ουράνια σφαίρα και τα ουράνια σώματα (ήλιο, αστέρια) [Πανταζής Γ., 2002]. Η μορφή της οριογραμμής προκύπτει πραγματοποιώντας μετρήσεις οριζόντιων και ζενίθιων γωνιών, με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού. Στη συνέχεια τα ζεύγη των μετρούμενων γωνιών, μετατρέπονται σε αστρονομικά αζιμούθια και γωνίες ύψους.

Στην περίπτωση του ορίζοντα του Ηραίου οι μετρήσεις έγιναν από το σημείο Σ₁.



5. Διάγραμμα ανατολικού ορίζοντα του Ηραίου του Άργους.

Στην εικόνα 6 παρουσιάζεται και η φωτογραφική τεκμηρίωση του ορίζοντα.



6. Φωτογραφική τεκμηρίωση του αισθητού ορίζοντα

Η χρονολόγηση του Ηραίου, προκύπτει ακολουθώντας την εξής αρχή:

"η ημερομηνία (ημέρα-μήνας-έτος), για την οποία η πορεία του ήλιου περνά ή απέχει την ελάχιστη απόσταση από το σημείο τομής της οριογραμμής του αισθητού ορίζοντα και της γραμμής που υλοποιεί το αστρονομικό αζιμούθιο του βασικού άξονα, ορίζει τη χρονολόγηση του ναού". [ΠΑΝΤΑΖΗΣ Γ., 2002.]

Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται τα στοιχεία της πορείας του ήλιου (αζιμούθιο, γωνία ύψους) για κάθε χρονική στιγμή για διάφορα έτη, μήνες, ημέρες. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται με τη βοήθεια ψηφιακού εικονικού πλανητάριου (SkyMap Pro8) [Marriott C., 2006], στο οποίο εισάγονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες της θέσης του Ηραίου (φ, λ).

Έτσι είναι δυνατή η ένταξη κάθε πορείας στο διάγραμμα του ορίζοντα. Μετά από σχετική έρευνα διαπιστώθηκε ότι η πορεία του ήλιου που ικανοποιεί τη βασική αρχή της χρονολόγησης είναι αυτή της 25^{ης} Φεβρουαρίου 403 π.Χ.

Επίσης προσδιορίστηκε η αβεβαιότητα της χρονολόγησης, ως το πηλίκο της

αβεβαιότητας προσδιορισμού του προσανατολισμού του ναού (σπροσανατολισμού) και της ετήσιας μεταβολής της θέσης του ήλιου ($d_{\text{ήλιου}}$) ($\text{αβεβαιότητα} = \sigma_{\text{προσανατολισμού}} / d_{\text{ήλιου}}$). Στην περίπτωση του Ηραίου η αβεβαιότητα προσανατολισμού είναι ίση με $\pm 3.1'$ και η μεταβολή της πορείας του ήλιου για την 25^η Φεβρουαρίου ίση με $d_{\text{ήλιου}} = 8''$. Έτσι η αβεβαιότητα χρονολόγησης είναι ± 23 έτη.

Σχολιασμός

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιούνται γεωδαιτικές και αστρογεωδαιτικές μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμών και προσδιορίζεται ο αστρονομικός προσανατολισμός του Ηραίου του Άργους.

Το αστρονομικό αζιμούθιο του ναού του 5^{ου} π.Χ αιώνα υπολογίστηκε ίσο με $105^{\circ} 53'$ με αβεβαιότητα $\pm 3'$.

Επίσης προσδιορίστηκε ως ημερομηνία θεμελίωσης του ναού, η **25^η Φεβρουαρίου 403 π.Χ** με αβεβαιότητα ± 23 έτη.

Με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε είναι δυνατός ο προσδιορισμός του αστρονομικού προσανατολισμού οποιουδήποτε μνημείου και η εύρεση της ημερομηνίας θεμελίωσής του.

Για την εφαρμογή της απαιτείται:

- ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη γεωμετρική τεκμηρίωση, τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου και τον προσδιορισμό της οριογραμμής του αισθητού ορίζοντα
- δύο δέκτες του συστήματος GPS για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων της θέσης του μνημείου.

Η αβεβαιότητα του προσδιορισμού εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του μνημείου και από την αβεβαιότητα των γεωδαιτικών οργάνων που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις και μπορεί να φθάσει στην τάξη των $\pm 10''$ τόξου.

Η μεθοδολογία είναι ανεξάρτητη άλλων ιστορικών και αρχαιολογικών στοιχείων, με τα οποία γίνεται συνήθως η χρονολόγηση μνημείων [Pantazis G., Papathanassiou M.], [Lambrou E., Pantazis G., 2003].

Έτσι μπορούν να βοηθηθούν οι αρχαιολογικές έρευνες χρονολόγησης σε μνημεία που άλλες μέθοδοι είτε δεν είναι αποτελεσματικές, είτε έχουν μεγάλη αβεβαιότητα λόγω έλλειψης στοιχείων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γιαβής Ι., *Ο προσανατολισμός του αρχαίου ναού της Ήρας στο Άργος*. Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ. Αθήνα 2005.

Lambrou E., Pantazis G. *On the date of Early Christian Basilicas (Central Greece)*, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Special Issue , Vol. 6, No 3, pp 49 – 56, 2003.

Lambrou E., Pantazis G., *Accurate orientation of the gyroscope's calibration system*, πρακτικά συνεδρίου "FIG Working Week 2004 – The Olympic Spirit in Surveying", Αθήνα, Μάιος 2004.

Lambrou E., Pantazis G., *Astronomical azimuth determination by the hour angle of Polaris using ordinary total stations*. Survey Review, Vol. 40, No. 308, σελ. 164-172, Απρίλιος 2008.

Marriott C., Skymap Pro Version 10, 2006

Πανταζής Γ., *Διερεύνηση του προσανατολισμού μνημείων με γεωδαιτικές και αστρονομικές μεθόδους. Εφαρμογή στα Μετέωρα*. ΕΜΠ, Διδακτορική Διατριβή, ΣΑΤΜ, Αθήνα, 2002.

Παπαχατζής Ν., *Παυσανίου Ελλάδος Περιήγησις*, Κορινθιακά – Λακωνικά, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα 1976.

Pantazis G., Papathanassiou M., *On the date of the Katholikon of Daphni monastery. A new approach based on its orientation*. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Issue July 2005, Vol. 5, pp 63 – 72, 2005.

Penrose F. C., *On the Orientation of Certain Greek Temples and the dates of their Foundation Derived from Astronomical Considerations* Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, VOL. 190, pp 43-65, London 1897.

Stillwell R., Macdonald W., Mcallister H, *The Princeton Encyclopedia of Classical Sites*,

Στοιχεία συγγραφέα

Γεώργιος Πανταζής

Δρ Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών

Τομέας Τοπογραφίας

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, 15780

Τηλ: 210 7722696, Fax: 2107722728

email: gpanta@central.ntua.gr

ιστοσελίδα: <http://users.ntua.gr/gpanta/>