

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΘΟΛΟΥ

ΝΙΚΟΣ ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
(Εκπαιδευτικός ΠΕ19-Μεταπτυχιακός φοιτητής ΕΑΠ-
Μέλος Αστρονομικής Εταιρείας Πάτρας «Ωρίων»)
gianakop@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί μία εφαρμογή του «Συστήματος Αλγοριθμικού Ηλιακού Σκοπευτή» (Ο.Β.Ι. 2002) και πρόκειται ουσιαστικά για την κατασκευή ενός ρομποτικού “Suntracker”, ο οποίος έχει τη δυνατότητα με δεδομένα την ημερομηνία και το γεωγραφικό πλάτος να σχεδιάζει την Ηλιακή τροχιά πάνω στον ουράνιο θόλο.

Το σύστημα (το οποίο είναι πρωτότυπο και δεν κυκλοφορεί στο εμπόριο) περιλαμβάνει ειδικό λογισμικό και κατασκευή, η οποία είναι ένας ρομποτικός ουράνιος θόλος – πλανητάριο σε μορφή σφαίρας πάνω στην επιφάνεια του οποίου προσομοιώνεται η κίνηση του Ήλιου στον ουράνιο θόλο του παρατηρητή.

Η προσομοίωση της ηλιακής τροχιάς γίνεται με τη βοήθεια μίας ακτίνας Laser που εκπέμπεται από ένα Laser light το οποίο είναι τοποθετημένο στο κέντρο της σφαίρας πάνω σε ένα ρομποτικό βραχίονα, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται κατά το αζιμούθιο και κατά το ύψος του Ήλιου όπως ακριβώς ένα τηλεσκόπιο.

Ο ρομποτικός βραχίονας συνδέεται μέσω της παράλληλης θύρας με τον Η/Υ από όπου καθοδηγείται με την εκτέλεση ειδικού προγράμματος (software: algorithmic solar shot system). Το λογισμικό αυτό αξιοποιώντας τους αστρονομικούς κανόνες που διέπουν τη φαινομενική κίνηση του Ήλιου υπολογίζει κάθε φορά τη θέση του στον ουρανό, ανάλογα με την ημερομηνία, την ώρα και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου που δίνει ο χρήστης. Έτσι δίνεται η δυνατότητα στο σύστημα να σχεδιάζει την Ηλιακή τροχιά στην οθόνη του υπολογιστή και παράλληλα στο laser να την



ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΘΟΛΟΥ

ιχνηλατεί πάνω στην επιφάνεια του προσομοιωτή του ουράνιου θόλου.

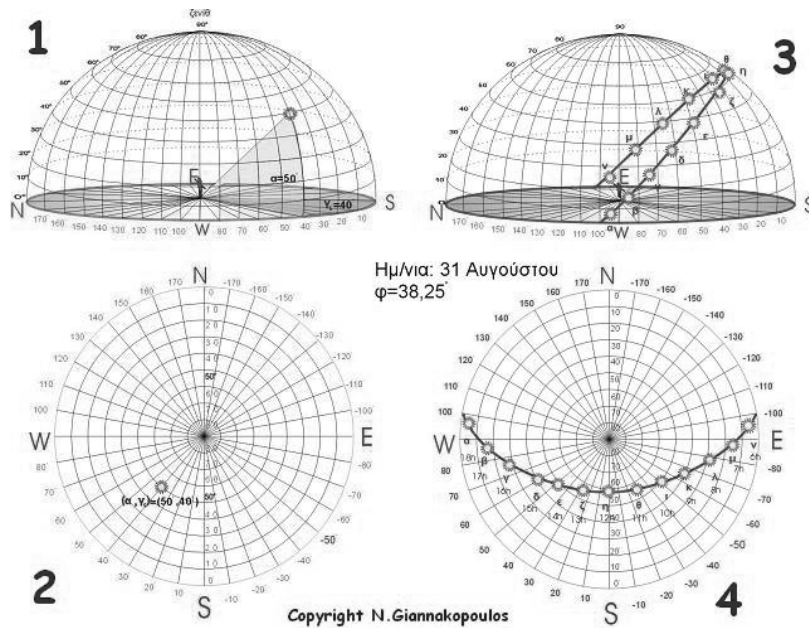
Επιπρόσθετα, τοποθετώντας όλο το σύστημα σε αίθουσα μορφής πλανητρίου με θολωτή οροφή μπορούμε επιπλέον να έχουμε μία εξαιρετική προσομοίωση και εποπτεία της Ηλιακής τροχιάς και κίνησης πάνω στην επιφάνεια της οροφής ικανή να την παρακολουθήσουν περισσότεροι θεατές.

Από πλευράς Αστρονομίας το σύστημα αποτελεί μία αντίστροφη λειτουργία ενός Ηλιακού ρολογιού. Ενώ ένα Ηλιακό ρολόι έχοντας σαν δεδομένο τη θέση του Ήλιου στον ουρανό μας δείχνει την ώρα, το παρόν σύστημα έχοντας σαν δεδομένο την ώρα, μας δείχνει τη θέση του Ήλιου στον ουρανό.

Λέξεις κλειδιά: Πολικός χάρτης, αλγόριθμος, Suntracker.

Θεωρητικό πλαίσιο

Η θέση του Ήλιου πάνω στον ουράνιο θόλο ενός παρατηρητή καθορίζεται από δύο γωνίες. Την αζιμούθια γωνία γ η οποία μετριέται πάνω στο επίπεδο του παρατηρητή και η μία της πλευρά είναι ο άξονας Βορρά νότου NS (εικόνα1).



ΗΛΙΑΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ - ΗΛΙΑΚΗ ΤΡΟΧΙΑ - ΠΟΛΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

Το ύψος α που είναι η γωνία που δείχνει το ύψος του Ήλιου από τον ορίζοντα (εικόνα 1) (Ζαφειρόπουλος 1989).

Αν προβάλουμε το σύστημα θόλου -Ήλιου πάνω στο επίπεδο του παρατηρητή (εικόνα 2), έχουμε την αντίστοιχη θέση του Ήλιου στον πολικό Χάρτη (Szokolay 1996, Στασινόπουλος 2001).

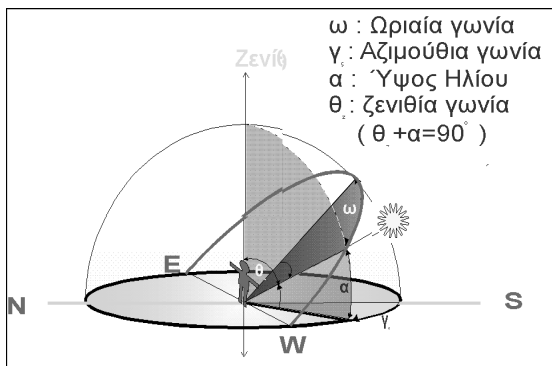
Αν φανταστούμε αρκετές διαδοχικές θέσεις του Ήλιου πάνω στον ουράνιο θόλο από την ανατολή μέχρι τη δύση του παίρνουμε την Ηλιακή τροχιά (εικόνα 3). Και αντίστοιχα αν προβάλουμε όλες αυτές τις διαδοχικές θέσεις πάνω στο επίπεδο του παρατηρητή παίρνουμε την τροχιά του Ήλιου στον πολικό χάρτη (εικόνα 4).

Αλγόριθμος

Ο αλγόριθμος με δεδομένα την ημερομηνία και το γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου υπολογίζει και σχεδιάζει την Ηλιακή τροχιά. Οι υπολογισμοί των Ηλιακών γωνιών γ και α καθώς και των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων γίνονται με τη βοήθεια τύπων της Μαθηματικής αστρονομίας.

Συγκεκριμένα μερικοί από τους σημαντικότερους για τον αλγόριθμο υπολογισμοί μεγεθών είναι οι παρακάτω :

Η απόκλιση του Ήλιου δ η οποία είναι η γωνιακή θέση του Ήλιου κατά την Ηλιακή Μεσημβρία σε σχέση με το ισημερινό επίπεδο (εικόνα 5).



Εικόνα 5 Ηλιακές γωνίες

Το μήκος N της ημέρας σε ώρες το οποίο χρησιμεύει για εύρεση του χρόνου Ανατολής και του χρόνου Δύσης του Ήλιου.

Ο αληθής Ηλιακός χρόνος Ανατολής Ήλιου (ΑΗΧΑ) και ο Αληθής Ηλιακός χρόνος Δύσης Ήλιου (ΑΗΧΔ). Αυτοί οι δύο χρόνοι μας βοηθούν για την σχεδίαση της

Ηλιακή τροχιάς για το πότε θα αρχίζει και πότε θα τελειώνει.

Η Ωριαία γωνία ω , η οποία λαμβάνεται αρνητική για τις προ-μεσημβρινές ώρες και θετική για τις μεταμεσημβρινές ώρες και αντιστοιχεί 15° ανά ώρα και δηλώνει τη γωνιακή μετατόπιση του Ηλίου Ανατολικά ή Δυτικά του Μεσημβρινού.

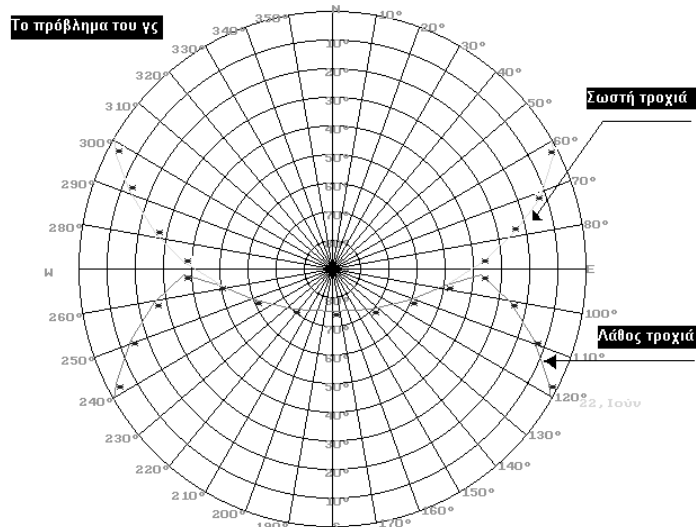
Το Ύψος α του Ηλίου το οποίο είναι ένα από τα τελικά μας ζητούμενα και είναι η γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο του τόπου και την νοητή ευθεία Ήλιος – τόπος (εικόνα 5).

Υπολογισμός της ζενιθίας γωνίας θ_z και το ύψος του Ηλίου α .

Υπολογίζουμε το συνημίτονο της ζενιθίας γωνίας από τον τύπο

$$\cos \theta_z = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta \quad \text{Για την ζενιθία γωνία ισχύει ότι } 0^\circ \leq \theta_z \leq 90^\circ$$

Αφού βρεθεί η θ_z βρίσκουμε το ύψος του Ηλίου α από τον τύπο $\alpha = 90^\circ - \theta_z$



Εικόνα 6 Το λάθος του υπολογιστή

Η αζιμούθια γωνία γ_s είναι το δεύτερο τελικό ζητούμενο και υπολογίζεται από τον

τύπο $\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta_z}$ (για την οποία ισχύει $0^\circ \leq \gamma_s \leq 360^\circ$). Εδώ όμως υπάρχει το πρόβλημα της εύρεσης της σωστής γ_s αφού είναι υποψήφιες δύο παραπληρωματικές γωνίες η (γ_s) και $(180^\circ - \gamma_s)$ οι οποίες έχουν το ίδιο ημίτονο.

Στην εικόνα 6 φαίνεται το πρόβλημα εύρεσης της σωστής γωνίας από τον υπολογιστή. Αυτό γιατί οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις των διαφόρων γλωσσών προγραμματισμού που αναγνωρίζουν γωνίες από κάποιο τριγωνομετρικό αριθμό (μιλάμε ουσιαστικά για την συνάρτηση τόξο εφαιπτομένης χ) έχουν σαν αποτέλεσμα την μικρότερη πάντα γωνία μεταξύ δύο παραπληρωματικών.

Το πρόβλημα λύνεται υπολογίζοντας ότι η αζιμούθια γωνία είναι:

$$\gamma_s = \begin{cases} \min(\gamma_S, 180^\circ - \gamma_S), & \cos \omega \geq \frac{\tan \varphi}{\tan \delta} \\ \max(\gamma_S, 180^\circ - \gamma_S), & \cos \omega \leq \frac{\tan \varphi}{\tan \delta} \end{cases}$$

Ο παραπάνω τύπος προκύπτει από αξιοποίηση των σχέσεων μεταξύ των Ηλιακών γωνιών του αζιμούθιου γ_s και της ωριαίας γωνίας ω και η απόδειξη του παραλείπεται λόγω μεγέθους της παρούσας εργασίας.

Περιγραφή μηχανικού μέρους:

Ο προσομοιωτής ουράνιου θόλου είναι μια τρισδιάστατη σφαιρική κατασκευή βάρους περίπου 2,5 kg και διαστάσεων 45cm x 45cm x 47cm (M x Π x Υ). Τα κυριότερα μέρη της κατασκευής δίνονται στον παρακάτω πίνακα και απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί αριθμημένα από 1 έως 16, ενώ ακολουθεί και λεπτομερέστερη περιγραφή :

- | | |
|--|---|
| 1. Θόλος. | 9. Μοτέρ Υ. |
| 2. Επίπεδη επιφάνεια παρατήρησης του οριζοντα. | 10. Κάλυμμα. Κάτω μέρος της σφαίρας. |
| 3. Βάση πλανηταρίου. | 11. Γρανάζι και άξονας περιστροφής του μοτέρ Χ. |
| 4. Ρομποτικός βραχίονας. | 12. Διακόπτης laser light. |
| 5. Βάση στήριξης του ρομποτικού βραχίονα. | 13. Βύσμα τροφοδοτικού. |
| 6. Laser light. | 14. Διακόπτες παροχής ρεύματος. |
| 7. Ηλεκτρονική πλακέτα του προσομοιωτή. | 15. Γρανάζι και άξονας περιστροφής του μοτέρ Υ. |
| 8. Μοτέρ Χ. | 16. Παράλληλη θύρα πλακέτας. |

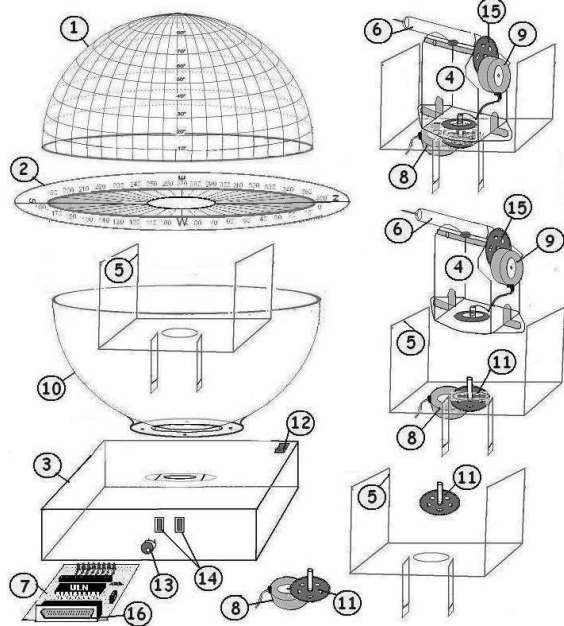
Λεπτομερέστερα:

1. Θόλος. Προσαρμόζε-ται πάνω στην επίπεδη επιφάνεια παρατήρησης του οριζοντα(2). Πάνω στο θόλο προσπίπτει και ανακλάται η ακτίνα laser του laser light(6) προσδιορίζοντας έτσι τη θέση του Ήλιου.
2. Επίπεδη επιφάνεια παρατήρησης του οριζοντα όπου μετράμε το αζιμούθιο. Στο πάνω μέρος της προσαρμόζεται ο Θόλος(1) και στο κάτω μέρος

της προσαρμόζεται η βάση(5) στήριξης του ρομποτικού βραχίονα. Στο κέντρο της επιφάνειας υπάρχει κυκλική οπή μέσα από την οποία εξέρχεται το επάνω μέρος του ρομποτικού βραχίονα(4) κατά τρόπο ώστε το laser light(6) να περιστρέφεται ελεύθερα οριζόντια και κάθετα και να εντοπίζει και θέσεις του Ηλίου όπου το ύψος είναι 0ο μηδέν. Τέτοιες θέσεις έχουμε κατά την ανατολή και δύση του Ήλιου.

3. Βάση πλανητάριου που περιέχει την πλακέτα(7) τους διακόπτες(12),(14) και την τροφοδοσία με ρεύμα(13).
4. Ρομποτικός βραχίονας (περιλαμβάνει το laser(6), τα μοτέρ(8),(9) τα γρανάζια και τους άξονες περιστροφής(11),(15). Η περιστροφή του κατά αζιμουθιακό και υψομετρικό κύκλο παραπέμπει κατασκευαστικά στο αστρονομικό όργανο θεοδολίχο που χρησιμοποιείται για υπολογισμό του ύψους και του αζιμούθιου (Ζαφειρόπουλος 1996).
5. Βάση στήριξης του ρομποτικού βραχίονα (εφαρμόζει πάνω στη βάση του πλανητάριου(3) και στην επίπεδη επιφάνεια παρατήρησης.
6. Laser light. Ανάβει από τον διακόπτη(12) και ιχνηλατεί την Ηλιακή τροχιά καθώς περιστρέφεται οριζόντια και κάθετα με τη βοήθεια του ρομποτικού βραχίονα(4).
7. Ηλεκτρονική πλακέτα του προσομοιωτή (κάρτα οδήγησης των μοτέρ). Συνδέεται με καλώδιο με την παράλληλη θύρα του Υπολογιστή διαμέσου της παράλληλης θύρας (16) . Περισσότερα για την πλακέτα και τον τρόπο οδήγησης των μοτέρ μπορεί να δει κανείς στο: (Ο.Β.Ι. 2002). Πρόκειται για την ευρεσιτεχνία με τίτλο «Σύστημα Αλγοριθμικού Ηλιακού Σκοπευτή» που προστατεύεται με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και έχει κατατεθεί στον Οργανισμό Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας.
8. Μοτέρ X (υπεύθυνο για στροφή του βραχίονα σύμφωνα με το αζιμούθιο). Συνδέεται με την Ηλεκτρονική πλακέτα(7).

"ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΘΟΛΟΥ"



9. Μοτέρ Υ (υπεύθυνο για στροφή του laser σύμφωνα με το ύψος του Ηλίου. Συνδέεται με την Ηλεκτρονική πλακέτα(7).
10. Κάτω μέρος της σφαίρας. Χρησιμεύει σαν κάλυμμα της βάσης(5) του ρομποτικού βραχίονα(4) .
11. Γρανάζι και άξονας περιστροφής του μοτέρ Χ. Τίθεται σε κίνηση από το μοτέρ Χ(8) και χρησιμεύει ώστε να κινεί τον ρομποτικό βραχίονα(4) σύμφωνα με το αζιμούθιο.
12. Διακόπτης για το laser light(6) .
13. Βύσμα εισόδου εξωτερικού τροφοδοτικού. Τροφοδοτεί την πλακέτα(7) και τα μοτέρ (8),(9) με ρεύμα.
14. Διακόπτες παροχής ρεύματος (ένας για τροφοδοτικό και άλλος για μπαταρία).
15. Γρανάζι και άξονας περιστροφής του μοτέρ Υ. Τίθεται σε κίνηση από το μοτέρ Υ (9) και χρησιμεύει ώστε να κινεί το Laser light(6) σύμφωνα με το ύψος του Ηλίου.
16. Παράλληλη θύρα ηλεκτρονικής πλακέτας του προσομοιωτή. Συνδέεται με καλώδιο με την παράλληλη θύρα του Η/Υ .

Συμπεράσματα εφαρμογές:

Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς σαν εποπτικό μέσο για τη σχεδίαση της ηλιακής τροχιάς. Μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία αστρονομικών μοντέλων προσομοίωσης και ειδικότερα στις συσκευές τύπου «Suntracker» (βλ. πηγές Ίντερνετ). Η εφαρμογή και δοκιμή του έγινε με επιτυχία από μαθητές του 3ου Γενικού Λυκείου Πάτρας οι οποίοι συμμετείχαν στο σχετικό μαθητικό project (Frey 2002) που είχε αντικείμενο την εν' λόγω κατασκευή.

Βιβλιογραφία:

- Ζαφειρόπουλος Β. (1986), «Πρακτική Αστρονομία», Πανεπιστήμιο Πατρών, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών βιβλίων, ΑΘΗΝΑ 1986.
- Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας Ο.Β.Ι. (2002), Ειδικό δελτίο βιομηχανικής ιδιοκτησίας τεύχος Α 'ερασιτεχνίες, Απρίλιος 2002, Αθήνα, ISBN 1105-0012.
- Στασινόπουλος Θ. (2001), «Ηλιακή Γεωμετρία», Σημειώσεις για το μεταπτυχιακό μάθημα 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός', Τμήμα αρχιτεκτόνων ΕΜΠ ΑΘΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2001.
- Duffett-Smith P.(1988) "Practical astronomy with your calculator" Cambridge University Press, ISBN-10: 0521356997, 3 edition (March 31, 1988).

- *Karl Frey (2002), Η «Μέθοδος Project». Μία μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη, Μετάφραση: Κλεονίκη Μάλλιου, Παιδαγωγική και Εκπαίδευση 14, Διεύθυνση Σειράς: Π.Δ. Ξωχέλλης- Ν.Π. Τερζής- Α.Γ. Καψάλης, Εκδοτικός οίκος Αδερφών Κυριακίδη Α.Ε, Θεσσαλονίκη, ISBN 960-343-441-8.*
- *Szokolay, S.V. (1996) "Solar Geometry. Passive and Low Energy Architecture", Department of Architecture, The University of Queensland, Australia.*

Πηγές Ίντερνετ

Suntracker: εμπορικά sites.

<http://sciencelabs.com/Suntracker.asp>

<http://3lyk-patras.ach.sch.gr/sast.htm>

Σελίδα του 3ου Γενικού Λυκείου Πάτρας με αναφορά στο «Σύστημα Αλγοριθμικού Ηλιακού Σκοπευτή».