

Ο ρυθμός μείωσης της Νότιας Πολικής Επικάλυψης του πλανήτη Άρη κατά την διάρκεια των περιηλιακών αντιθέσεων 2003 και 2005 και η σχέση αυτού με τα στοιχεία του παρελθόντος.

*Ιάκωβος Ν. Στέλλας
Σύλλογος Ερασιτεχνικής Αστρονομίας*

Περίληψη.

Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται ο ρυθμός μείωσης της Νότιας Πολικής Επικάλυψης (Ν.Π.Ε) κατά την διάρκεια των περιηλιακών αντιθέσεων 2003 (28/8/2003 - $L_s = 249\text{deg.}$) και 2005 (7/11/05 - $L_s = 320\text{deg}$) και επιχειρείται η σύγκριση των, με τα ιστορικά αποτελέσματα των Earl C. Slipher και Ευγένιου Μ. Αντωνιάδη όπως και με αυτά της British Astronomical Association (B.A.A) για τα έτη 1986 / 1988 / 1990.

Συγκεντρώθηκαν 52 (2003) και 51 (2005) ψηφιακές εικόνες (Web cam imaging) οι οποίες έγιναν από 7 διαφορετικούς παρατηρητές (οι 6 μέλη του Σ.Ε.Α) οι οποίες κάλυψαν περίπου τα 2/3 των εποχών Άνοιξη – Θέρος του Ν. ημισφαιρίου και στις δύο περιπτώσεις.

Καταρτίστηκαν γραφήματα παράλληλα με αυτά του παρελθόντος. Η μελέτη τους έδειξε ότι η συμπεριφορά του ρυθμού μείωσης για τις αντιθέσεις 2003 και 2005 ήταν ουσιαστικά η αυτή. Η καμπύλη μείωσης των 2003 και 2005 έδειξε μεγαλύτερη συμφωνία με αυτήν του 1988. Μέχρι περίπου την θέση $L_s = 260\text{deg.}$ για το 2003 και 2005, η συμφωνία ήταν μεγαλύτερη με την καμπύλη του E. C. Slipher στην συνέχεια με αυτήν του Ε. Αντωνιάδη. Επίσης, οι καμπύλες (2003 και 2005) συμφωνούν με την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών του E.C. Slipher του 1924 μέχρι $L_s = 268\text{deg.}$ ενώ στην συνέχεια ακολουθούν την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών του 1988 της (B.A.A). Δηλαδή, η Ν.Π.Ε από αυτό το σημείο ($L_s = 263\text{deg.}$) και στην συνέχεια εμφανίζεται κάπως μεγαλύτερη από το εποχιακό μέσο βάσει των ιστορικών δεδομένων.

Εισαγωγή.

Οι Πολικές Επικαλύψεις (Π.Ε) του πλανήτη Άρη είναι γενικά από τους πρώτους σχηματισμούς που αντιλαμβάνεται κάποιος όταν ο πλανήτης Άρης γίνεται ορατός μέσα από το τηλεσκόπιο. Στην μέγιστη ανάπτυξή τους τον χειμώνα, οι Π.Ε εκτείνονται αρκετά, με την Νότια (Ν.Π.Ε) σαφώς μεγαλύτερη.

Μετά τον μακρύτερο και πιο ψυχρό χειμώνα στον Νότιο Πόλο του Άρη, η Π.Ε εκεί φτάνει τις 70deg. σε έκταση ενώ ο μικρότερος σε διάρκεια και πιο θερμός χειμώνας στο Βόρειο ημισφαίριο δημιουργεί μία επικάλυψη μόλις μεγαλύτερη από 53deg. Αυτή η διαφορά εξηγείται άμεσα καθώς η Ν.Π.Ε δημιουργείται κατά την διάρκεια του 382 ημερών Φθινοπώρου – Χειμώνα του Νοτίου ημισφαιρίου όταν ο πλανήτης βρίσκεται στο Αφήλιο ενώ η Βόρεια Πολική Επικάλυψη επικάθεται κατά την διάρκεια μόλις 305 ημερών Φθινοπώρου Χειμώνα του Βορείου ημισφαιρίου και μάλιστα όταν ο πλανήτης βρίσκεται στο Περιήλιο.

Είναι εύχρηστο να προσδιορίζουμε την θέση του Άρη στην τροχιά του αναφερόμενοι στην Αρεοκεντρική θέση του Ηλίου κατά μήκος της εκλειπτικής του Άρη ή “Ls.”

Αυτός ο όρος επισημαίνει το “Αρεοκεντρικό μήκος του Ηλίου” “Longitude of the Sun” και μπορεί να εξηγηθεί ως εξής: Σύμφωνα με έναν παρατηρητή στον πλανήτη, ο Ήλιος θα διαγράφει μία πορεία 360deg. στον ουρανό επάνω στο υπόβαθρο των άστρων κατά την διάρκεια ενός έτους του πλανήτη. Αυτή είναι η εκλειπτική του Άρη.

Το σημείο στο οποίο ο Ήλιος περνάει τον Ουράνιο Ισημερινό του Άρη επάνω στην πορεία του προς τα Βόρεια είναι το σημείο της Εαρινής ισημερίας (του Βορείου ημισφαιρίου), το οποίο αυθαίρετα ορίζουμε ως 0deg. μήκους της εκλειπτικής ή 0deg. Ls. Έτσι, το Θερινό Ηλιοστάσιο θα είναι σε Ls = 90deg. η Φθινοπωρινή Ισημερία σε Ls = 180deg. και το Χειμερινό Ηλιοστάσιο σε Ls = 270deg. Βέβαια, όπως και στην Γη, οι εποχές είναι αντίστροφες ανά ημισφαίριο. Στην συνέχεια λοιπόν θα χρησιμοποιούμε τον όρο Ls ως όρο προσδιορισμού του εποχιακού σημείου του πλανήτη.

Τα σύντομα και θερμά καλοκαίρια στο Νότιο ημισφαίριο πάντοτε λειώνουν την Π.Ε και αφήνουν ένα μικρότερο κομμάτι μερικές φορές λειώνοντάς το τελείως.

Ο Slipher δεν βρήκε καμία απόδειξη ότι η μείωση της Ν.Π.Ε από την μία αντίθεση στην άλλη διέφερε αξιοσημείωτα από ανάλυση ενός περιορισμένου αριθμού αντιθέσεων ανάμεσα στο 1798 και 1924. Ο Αντωνιάδης βρήκε διαφορές ανάμεσα σε διαδοχικές αντιθέσεις οι οποίες θεώρησε ότι σχετίζονταν με τον Ηλιακό κύκλο. Η Oriental Astronomy Association (OAA) και ο De Vaucoulers έχουν επίσης αναρωτηθεί όσον αφορά την μεταβλητότητα. Αποδείξεις για μικρές αλλαγές στους εποχιακούς κύκλους έρχονται ακόμη και από τα Viking. Όπως αναφέρει ο James στο Icarus για το 1971 και 1977 φαίνονται μικρές αλλαγές στα όρια της Ν.Π.Ε.

Ημερομηνία Αντίθεσης	Απόκλιση	Μέγεθος δίσκου (arc sec)	Ls (deg)	Tilt / De (deg)
24/9/1909	-04d. 13m	23.8	275	-21.43
25/11/1911	+21d. 43m	18.0	336	-09.91
23/8/1924	-17d. 40m	25.1	245	-18.60

4/11/1926	+14d. 26m	20.2	317	-16.20
23/7/1939	-26d. 24m	24.1	217	-10.10
10/10/1941	+03d. 29m	22.7	292	-21.49
5/12/1943	+24d. 24m	17.3	348	-05.95
10/9/1956	-10d. 07m	24.8	262	-20.68
10/11/1958	+19d. 08m	19.1	329	-12.74
10/8/1971	-22d. 15m	24.8	235	-14.89
25/10/1973	+10d. 17m	21.2	307	-18.67
10/7/1986	-27d. 44m	23.0	202	-05.92
28/9/1988	-02d. 06m	23.8	280	-21.48
27/11/1990	+22d. 28m	18.0	340	-08.89
13/6/2001	-26d. 30m	20.5	176	+02.86
28/6/2003	-15d. 48m	25.1	250	-18.79
7/11/2005	+15d. 53m	19.8	320	-15.56

Πίνακας 1: Οι κυριότερες περιηλιακές αντιθέσεις από το 1909 έως και το 2005 οι οποίες σχετίζονται εποχιακά με αυτές που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ανάλυση. Οι αντιθέσεις οι οποίες ομαδοποιούνται με το ίδιο χρώμα θεωρείται ότι είναι περισσότερο “συγγενείς” εποχιακά μεταξύ τους και αυτό αφορά την εποχιακή διαδρομή κάθε αντίθεσης.

Ο πλανήτης Άρης το 2003 μας προσέφερε την κατ’ εξοχήν περιηλιακή αντίθεση του καθώς συνέπεσε σχεδόν ακριβώς με το περιήλιό του και μάλιστα μόλις ο πλανήτης εποχιακά είχε εισέλθει στο τελευταίο τέταρτο της Άνοιξης του Νοτίου ημισφαιρίου.

(28 /08 /2003 - $L_s = 250^{\circ}$ deg).

Από τον ανωτέρω Πίνακα 1, βλέπουμε ότι η αντίθεση του 2003 συμβαίνει εποχιακά σε

$L_s = 250^{\circ}$ deg. Άρα, οι αντιθέσεις οι οποίες συμβαίνουν κοντά εποχιακά με αυτήν είναι: 1924, 1956, 1971.

Η αντίθεση ήταν η πλησιέστερη προς την Γη για 60.000 χρόνια αλλά ο Άρης ήταν πολύ χαμηλά στον ουρανό.

Αφ’ ενός, το μεγάλο μέγεθος του δίσκου και η ευνοϊκή κλίση του άξονα περιστροφής του πλανήτη προς την Γη (*Tilt), αφ’ ετέρου η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας για πρώτη φορά σε τέτοια έκταση από τους ερασιτέχνες αστρονόμους μας παρείχαν αυτά τα εξαιρετικά αποτελέσματα.

Ο πλανήτης κατά την διάρκεια της αντίθεσης του 2003, είχε απόκλιση η οποία κυμαινόταν από -19° deg. 12m. με φαινόμενο μέγεθος δίσκου 10.2arc sec. (11/05/03) όπου για μεγάλο χρονικό διάστημα ήταν τοποθετημένος αρκετά Νότια καταλήγοντας στις 7/12/2003 με απόκλιση -2° deg. 46m και φαινόμενο μέγεθος 10.4arc sec. πράγμα το οποίο δυσχέραινε τις παρατηρήσεις καθ’ ότι το είδωλο πάντοτε επηρεαζόταν από τις περιδινήσεις της ατμόσφαιρας.

Ως τόσο, το μέγεθος του δίσκου υπήρξε το μέγιστο δυνατό την στιγμή της μέγιστης προσέγγισης με την Γη μία ημέρα πριν από την αντίθεση του προς τον Ήλιο

(27/08/03 - 25.1 arc sec.).

Όπως είναι γνωστό γενικά, ο πλανήτης είναι παρατηρήσιμος από σχετικά μικρά τηλεσκόπια (6" έως 8") από ένα ελάχιστο φαινόμενο μέγεθος της τάξεως των 10 arc sec.

2003/2004	Απόκλιση	Tilt*	Φαινόμενη Διάμετρος δίσκου	Ls	Εποχιακό σημείο N. ημισφαίριο
6 Μαΐου 03	-20deg.	-17	10arc sec.	180deg.	Εαρινή Ισημερία
30 Σεπ. 03	-15deg.	-20	20arc sec.	270deg.	Θερινό Ηλιοστάσιο
6 Μαρτίου /04	+18.73deg	-15	5.5arc sec.	360deg.	Φθινοπωρινή Ισημερία

Πίνακας 2: Τα κομβικά σημεία της αντίθεσης του 2003. Ο Πίνακας 1 δίνει μία συνοπτική εικόνα των κυριότερων φυσικών στοιχείων του πλανήτη κατά την διάρκεια της αντίθεσης του 2003.

Η ίδια κλίση, αλλού (A.L.P.O) αναφέρεται ως : “De”. Αυτό αποτελεί το μέτρο της κλίσης του Άρη, προς ή μακριά από την Γη όπως φαίνεται από τον πλανήτη. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι σε μία συγκεκριμένη ημερομηνία ο Άρης έχει De = -20. Ένας παρατηρητής ο οποίος θα βρισκόταν στην περιοχή Solis Lacus 20deg. Νότια του Ισημερινού, εάν κοίταγε ψηλά θα έβλεπε την Γη στο ζενίθ.

Την μεγαλύτερη και αναμφισβήτητα πιο εντυπωσιακή παράσταση έδωσε η σταδιακή εξάχνωση της Ν.Π.Ε. Ήταν η πρώτη φορά στην ιστορία της ερασιτεχνικής αστρονομίας που η μείωσή της και τα διάφορα επώνυμα και μη εναπομείναντα μέρη και ρήγματα μελετήθηκαν σε τέτοιο βαθμό ακριβείας και ανάλυσης από ψηφιακές εικόνες.

Χαρακτηριστικός ήταν ο αποχωρισμός του σχηματισμού Novus Mons, (Mountains of Mitchell) με συντεταγμένες (330deg., -75deg.) από το κυρίως σώμα των πάγων σε ακριβώς το ίδιο εποχιακό σημείο με αυτό της αντίθεσης του 1988 (Ls = 239deg.).

Το 2005 είχαμε την επόμενη περιηλιακή αντίθεση (07 /11 / 2005 – Ls = 320deg.).

Η αλήθεια είναι ότι το σημείο της αντίθεσης βρέθηκε μακριά από το περιήλιο (70deg.) αλλά και πάλι θεωρήθηκε Περιηλιακή και μάλιστα μία από τις ευνοϊκότερες του 21ου αιώνα για δύο λόγους: Ο Άρης ήταν κοντά στην Γη, και ταυτόχρονα βρέθηκε αρκετά επάνω από τον ουράνιο Ισημερινό.

* (Tilt) Η κλίση του Βορείου Πόλου του Πλανήτη προς (+) ή μακριά (-) από την Γη.

2005/2006	Απόκλιση	Tilt	Φαινόμενη Διάμετρος δίσκου	Ls	Εποχιακό σημείο N. ημισφαίριο
22 Μαρτίου 05	-21deg. 00m	-15	05.60arc sec.	180deg.	Εαρινή Ισημερία
16 Αυγούστου 05	+12deg.	-15	12.53arc sec.	270deg.	Θερινό Ηλιοστάσιο
18 Ιανουαρίου 06	+ 17deg. 55m	-17.7	10.50arc sec.	360deg.	Φθινοπωρινή Ισημερία

Πίνακας 3: Τα κυριότερα κομβικά σημεία της αντίθεσης του 2005.

Βρεθήκαμε σε πολύ καλή θέση όσον αφορά την παρατήρηση της μείωσης της Ν.Π.Ε κατά την διάρκεια του 2005 αν και λίγοι παρατηρητές (παγκόσμια) έπιασαν τον πλανήτη στο ξεκίνημα της Άνοιξης. (Ls = 180deg. στις 22 /3 /05 με φαινόμενο μέγεθος 5.59arc sec.!) Σε όρους εποχιακής ημερομηνίας την στιγμή της αντίθεσης βρεθήκαμε αργότερα (2005 – Ls = 320deg) από ότι το 2003 (Ls = 250deg.).

Οι πιο όμοιες αντιθέσεις του παρελθόντος από κάθε κύκλο 15 ή 17 ετών από το τέλος του 19ου αιώνα και εντεύθεν, είναι: 1894, 1911, 1926 (οι εγγύτερες από άποψη εποχιακής ημερομηνίας), 1941, 1943, 1958, 1973 και 1990. (Για τις τελευταίες τρεις από αυτές το Ls την στιγμή της αντίθεσης ήταν 329deg., 307deg. και 340deg. αντίστοιχα.)

Η μεγαλύτερη προσέγγιση του πλανήτη προς την Γη συνέβη στις 04h 21m U.T στις 30 Οκτωβρίου του 2005 όπου ο δίσκος έφτασε σε φαινόμενη διάμετρο τα 20.18arc sec. Από τις 20 Οκτωβρίου μέχρι τις 30 Οκτωβρίου ο πλανήτης ξεπέρασε τα 20arc sec. σε διάμετρο δίσκου. Από τις 10 Αυγούστου του 2005 έως τις 2 Ιανουαρίου του 2006 ο Άρης παρουσίασε ένα φαινόμενο μέγεθος μεγαλύτερο από 12arc sec. και αρκετά κοντά στην Γη για ενδελεχή παρατήρηση.

Μεθοδολογία

Α. Μεθοδολογία Παρατήρησης.

Οι μετρήσεις του εύρους της Νότιας Πολικής Επικάλυψης έγιναν σε ψηφιακές εικόνες οι οποίες είχαν την ίδια μεθοδολογία λήψης. Όλοι οι παρατηρητές χρησιμοποίησαν κατοπτρικά τηλεσκόπια είτε Νευτώνειου τύπου είτε καταδιοπτρικά (SCT) με μόνον μία καταγραφή να έχει γίνει με διοπτρικό τηλεσκόπιο. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 91% των παρατηρήσεων, έγινε από δύο διαφορετικούς παρατηρητές (Δημήτρης Κολοβός, Πέτρος Γεωργόπουλος) και μάλιστα με πανομοιότυπο εξοπλισμό (11" S.C.T και ToU Cam Pro&IR block filter). Σημαντικό είναι επίσης, ότι ένας παρατηρητής (Δημήτρης Κολοβός) ευθύνεται για το 81% του όλου δείγματος. Ο τρόπος λήψης των εικόνων ήταν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό ομοιογενής με αποτέλεσμα ένα κατά κύριο λόγο ομοιογενές στατιστικό δείγμα.

Συγκεντρώθηκαν εν συνόλω 103 ψηφιακές εικόνες του πλανήτη Άρη οι οποίες κάλυψαν τις δύο περιηλιακές αντιθέσεις 2003 και 2005. Ο Πίνακας 1, δίνει μία συνοπτική εικόνα.

Παρατηρητής	Εξοπλισμός	2003 Αριθμός	2005 εικόνων	2003 Ημέρες	2005 Παρατήρησης
Γεωργόπουλος Πέτρος	11» S.C.T &ToU Cam	10	--	10	--
Εμανουηλίδης Κωνσταντίνος	6» Eq. Refl. &ToU Cam	2	--	2	--
Καρδάσης Μάνος/ Γεωργόπουλος Πέτρος	8» S.C.T & ToU Cam	1	--	1	--
Κολοβός Δημήτρης	11» S.C.T &ToU Cam	38	44	19	22
Μπελιάς Ιωάννης	6» Eq. Refl. &Unibrain Fire – i cam	1	--	1	--
Στρίκης Ιάκωβος	6» Eq. Refr.	--	1	--	1
Χασιώτης Ηλίας	5» Mak & Atik 1-c	--	6	--	4
Σύνολο		52	51	33	27

Πίνακας 2: Φαίνονται οι παρατηρητές οι οποίοι προσκόμισαν παρατηρήσεις του πλανήτη Άρη για τις περιόδους των αντιθέσεων 2003 και 2005. Αναφέρεται ο εξοπλισμός τους, η τεχνική και ο αριθμός των εικόνων όπως και οι ημέρες παρατήρησης ανά παρατηρητή και τα γενικά σύνολα.

Μεθοδολογία μετρήσεων.

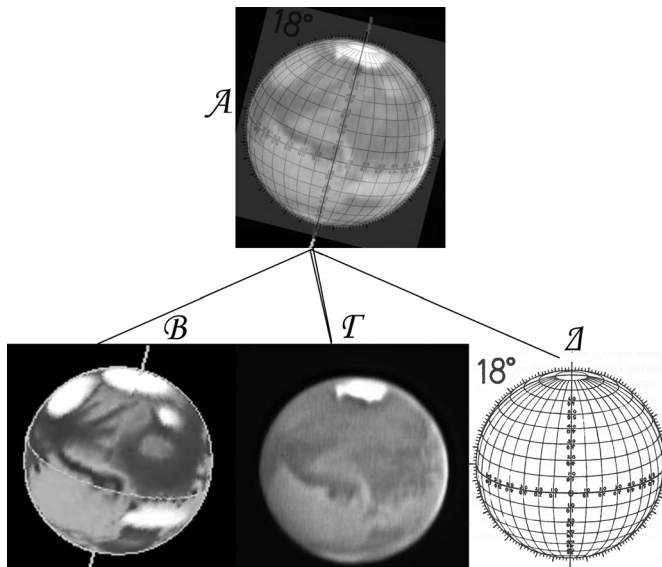
Εδώ, πρακτικά αναφερόμαστε σε μία διαδικασία η οποία προσιδιάζει στην μικρο-μετρική παρατήρηση των πολικών περιοχών του Άρη.

Η μέτρηση της Νότιας Πολικής Επικάλυψης (Ν.Π.Ε) του Άρη, εγκυμονεί διάφορες δυσκολίες και σίγουρα είναι πολύ πιο δύσκολη και απαιτητική διαδικασία από αυτήν της Βόρειας Πολικής Επικάλυψης (Β.Π.Ε). Το τελευταίο «απομεινάρι» της Ν.Π.Ε δεν εντοπίζεται στον Νότιο Αρεογραφικό Πόλο αλλά τοποθετείται κάπου 6.5deg. μακριά σε Αρεογραφικό Πλάτος (Areographic Latitude) $lat = 83.5deg$ S. και Αρεογραφικό μήκος $CML = 30deg$ W. Ο ενδεδειγμένος τρόπος είναι η μέτρηση του εύρους της Ν.Π.Ε από Ανατολικά προς τα Δυτικά. Βέβαια αυτό προϋποθέτει την όσο το δυνατόν ακριβή εκτίμηση της θέσης του άξονα περιστροφής του πλανήτη επάνω στην εξεταζόμενη εικόνα. Στον συγκεκριμένο τρόπο παρατήρησης (Web cam imaging) αυτό θα ήταν εφικτό μόνον εάν το πεδίο της κάμερας μπορούσε να προσανατολιστεί με το τηλεσκόπιο για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Θα ήταν αρκετό ο άξονας του πεδίου της κάμερας να είναι ευθυγραμμισμένος με τον άξονα Βοράς - Νότος της Γης.

Στην συγκεκριμένη σειρά εικόνων δεν υπήρχε εκ των προτέρων σημειωμένη η διεύθυνση (P-F) εκτός από κάποιες εικόνες της αντίθεσης του 2005 (Δημήτρης Κολοβός) μετά από συνεννόηση με τον συγγραφέα.

Υπήρξε μεγάλος προβληματισμός σε σχέση με το πώς θα μπορούσε να γίνει εφικτή μία εκτίμηση της θέσης του άξονα περιστροφής στις εικόνες, τέτοιας προσέγγισης όμως ώστε να είναι εφικτή η εξαγωγή αποτελεσμάτων με μία αποδεκτή διάχυση. Ο συγγραφέας επέλεξε το πρόγραμμα “Mars previewer”. Οι εικόνες αυτές παρέχουν την ακριβή θέση του άξονα του πλανήτη όπως και την τοποθέτηση, τα ακριβή όρια και την ποσόστωση της φάσης του Άρη.

Μία προσπάθεια ταυτοποίησης της πραγματικής εικόνας σαν δεύτερο επίπεδο (layer) μέσα στο πρόγραμμα Photoshop CS2 V 9.0 και στην συνέχεια περιστροφής της έως ότου βρεθεί στην σωστή θέση, θα μπορούσε να δώσει την επιθυμητή προσέγγιση.



Εικόνα 13: Φαίνονται (Α) η ψηφιακή εικόνα προσανατολισμένη σε σχέση με τον πραγματικό άξονα περιστροφής του πλανήτη και τα τρία διαφορετικά επίπεδα (layers) σε σχετική μεταξύ τους διαφάνεια ώστε να μπορούν να γίνουν αντιληπτά. (Β) Η εικόνα από το Mars previewer η οποία αντιστοιχεί στον χρόνο παρατήρησης της εικόνας: (Γ) και (Δ) το δικτύωμα (overlay graticule) το οποίο αντιστοιχεί στην τιμή του [Tilt (BAA) ή De (ALPO)].

Αποφασίστηκε η περαιτέρω χρήση και ενός τρίτου επιπέδου εικόνας. Μεγάλη βοήθεια υπήρξε η χρήση δικτυωμάτων (overlay graticules) τα οποία παρέχουν ακρίβεια ανάγνωσης σε Αερογραφικό Πλάτος της τάξεως των 1deg, αντίστοιχα παρέχουν ακρίβεια ανάγνωσης σε Αερογραφικό μήκος της τάξεως των 5deg. Επιπλέον, τα δικτυώματα κάλυπταν την διαφορετική κλίση του άξονα του Άρη προς την Γη, αναπαριστώντας με εξαιρετική ακρίβεια μάλιστα τον βαθμό της κλίσης του Νοτίου ημισφαιρίου προς την Γη και κατ' επέκταση προς τον Ήλιο. Παρέχονται για κάθε 2deg. κλίσης του άξονα από 0deg. έως και 26deg. και χρησιμοποιείται το εγγύτερο

σε σχέση με την τιμή αυτής της ποσότητας.

Στην εικόνα 13 του παραδείγματος, η τιμή του Tilt ήταν -19deg. , με το αρνητικό πρόσημο να δηλώνει την κλίση του Νοτίου ημισφαιρίου προς την Γη. Εδώ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το δικτύωμα το οποίο δηλώνει κλίση -18deg. ή -20deg. Βέβαια, πρώτα, θα έπρεπε όλες οι εικόνες να έχουν την ίδια κλίμακα μεγέθους και να έχουν ένα όνομα αρχείου το οποίο να επιτρέπει την περαιτέρω επεξεργασία και μέτρηση. Καταρτίστηκαν κατάλογοι απαραίτητοι για την οργάνωση των βημάτων υπολογισμού του εύρους της Ν.Π.Ε.

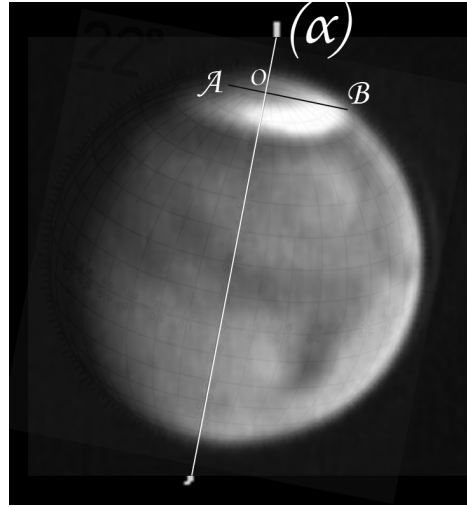
Η τελική εύρεση του άξονα περιστροφής του πλανήτη όπως καταλαβαίνουμε απαιτούσε αμοιβαίες περιστροφές των επιπέδων αυτών της τελικής εικόνας. Έχοντας τις εικόνες:

- α) Εικόνα του πλανήτη Άρη από το πρόγραμμα mars previewer ως βάση.
- β) Εικόνα παρατήρησης.
- γ) Εικόνα δικτυώματος.

Διατηρούμε σταθερή την α, ενώ μεταφέρουμε ή και περιστρέφουμε γύρω από το κέντρο τους τις β και γ, με γνώμονα την ταύτιση αφ' ενός με τα όρια της εικόνας του mars previewer, αφ' ετέρου με την ταυτοποίηση του δικτυώματος με τις συντεταγμένες κάποιου πιθανά γνωστού σχηματισμού της β, όσο το δυνατόν σε απόσταση από τον Κεντρικό Μεσημβρινό (Κ.Μ). Επίσης, άλλος ή και κάποιες φορές παράλληλος και συμπληρωματικός τρόπος εκτίμησης του άξονα περιστροφής υπήρξε η ταύτιση της β με την φάση η οποία διαγραφόταν καθαρά σε έκταση και προσανατολισμό (γωνία) στην α. Όλες οι προηγούμενες κινήσεις γίνονται με ταυτόχρονη ρύθμιση της διαφάνειας (transparency) των διαφόρων επιπέδων (layers) της εικόνας

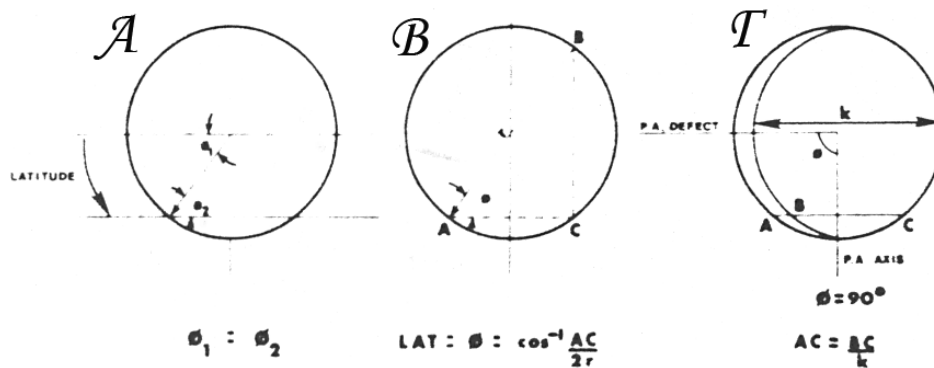
Μέσα από αυτήν την διαδικασία, υπήρξε ικανοποιητική εκτίμηση του άξονα περιστροφής. Η καθ' αυτό μέτρηση της έκτασης της Ν.Π.Ε έγινε επάνω στις σύμφωνα με τα προηγούμενα διαμορφωμένες εικόνες με το [measure tool] στο Photoshop CS2.

Η δυσκολία της επιλογής του σημείου έναρξης της μέτρησης ήταν μεταβαλλόμενη ανάλογα με την ποιότητα της εικόνας και φυσικά το αρχικό μέγεθος του δίσκου. Όπου υπήρχε μεγάλη αμφιβολία για το ακριβές σημείο έναρξης της μέτρησης γινόταν μέσος όρος εκτιμήσεων. Σύμφωνα με τις οδηγίες του R.Mc. Kim, εξαιρούνται της μέτρησης, εμφανώς αποκομμένα τμήματα από την Ν.Π.Ε.



Εικόνα 14: Φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο γίνονται οι μετρήσεις επάνω στις εικόνες. Το ευθύγραμμο τμήμα AB, δηλώνει το εύρος της Ν.Π.Ε σε mm και μετράται κάθετα από το σημείο έναρξης. Δηλ. η γωνία $(\alpha) \angle OAB = 90^\circ$. Ουσιαστικά, μετράμε κατά την διεύθυνση Ανατολικά – Δυτικά, όταν μετράμε κάθετα στον υπό εκτίμηση άξονα περιστροφής.

Η φόρμουλα υπολογισμού της έκτασης της Πολικής Επικάλυψης.



Εικόνα 15: Η φόρμουλα η οποία χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του Αρεογραφικού Πλάτους της Πολικής Επικάλυψης του Άρη για διαφορετικές σχέσεις ανάμεσα στον άξονα περιστροφής και την γωνία θέσης της αλλοίωσης της φάσης (Position Angle of Phase defect). Το "k" είναι το ποσοστό του δίσκου το οποίο είναι φωτισμένο.

Αγνοώντας την ελάχιστη απόκλιση του δίσκου του Άρη από την σφαίρα (1/192) το Αρεοκεντρικό Πλάτος (B) του χείλους της Επικάλυψης μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση: $B = \cos^{-1} AC/PD$ (1). Η σχέση (1) όμως είναι σωστή μόνον όταν ο Άρης βρίσκεται κοντά στη αντίθεση όταν δεν υπάρχει αξιοσημείωτη φάση. Για να διορθώσουμε ανάλογα με την φάση, απλά διαιρούμε το παρατηρούμενο εύρος της Π.Ε (BC) με το k (βλέπε Εικόνα 15). $AC = BC/k$ (2). Η φόρμουλα (2) έχει ισχύ μόνον όταν η γωνία θέσης του άξονα του πλανήτη Άρη (Position angle of Mars's axis – paa) είναι ακριβώς κάθετη προς την γωνία θέσης της αλλοίωσης της φάσης (90deg.) (Position angle of phase defect – pad). Αυτή η συνθήκη η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 15 Γ, επίσης εμφανίζεται όταν η γωνία πρόσπτωσης του Ηλίου στον φαινόμενο Ισημερινό του Άρη (Angle of Incidence of the Sun to the apparent Martian equator) , είναι 0deg.

Η γωνία θέσης του άξονα περιστροφής του Άρη (paa) είναι 20deg. μετρημένη από τον ουράνιο Βορά (celestial North) προς την Γήινη Ανατολή (terrestrial East). Η γωνία θέσης της αλλοίωσης φάσης (pad) είναι 290deg. Η γωνία πρόσπτωσης (angle of incidence) του Ηλιακού φωτός προς τον φαινόμενο Ισημερινό του Άρη, is, μπορεί τότε να υπολογιστεί από την εξίσωση (3) $is = 270deg. - (290deg. - 20deg.)$. $is = 0deg.$ και η φαινόμενη έκταση της Πολικής επικάλυψης μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (2) όταν το **is** είναι θετικό, μικρότερο μέρος της Π.Ε θα σκιάζεται. Εάν είναι αρνητικό, μεγαλύτερο μέρος της επικάλυψης θα σκιάζεται από την αλλοίωση φάσης η οποία θα υπολογιζόταν από την εξίσωση (2). Οι γωνίες θέσης (Position angles) “paa” και “pad” μπορούν να βρεθούν από το Astronomical Almanac.

Μία άλλη πηγή σφαλμάτων στον υπολογισμό του Πλάτους του χείλους των Π.Ε προκύπτει από το γεγονός του ότι καθώς ο εκάστοτε πόλος θα παίρνει μία όλο και μεγαλύτερη κλίση προς την Γη η επικάλυψή του θα σκιάζεται όλο και λιγότερο και πάλι καθιστώντας την εξίσωση (2) λιγότερο ακριβή.

Αυτές οι διαφοροποιήσεις της γωνίας φάσης είναι ελάσσονος σημασίας και γενικά κάποιος θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την εξίσωση (2) και να πάρει ένα αρκετά ακριβές αποτέλεσμα για το Πλάτος της Π.Ε.

Η φάση του Άρη (k) είναι ο λόγος του φωτισμένου μέρους της Ισημερινής διαμέτρου προς την Ισημερινή διάμετρο. Αν και η τιμή του μπορεί να βρεθεί στο Astronomical Almanac ο υπολογισμός αυτής της μεταβλητής φαίνεται εδώ καθώς έτσι αποσαφηνίζονται οι εξισώσεις του Jeffrey Beish. $k = (1 + \cos i) / 2$ (5)

Όπου **i** είναι η γωνία της φάσης, ή «phase angle» η οποία παρέχεται στο Astronomical Almanac. Αυτή είναι η γωνία Ηλίου – Άρη - Γης όπως προκύπτει από την ακόλουθη εξίσωση: $i = \arccos \{ (r^2 + d^2 - R^2) / 2dr \}$ (6) Όπου: r είναι η απόσταση των κέντρων (radius vector) του Άρη και του Ηλίου. d είναι η απόσταση του Άρη από την Γη (πάντοτε σχεδόν εκφρασμένη σε αστρονομικές μονάδες).

Εν τούτοις, όταν ο Άρης βρίσκεται κοντά στον τετραγωνισμό του (quadrature) μπορούν να προκύψουν συστηματικά σφάλματα μέχρι και της τάξεως των 6deg. στον υπολογισμό του Αρεοκεντρικού Πλάτους του χείλους. Με την σκέψη μας σε όλα τα προηγούμενα ο διορθωτικός παράγοντας k διαμορφώνεται ως εξής, ανάλογα με την περίπτωση:

N.Π.Ε πριν από την αντίθεση και εάν το:

$$Is > 0deg. \quad k' = \{(1 + \cos i)(1 + \cos Is)\} / 4 \quad (7a)$$

$$\text{ή εάν το } Is < 0deg. \quad k' = (1 + \cos i) / (1 + \cos Is) \quad (7b)$$

Ν.Π.Ε μετά από την αντίθεση και εάν το:

$$\mathbf{Is} > \mathbf{odeg. k' = (1 + \cos i) / (1 + \cos Is)} \quad (7\gamma)$$

$$\text{ή εάν το } \mathbf{Is} < \mathbf{odeg. k' = \{(1 + \cos i)(1 + \cos Is)\} / 4} \quad (7\delta)$$

Τώρα που έχει προσδιοριστεί το ποσοστό που επηρεάζει την πολική επικάλυψη (k') μπορούμε να ξαναγράψουμε την εξίσωση (2). $\mathbf{AC = BC/k'}$ (8)

Γ. Προσδιορισμός σφαλμάτων των μετρήσεων

(Προσέγγιση: Γιάννης Μπελιάς, τελειόφοιτος του Φυσικού τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών.)

Οι παράγοντες παραγωγής σφαλμάτων είναι οι ακόλουθοι:

Α. Η βασική σχέση υπολογισμού του Αρεογραφικού Πλάτους του χείλους της Ν.Π.Ε είναι όπως έχουμε ήδη δει από το προηγούμενο κεφάλαιο η σχέση (1)*. Η μετρήσιμη ποσότητα είναι ουσιαστικά η απόσταση BC, καθώς το k' υπολογίζεται από τις αστρονομικές εφημερίδες. Σύμφωνα με τα προηγούμενα γίνεται σαφές πως το σφάλμα στο B καθορίζεται από το σφάλμα μέτρησης του BC. Αντικαθιστώντας την (9) στην (1) εξάγουμε την (10)

$$\mathbf{*B = \cos^{-1} AC/PD} \quad (1)$$

$$\mathbf{AC = BC/k'} \quad (9)$$

$$\mathbf{B = \cos^{-1} BC/(k' PD)} \quad (10)$$

$$\mathbf{\delta B = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{BC}{k'PD}\right)^2}} \cdot \frac{\delta BC}{k'PD}} \quad (11)$$

Η ποσότητα (BC) μεταβάλλεται, όντας μετρήσιμη, μέσα στην σχέση (10). Για τον προσδιορισμό του σφάλματός της τελικής μέτρησης, οφείλουμε να προσαρμόσουμε την φόρμουλα της διάδοσης σφαλμάτων στην σχέση (10) οπότε έχουμε την (11). Στην συνέχεια υπολογίζουμε τα BC, k' , PD και δBC .

Το δBC είναι το σφάλμα που έχουμε στην μέτρηση των τελικών εικόνων αφού όπως έχουμε πει ήδη οι εικόνες μετατράπηκαν όλες σε μέγεθος δίσκου διαμέτρου 50mm σε ανάλυση 300dpi, ενώ αντιθέτως εξήχθησαν από την κάμερα σε διαφορετικά κατά καιρούς μεγέθη ανάλογα με το εκάστοτε φαινόμενο μέγεθος του δίσκου και το E.F.L της συστοιχίας που χρησιμοποιήθηκε, ενώ η ανάλυση ήταν 72dpi.

$$\mathbf{\text{Το } \delta BC = \sqrt{2} \times M \times \delta \chi} \quad (15)$$

Όπου: M (μεγέθυνση) = Μέγεθος τελικής εικόνας / μέγεθος αρχικής εικόνας και

$\delta \chi = \pm 0,5 \text{ pix}$ με το $\delta \chi$ να αντιπροσωπεύει το σφάλμα της μέτρησης στην αρχική εικόνα.

Η σχέση (15) προκύπτει ως εξής:

Έστω ότι το ευθύγραμμο τμήμα BC, το οποίο μετράμε, είναι διατεταγμένο με τέτοιο τρόπο ώστε για την μέτρηση του μήκους του χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε μόνον τις τετμημένες των σημείων B και C. Άρα, $\mathbf{BC = M BC_0 = M(X_B - X_C)}$ (12) και $\mathbf{\delta XB = \delta XC = \delta X}$. Το δX είναι το σφάλμα μέτρησης του XB και XC το οποίο είναι το ίδιο και στα δύο σημεία. Το $\mathbf{BC_0}$ είναι η έκταση της Ν.Π.Ε (η

ποσότητα που μετράμε) στην αρχική εικόνα.

Αντικαθιστώντας την σχέση **(12)** στον τύπο διάδοσης σφαλμάτων **(13)** έχουμε :
Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την ποσότητα $\lambda = f(x, \psi, Z, \dots)$ όπου τα μεγέθη $X, \psi, Z, \dots$ έχουν σφάλματα αντίστοιχα $\delta X, \delta \psi, \delta Z, \dots$

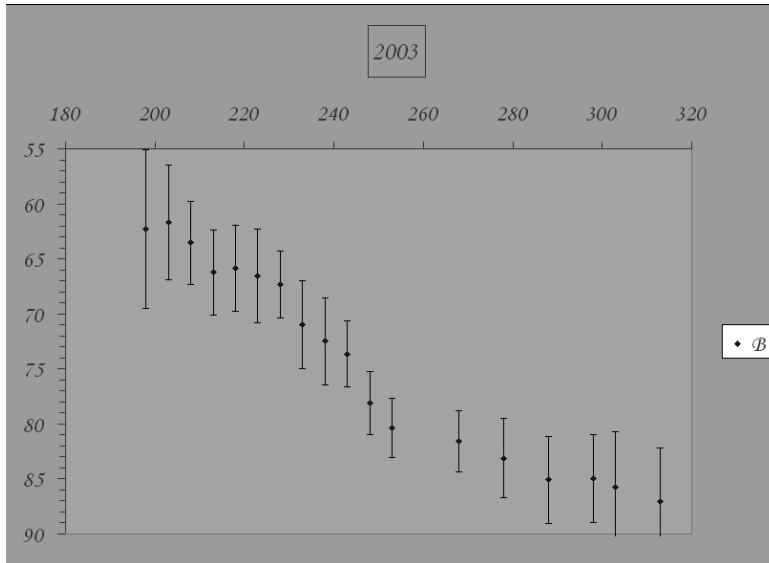
Τότε ισχύει:

$$\delta \lambda = \sqrt{[(\partial \lambda / \partial x) \delta x]^2 + [(\partial \lambda / \partial \psi) \delta \psi]^2 + [(\partial \lambda / \partial t) \delta t]^2 + \dots} \quad (13)$$

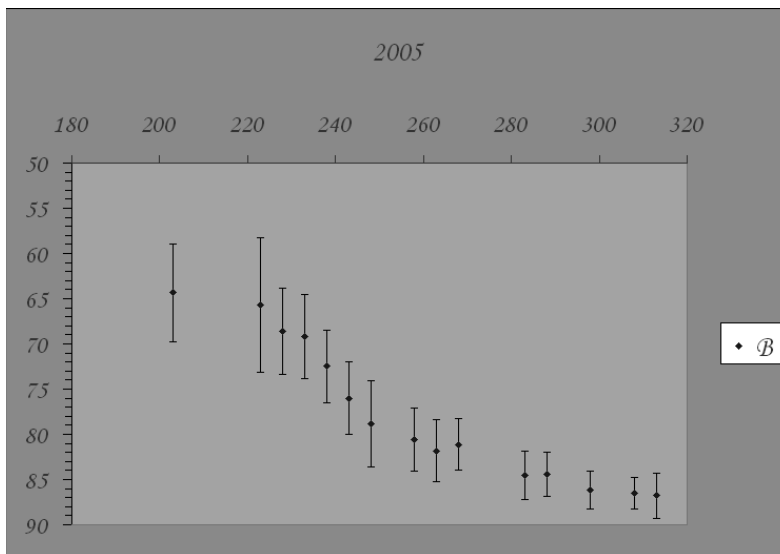
Όπου $\partial \lambda / \partial \psi$ η μερική παράγωγος της συνάρτησης λ ως προς χ .
Σύμφωνα με τα προηγούμενα:

$$\delta BC = \sqrt{\left(\frac{\partial BC}{\partial x_B} \delta x_B\right)^2 + \left(\frac{\partial BC}{\partial x_C} \delta x_C\right)^2} = \sqrt{M^2 \delta x^2 + M^2 \delta x^2} = M\sqrt{2} \delta x \quad (14)$$

Δεδομένου του ότι οι μετρήσεις που αφορούσαν κάθε συγκεκριμένη εικόνα – παρατήρηση οργανώθηκαν σε ομάδες (bin) ανά 5deg. σε Ls. πχ: οι παρατηρήσεις των οποίων η τιμή του Ls κυμάνθηκε από 171 έως 175 αντιπροσωπεύονται από την μέση τιμή (173) ή από 176 έως 180 από την τιμή (178) και κατ' αυτόν τον τρόπο αποτέλεσαν μία ομάδα και συνακόλουθα ένα σημείο στην καμπύλη μείωσης. Βρέθηκαν οι αριθμητικοί μέσοι των μετρήσεων που αφορούσαν μία ενιαία κάθε φορά ομάδα - εποχιακό σημείο και το ίδιο έγινε και για τα σφάλματα αυτών. Στο επόμενο Γράφημα 2, φαίνεται το σφάλμα των μετρήσεων προσαρμοσμένο σε κάθε εποχιακό σημείο με τον τρόπο που εξηγήθηκε προηγούμενα.



Γράφημα 2: Τα σφάλματα των μετρήσεων που αφορούν την αντίθεση του 2003.



Γράφημα 3: Τα σφάλματα των μετρήσεων που αφορούν την αντίθεση του 2005.

Β. Παράγοντας σφαλμάτων στις μετρήσεις είναι επίσης η γνωστή έκκεντρη τοποθέτηση της Ν.Π.Ε σε σχέση με τον άξονα περιστροφής και ότι κάθε φορά η μέτρηση γίνεται σε διαφορετική πλευρά του δίσκου λόγω περιστροφής. Έτσι, ουσιαστικά μετράμε ένα σχήμα το οποίο παρουσιάζει παραμόρφωση λόγω προβολής. Σε αυτήν την κατηγορία σφαλμάτων εμπίπτει και αυτό το οποίο οφείλεται στην εκτίμηση της θέσης του άξονα περιστροφής του πλανήτη. Υπολογίστηκε δε, ότι το συστηματικό σφάλμα που αφορούσε τις δύο ανωτέρω περιπτώσεις είναι πολύ μικρότερο από το σφάλμα μέτρησης οπότε και δεν συνέτρεξε λόγος ώστε ληφθεί υπ' όψιν.

Γ. Ο τρίτος παράγοντας σφάλματος είναι η απόκλιση του σχήματος της Π.Ε από τον τέλειο κύκλο. Υπολογίστηκε η τυπική απόκλιση δέκα χαρακτηριστικών εικόνων η οποία κυμάνθηκε εντός των ορίων σφαλμάτων μέτρησης.

Ανάλυση.

Το 2003, οι παρατηρήσεις καλύπτουν το χρονικό διάστημα από 5 Ιουνίου 2003 με μέγεθος δίσκου 12.8arc sec. έως 5 Δεκεμβρίου 2003 με μέγεθος δίσκου 10.63arc sec.

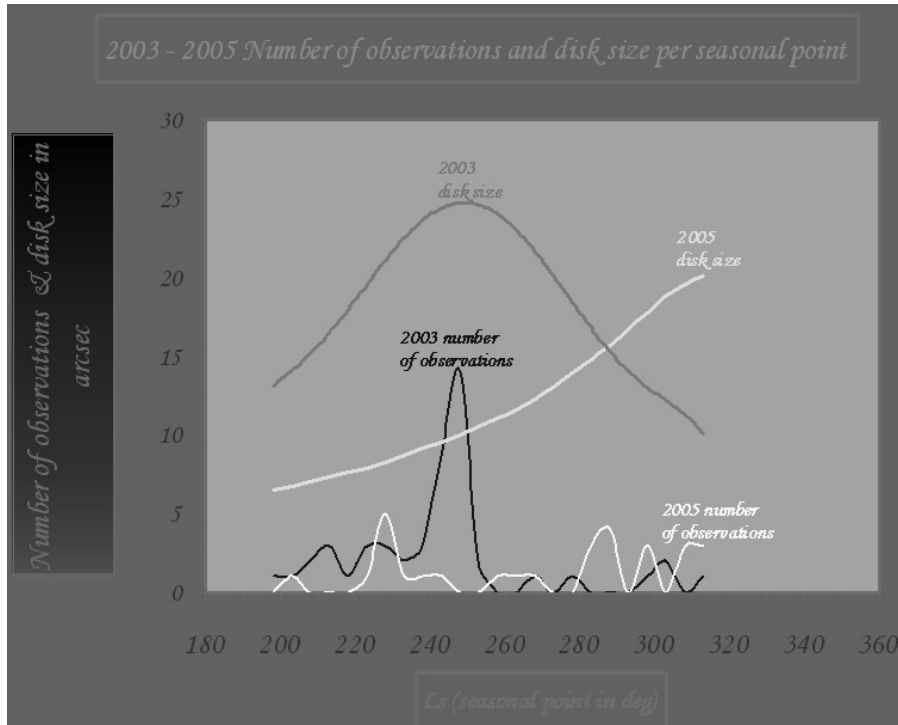
$L_s = 197\text{deg.} - 311\text{deg.}$ Το 2003, βλέπουμε ότι παρατηρήθηκε περίπου το 80% της Άνοιξης του Νοτίου ημισφαιρίου και το πρώτο περίπου μισό (46%) του Θέρους του.

Το 2005 αντίστοιχα καλύπτεται το χρονικό διάστημα 3 Μαΐου 2005 με μέγεθος δίσκου 6.8arc sec. έως 26 Οκτωβρίου 2005 με μέγεθος δίσκου 20 arc sec. $L_s = 205\text{deg.} - 313\text{deg.}$ Εδώ μελετήθηκαν περίπου τα 2/3 (65%) της Άνοιξης και πάλι περίπου το μισό του Θέρους (48%).

Το σύνολο των παρατηρήσεων χωρίστηκε σε ομάδες οι οποίες περιελάμβαναν ***5deg. σε L_s** και αποτέλεσαν και τα σημεία της καμπύλης μείωσης για κάθε περίοδο.

Τα ίδια εποχιακά σημεία έχουν επιλεγεί για όλα τα γραφήματα ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα σε ταυτόχρονα γραφήματα. Τα γραφήματα τα οποία περιείχαν καταγραφές με βάση π.χ. αριθμός ημερών απόσταση από κομβικά σημεία (Εαρινή Ισημερία) μετατράπηκαν σε συμβατά με τα προηγούμενα γραφήματα με αυτόν τον τρόπο.

* Οι μετρήσεις που αφορούσαν κάθε συγκεκριμένη εικόνα – παρατήρηση – οργανώθηκαν σε ομάδες (bin) ανά 5deg. σε L_s . πχ: οι παρατηρήσεις των οποίων η τιμή του L_s κυμάνθηκε από 171 έως 175 ως (173) ή 176 έως 180 ως (178) αποτέλεσαν μία ομάδα και ως εκ τούτου ένα σημείο στην καμπύλη μείωσης.



Γράφημα 4: Παρατηρούμε μία συνοπτική εικόνα της μεταβολής του φαινόμενου μεγέθους του δίσκου και της ροής των παρατηρήσεων για τις δύο υπό μελέτη αντιθέσεις.

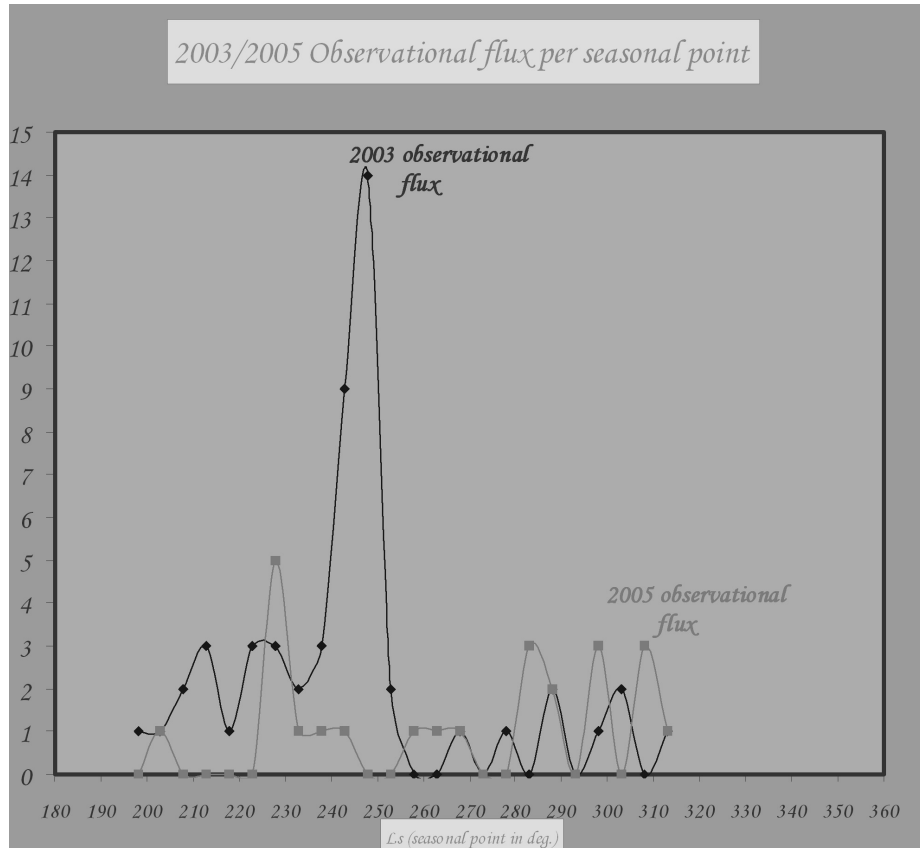
Οι παρατηρητές, το 2003, σε αναμονή του μεγαλύτερου δυνατού φαινόμενου δίσκου του πλανήτη Άρη, έδωσαν την μεγαλύτερη ροή παρατηρήσεων σε σύμπτωση με τον μέγιστο δίσκο, ο οποίος συνέπεσε και με την πιο ενδιαφέρουσα στιγμή της μείωσης της Ν.Π.Ε, την στιγμή της αστραπιαίας μείωσης, ανάμεσα στις τιμές του L_s από 240deg. έως 250deg. Η εποχή αυτή ήταν προς το τέλος Αυγούστου του 2003 κάτι που βοήθησε στην παραγωγή εικόνων λόγω σχετικής σταθερότητας της ατμόσφαιρας.

Στην μπλε σκούρα καμπύλη (Γράφημα 4) βλέπουμε τον αριθμό των παρατηρήσεων που συνιστούν το κάθε σημείο της καμπύλης μείωσης του 2003.

Αυτού του είδους η απεικόνιση μπορεί να μας δώσει μία εικόνα του βαθμού εμπιστοσύνης που μπορούμε να έχουμε στο συγκεκριμένο δείγμα. Δύο σημεία κοντά στο μέγιστο φαινόμενο μέγεθος (βλέπε Γράφημα 4) ταυτόχρονα την τιμή του $L_s = 240\text{deg.}$ έως 250deg. εξαγονται από ικανό αριθμό παρατηρήσεων τέτοιο που να μας δίνει ένα υψηλό βαθμό εμπιστοσύνης όσον αφορά την πραγματική εικόνα της μείωσης στο δεδομένο σημείο. Τα υπόλοιπα σημεία, προκύπτουν από 3, 2 ή και 1 παρατηρήσεις με αποτέλεσμα να μην θεωρούνται σημεία αυξημένου βαθμού εμπιστοσύνης και ως εκ τούτου η αξία τους περιορίζεται στην καταγραφή της μορφής της μείωσης.

Το προηγούμενο είναι σαφέστατα εμφανές εάν δούμε προσεκτικά το Γράφημα 4,

το οποίο μας δίνει μία πιο ξεκάθαρη άποψη της ροής και ειδικά του αριθμού των παρατηρήσεων για κάθε μέσο εποχιακό σημείο της καμπύλης μείωσης.



Γράφημα 5: Εδώ, φαίνεται με ακρίβεια, η ροή (αριθμός παρατηρήσεων στον κάθετο άξονα) ανά σημείο της καμπύλης μείωσης (εποχιακό σημείο σε Ls) στον οριζόντιο.

Στο Γράφημα 6, έχουμε την σύγκριση των καταγραφών μείωσης της Ν.Π.Ε οι οποίες συγκεντρώθηκαν από τον συγγραφέα για τις αντιθέσεις των 2003 και 2005 με:

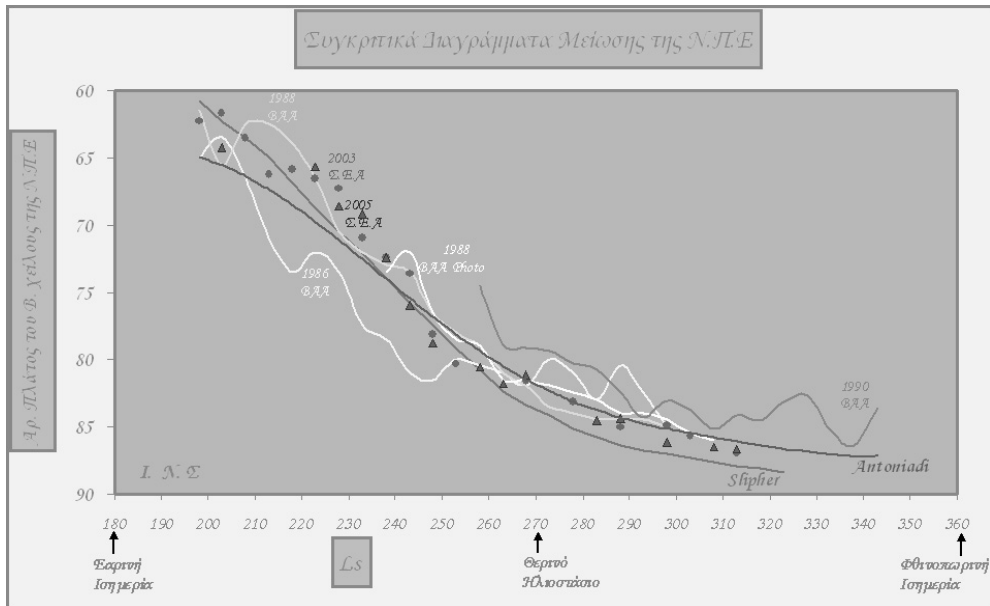
α) Καμπύλες της μείωσης της Ν.Π.Ε από στοιχεία τα οποία συλλέχθηκαν από τον Richard J. Mc Kim (director of the Mars Section of the British Astronomical Association) για τα έτη, 1986, 1988 και 1990.

β) Παράλληλα, έχουν διαμορφωθεί από τον συγγραφέα οι μέσες καταγραφές των Ευγένιου Αντωνιάδη (1856 – 1929) και E. C. Slipher (1798 – 1924) και όπως γίνεται εμφανές έχουν εισαχθεί στο Γράφημα 6.

Είναι γνωστό πια ότι παρατηρήσιμες διαφορές στον ρυθμό μείωσης της Π.Ε συμβαίνουν ενίοτε κατά την διάρκεια της αστραπιαίας φάσης μείωσης και θεωρείται ότι στην περίπτωση της ασύμμετρης Νότιας Πολικής Επικάλυψης είναι σημαντικό

να συγκρίνουμε μετρήσεις με συγκεκριμένη αναφορά στην τιμή του Κεντρικού Μεσημβρινού.

Διαφορές ανάμεσα σε διαδοχικά έτη του Άρη είναι περισσότερο εμφανείς σε περίπου $Ls = 240^{\circ} \text{deg} - 250^{\circ} \text{deg}$. Το μικρό και σχετικά θερμό θέρος του Νοτίου ημισφαιρίου θα μπορούσε να αποτελεί ένα καλύτερο δείκτη κλιματικών διαφοροποιήσεων από αυτό του Βορείου ημισφαιρίου.



Γράφημα 6: Εμφανίζονται τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας σε σύγκριση με τα ιστορικά αποτελέσματα της (BAA) 1986, 1988, 1990 & Αντωνιάδη(μέσο), E.C. Slipher (μέσο).

Ως τόσο, συγκρίσεις ανάμεσα σε διαφορετικές αντιθέσεις θα έπρεπε να γίνονται υπό τις εξής προϋποθέσεις: α) Η τεχνική μέτρησης είναι η ίδια. β) Υπάρχουν αρκετές παρατηρήσεις για κάθε σημείο της καμπύλης. γ) Η διάμετρος δίσκου είναι τουλάχιστον 10arc sec.

Οι καταγραφές της παρούσης μελέτης έχουν εξαχθεί όλες από ψηφιακές εικόνες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν λόγω διαφορετικής μεθοδολογίας να συγκριθούν άμεσα και με μεγάλο βαθμό εμπιστοσύνης καθώς τα σημεία της καμπύλης υπόκεινται σε διαφορετικού τύπου συστηματικά σφάλματα. Είναι λογικό τα αποτελέσματα τα οποία έλκουν την καταγωγή τους σε οπτικές παρατηρήσεις, να υπόκεινται σε μεγαλύτερη διάχυση καθώς αφορούν έναν υποκειμενικό τρόπο εκτίμησης του εύρους της Ν.Π.Ε.

Τα σημεία που συνιστούν τις «ιστορικές» καμπύλες μείωσης του γραφήματος 8, έχουν προκύψει από πολλές οπτικές παρατηρήσεις, κάτι που σύμφωνα με την άποψη του συγγραφέα δεν συνιστά απαραίτητη απαγόρευση, απαιτεί την προσεκτική όμως τηρουμένων των αναλογιών σύγκριση με αποτελέσματα τα οποία

έχουν βάση φωτογραφικές παρατηρήσεις οι οποίες με την σειρά τους έχουν μεν άλλα συστηματικά σφάλματα σε σχέση με τις οπτικές παρατηρήσεις. (βλέπε την σύγκριση οπτικών και φωτογραφικών καταγραφών για το 1988 της BAA στο Γράφημα 6).

Το 1986, η Ν.Π.Ε εμφανίστηκε λίγο αλλά σταθερά μικρότερη από το εποχιακό μέσο για την περίοδο του $L_s = 210\text{deg.} - 250\text{deg.}$

Σε σύγκριση με τις μέσες τιμές στην βιβλιογραφία, η συμφωνία της καμπύλης μείωσης του 1986 (BAA) είναι μεγαλύτερη με τις καταγραφές του Αντωνιάδη.

Το 1988 η καμπύλη μείωσης (BAA) ακολούθησε την μέση καμπύλη του Slipher σχεδόν ακριβώς μέχρι την τιμή του $L_s = 280\text{deg.}$ ενώ μετά από αυτό το σημείο φαίνεται να είναι λίγο μεγαλύτερη από το σύννηθες. Οι γενικές τάσεις της μείωσης για τις αντιθέσεις 1986 και 1988 είναι παρόμοιες. Το 1988 η Ν.Π.Ε συμπεριφέρθηκε ακόμη περισσότερο σύμφωνα προς τις “ιστορικές” μέσες τιμές. Ως τόσο, στο Γράφημα 6, οι τιμές του 1988 (BAA) εμφανίζουν μία κάπως καλύτερη συμφωνία με τις τιμές του Αντωνιάδη. Η σύγκριση με το 1986 δείχνει μία προφανή και σημαντική διαφορά. Το 1986, η επικάλυψη άρχισε να συρρικνώνεται σε ένα νωρίτερο εποχιακό σημείο από ότι το 1988 και ήταν συνακόλουθα μικρότερη στο διάστημα ανάμεσα σε $L_s = 210\text{deg.} - 250\text{deg.}$

Τα στοιχεία που έχουν διαμορφώσει την καμπύλη μείωσης για το 1990 στο Γράφημα 6, καλύπτουν την περίοδο από $L_s = 256\text{deg.} - 345\text{deg.}$ Για τα σημεία από $L_s = 256\text{deg.}$ έως περίπου $L_s = 278\text{deg.}$ οι μετρήσεις έχουν γίνει από σχέδια τα οποία έγιναν όταν το φαινόμενο μέγεθος του δίσκου ήταν μικρότερο από 10arc sec. Το 1990, η Ν.Π.Ε φαίνεται κάπως μεγαλύτερη από το εποχιακό μέσο. Είναι βέβαια πιθανό αυτό το αυξημένο μέγεθος να οφειλόταν εν μέρει στην παρουσία Ανταρκτικής πάχνης η οποία έκανε την Ν.Π.Ε να φαίνεται σποραδικά μεγαλύτερη αν και από τον R. J. Mc Kim έγινε κάθε δυνατή προσπάθεια για τον αποκλεισμό παρατηρήσεων οι οποίες εμφάνιζαν την Ανταρκτική πάχνη να σκιάζει την Π.Ε.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ο ρυθμός μείωσης της Ν.Π.Ε βάσει των καταγραφών της παρούσας μελέτης (2003 – 2005) κινήθηκε σε γενικές γραμμές σε κανονικούς ρυθμούς χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερες αποκλίσεις από το εποχιακό μέσο. Δεν έγιναν αναγνώσιμες ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στις δύο αντιθέσεις, κάτι που μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό φτάνει να δούμε τις αντίστοιχες καμπύλες καταγραφών του Γραφήματος 6.

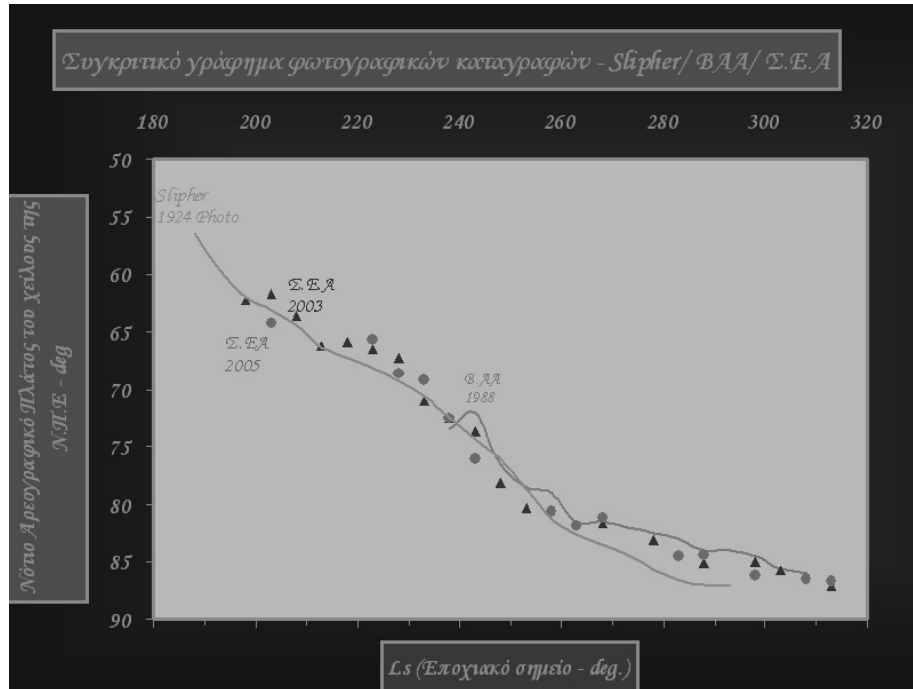
Οι καμπύλες καταγραφών (2003 – 2005) παρατηρούμε ότι σε μεγάλο βαθμό ακολουθούν την μέση καμπύλη μείωσης του Slipher μέχρι περίπου την τιμή του $L_s = 260\text{deg.}$ ενώ μετά από αυτό το σημείο, όπου γενικά επιβραδύνεται ο ρυθμός της μείωσης της Π.Ε, οι καταγραφές εμφανίζουν μικρότερη κλίση προς τον οριζόντιο άξονα με αποτέλεσμα να ακολουθούν περισσότερο τον ρυθμό μείωσης της μέσης καμπύλης του Ευγένιου Αντωνιάδη. Οι καταγραφές (2003 – 2005) δεν εμφάνισαν κάποια διαφοροποίηση της φύσεως των 1986 ή 1990 – (BAA) ενώ η συμπεριφορά της Ν.Π.Ε ακολουθεί, σε πολύ μεγάλο βαθμό και καθ’ όλη την διάρκεια που καλύπτει η μελέτη για αμφότερες τις αντιθέσεις, την “κανονικότητα” του ρυθμού μείωσης ο οποίος ορίζεται από τις καταγραφές της BAA για το 1988. Υπάρχει μία ελαφρά ένδειξη για αυξημένη ταχύτητα μείωσης της Π. Ε {(2003 – 2005) σε σχέση με αυτήν του 1988} για το γνωστό διάστημα $L_s = 240\text{deg.} - 250\text{deg.}$ Αυτό ισχύει ειδικά για την αντίθεση του 2003, όμως η διαφοροποίηση είναι οριακή και πολύ δύσκολα μπορεί να αξιολογηθεί δεδομένου ότι συγκρίνουμε δείγματα με

διαφορετικά συστηματικά σφάλματα.

Θα έπρεπε παράλληλα να συνυπολογίσουμε ότι η διαφοροποίηση βρίσκεται καθαρά μέσα στο όριο σφαλμάτων των εν λόγω μετρήσεων, αν και τα συγκεκριμένα εποχιακά σημεία [2003 – $L_s = 243\text{deg}$. $L_s = 248\text{deg}$.] έχουν δημιουργηθεί από τον συμψηφισμό 9 και 14 καταγραφών (βλέπε Γράφημα 5) αντίστοιχα, κάτι που προσδιορίζει την θέση τους στην καμπύλη μείωσης ως σχετικά ασφαλή.

Όλα τα προηγούμενα, βασίστηκαν στην ανοχή που μπορούμε να έχουμε όταν συγκρίνουμε μετρήσεις οι οποίες έγιναν ανάμεσα σε δείγματα τα οποία έχουν εξαχθεί από μετρήσεις με διαφορετικές μεθόδους καταγραφής, αφ' ενός οπτικές παρατηρήσεις, αφ' ετέρου φωτογραφικές παρατηρήσεις και μάλιστα μία ιδιαίτερη μορφή αυτών τις ψηφιακές εικόνες (web imaging) των καταγραφών του (2003 – 2005).

Ως τόσο, οι φωτογραφικές καταγραφές (φιλμ) όντας αντικειμενική μέθοδος καταγραφής (τηρουμένων των αναλογιών, βάσει των προηγούμενων) θα έπρεπε να μπορούν να συγκριθούν με τις καταγραφές από ψηφιακές εικόνες με μεγαλύτερη εμπιστοσύνη από ότι οι οπτικές καταγραφές. Μία τέτοια σύγκριση μπορεί να φανεί στο Γράφημα 7, όπου καταχωρούνται αφ' ενός οι φωτογραφικές καταγραφές του Earl C. Slipher για την αντίθεση του 1924 ($L_s = 183\text{deg}$. – 288deg) και οι φωτογραφικές καταγραφές της αντίθεσης του 1988 (BAA) ($L_s = 238\text{deg}$. – 308deg .) αφ'ετέρου οι καταγραφές οι προερχόμενες από τις μετρήσεις του συγγραφέα σε ψηφιακές εικόνες για τις αντιθέσεις των ετών 2003 – 2005. Αμφότερες οι καμπύλες των ψηφιακών καταγραφών (2003 – 2005) βρίσκονται σε εξαιρετική συμφωνία με την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών του E. C. Slipher της αντίθεσης του 1924, τουλάχιστον μέχρι την τιμή του $L_s = 263\text{deg}$. στην συνέχεια, οι καμπύλες μείωσης αμφοτέρων των 2003 και 2005 ακολουθούν σε εξαιρετική συμφωνία την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών για την αντίθεση του 1988, της British Astronomical Association (BAA) η οποία από την τιμή περίπου του $L_s = 250\text{deg}$. και στην συνέχεια κινείται καταγράφοντας μεγαλύτερες τιμές από αυτήν του Slipher. Δηλαδή, η Ν.Π.Ε από αυτό το σημείο ($L_s = 263\text{deg}$.) και στην συνέχεια εμφανίζεται κάπως μεγαλύτερη από το εποχιακό μέσο βάσει των ιστορικών δεδομένων.



Γράφημα 7: Συγκριτικό γράφημα το οποίο εμφανίζει τη σχέση των φωτογραφικών καταγραφών του Earl Slipher από τη αντίθεση του 1924, τις φωτογραφικές καταγραφές του 1988 της ΒΑΑ και τις ψηφιακές καταγραφές του Σ.Ε.Α για τις αντιθέσεις των 2003 και 2005.

Συμπεράσματα.

Η μελέτη αφορά την διαδικασία της μείωσης της Ν.Π.Ε κατά την διάρκεια της Άνοιξης – Θέρους του Νοτίου ημισφαιρίου.

Για την διεξαγωγή της μελέτης, καταρτίστηκαν γραφήματα αρχικά των αποτελεσμάτων για τις αντιθέσεις των 2003 και 2005 και στην συνέχεια συγκρίθηκαν με τις καταγραφές των ετών 1886, 1888, 1990 της ΒΑΑ, και τις καμπύλες μέσων τιμών του Ευγένιου Αντωνιάδη (1856 – 1929) και Ε. C. Slipher (1798 – 1924).

Οι μετρήσεις για το 2003 καλύπτουν τα σημεία $L_s = 197^{\circ}$ – 311° , ενώ για το 2005 από $L_s = 205^{\circ}$ – 313° .

1). Ο ρυθμός μείωσης της Ν.Π.Ε βάσει των καταγραφών της παρούσας μελέτης (2003 – 2005) κινήθηκε σε γενικές γραμμές σε κανονικούς ρυθμούς χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερες αποκλίσεις από το εποχιακό μέσο. Δεν έγιναν αναγνώσιμες ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στις δύο αντιθέσεις.

Για το 2003 αλλά και το 2005 για τα εποχιακά σημεία έως και χονδρικά

Ls = 230deg. παρατηρείται μία σχετικά μικρή ταχύτητα μείωσης, τυπική για τα πρώτα στάδια της Άνοιξης του Νοτίου ημισφαιρίου.

Μετά την τιμή περίπου του *Ls = 233deg.* και κυρίως για τις περιοχές *Ls = 240deg. - 250deg.* βλέπουμε την αστραπιαία φάση μείωσης η οποία χαρακτηρίζεται από την μεγαλύτερη κλίση της καμπύλης από την αντίστοιχη κλίση για άλλα εποχιακά σημεία.

Μετά την τιμή του *Ls = 250deg.* η κλίση αυτή ομαλοποιείται και το φαινόμενο ακολουθεί την συνήθη πορεία του έως και τα τελευταία εποχιακά σημεία της καμπύλης στην τιμή του *Ls = 311deg (2003)* και *Ls = 313deg. (2005)* σημεία τα οποία αντιπροσωπεύουν το μέσον περίπου του Θέροντος του Νοτίου ημισφαιρίου.

Το 1986, η Ν.Π.Ε εμφανίστηκε λίγο αλλά σταθερά μικρότερη από το εποχιακό μέσο για την περίοδο του *Ls = 210deg. - 250deg.*

Το 1988 η καμπύλη μείωσης (BAA) ακολούθησε την μέση καμπύλη του Slipher σχεδόν ακριβώς μέχρι την τιμή του *Ls = 280deg.* ενώ μετά από αυτό το σημείο φαίνεται να είναι λίγο μεγαλύτερη από το σύνηθες.

Το 1990, η Ν.Π.Ε φαίνεται κάπως μεγαλύτερη από το εποχιακό μέσο.

2). Οι καμπύλες καταγραφών (2003 – 2005) παρατηρούμε ότι σε μεγάλο βαθμό ακολουθούν την μέση καμπύλη μείωσης του Slipher μέχρι περίπου την τιμή του *Ls = 260deg.* ενώ μετά από αυτό το σημείο, όπου γενικά επιβραδύνεται ο ρυθμός της μείωσης της Π.Ε, οι καταγραφές εμφανίζουν μικρότερη κλίση προς τον οριζόντιο άξονα με αποτέλεσμα να ακολουθούν περισσότερο τον ρυθμό μείωσης της μέσης καμπύλης του Ευγένιου Αντωνιάδη. Οι καταγραφές (2003 – 2005) δεν εμφάνισαν κάποια διαφοροποίηση της φύσεως των 1986 ή 1990 – (BAA) ενώ η συμπεριφορά της Ν.Π.Ε ακολουθεί, σε πολύ μεγάλο βαθμό και καθ' όλη την διάρκεια που καλύπτει η μελέτη για αμφότερες τις αντιθέσεις, την “κανονικότητα” του ρυθμού μείωσης ο οποίος ορίζεται από τις καταγραφές της BAA για το 1988.

3). Αμφότερες οι καμπύλες των ψηφιακών καταγραφών για τις αντιθέσεις 2003 – 2005 βρίσκονται σε συμφωνία με την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών του

E. C. Slipher της αντίθεσης του 1924, τουλάχιστον μέχρι την τιμή του *Ls = 263deg.* Στην συνέχεια, οι καμπύλες μείωσης αμφοτέρων των 2003 και 2005 ακολουθούν σε συμφωνία με την καμπύλη φωτογραφικών καταγραφών για την αντίθεση του 1988, της *British Astronomical Association (BAA)* η οποία από την τιμή περίπου του *Ls = 250deg.* και στην συνέχεια κινείται καταγράφοντας μεγαλύτερες τιμές από αυτήν του *Slipher.* Δηλαδή, η Ν.Π.Ε από αυτό το σημείο (*Ls = 263deg.*) και στην συνέχεια εμφανίζεται κάπως μεγαλύτερη από το εποχιακό μέσο βάσει των ιστορικών δεδομένων.

Αναφορές – Βιβλιογραφία.

- 1) Antoniadi E. M., *The Planet Mars*, Translated by Patrick Moore, Keith Reid Limited, Shaldon, Devon.
 - α) *The South Polar Zone*, P. 288, fig. 142 p.298
 - β) *Plate 5*, P. 321.
 - γ) *Plate 8* p. 324
 - δ) *Plate 9*, p.325
- 2) Beish, Jeffrey D.,
 - α) *Measure the Polar Caps of Mars*, διαθέσιμο στο: <http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/mars.html>
 - β) *The 2005-2006 Apparition of Mars*, διαθέσιμο στο: <http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/mars.html>
- 3) Dobbins, Thomas A., Parker Donald C., Capen Charles F.
 - α) *Introduction to OBSERVING AND PHOTOGRAPHING THE SOLAR SYSTEM*. 7. 2.2 *The Martian Calendar* p. 65.
 - β) *15.9 Martian Polar Cap Measurements, 15.10 Phase Angle Equations*. p. 197-200.
- 4) Martinez Patrick Edited by, Dijon J., Dragesco J. & Neel, R., *THE OBSERVER'S GUIDE TO ASTRONOMY, VOLUME I*, 5. *Planetary Surfaces*, 5.3 *Mars*, 5.3.1.2 *Apparent diameter*, Fig 5.2.3 p. 228.)
- 5) Mc Kim, R. J.
 - α) *J. Br. Astron. Assoc.* 1989, 99, 5, *The opposition of Mars 1986*, p. 231
 - β) *Observing Mars in 2005*, διαθέσιμο στο: <http://www.britastro.org/mars/obs2005.htm>
 - γ) *Martian latitude and longitude measurements*, *J. Br. Astron. Assoc.* 106, 6, 1996, P. 332 – 334.
 - δ) *The opposition of Mars, 1993*, *J. Br. Assoc.* 105, 3, 1995, p. 132
 - ε) *The opposition of Mars, 1988*, *J. Br. Astron. Assoc.* 101, 5, 1991, p. 282.
 - στ) *The opposition of Mars, 1990*, *J. Br. Astron. Assoc.* 102, 5, 1992, p. 263 –264
- 6) Price, Fred W. *The Planet Observer's Handbook*, Cambridge University Press, 7. *Mars, surface features*, P.141
- 7) Sheehan William, *The Planet Mars, A history of observation and discovery*, The University of Arizona press.
Appendix I: Oppositions of Mars, 1901 – 2035, P. 227, 228.

8) *Slipher, E.C, Mars the photographic story.*

α) *Chapter III Martian Polar Caps P. 15, 16, Figure 5, p.20*

β) *Plate XV p.98*

γ) *Plate XVI p. 101.*

δ) *Plate XIV p.97, Plate XXXVII p. 143.*

9) *[Στέλλας, I. N.*

α) *Η Περιηλιακή αντίθεση του πλανήτη Άρη το 2003.*

Παρατηρησιακή Αστρονομία 1, 1, (2005) σελ. 16,24,25,32.

β) *Η χρήση των φίλτρων στην οπτική και ψηφιακή παρατήρηση των πλανητών, Παρατηρησιακή Αστρονομία 1,2, 2007, Σ. 37.*

10) *Τρικαλινός Χ.*

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Φυσικής.

Εισαγωγικά μαθήματα για τα σφάλματα, 7. Διάδοση σφαλμάτων Σ. 14.

Ευχαριστίες:

*Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους παρατηρητές: **Γεωργόπουλο Πέτρο, Εμμανουηλίδη Κωνσταντίνο, Καρδάση Μάνο, Κολοβό Δημήτρη, Μπελιά Ιωάννη, Στρίκη Ιάκωβο και Χασιώτη Ηλία**, χωρίς την εργασία των οποίων, η περιπέτεια της περιπλάνησης στην Ανταρκτική του πλανήτη Άρη θα ήταν ανέφικτη.*

*«The observation of the planets is a delicate art»
M. du Martheray.*