

### Κεφάλαιο 3: Επισκόπηση εξοπλισμού και λογισμικού

Από τη στιγμή που χρησιμοποιείτε αυτόν τον οδηγό, θεωρείται δεδομένο ότι έχετε ήδη τηλεσκόπιο, στήριξη, CCD κάμερα και όλο το σχετικό εξοπλισμό που χρειάζεται για να γίνει φωτομετρία. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει λόγος να περιγράψουμε τι εξοπλισμό θα πρέπει να πάρετε, αλλά πώς να αντλήσετε το μεγαλύτερο όφελος από το σύστημα που έχετε. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι τηλεσκοπίων, CCD, και πακέτων λογισμικού. Σε αυτό το κεφάλαιο θέλουμε κυρίως να εξηγήσουμε πράγματα κοινά σε όλους και τι απαιτείται εν γένει για να λάβουμε καλά δεδομένα από οποιοδήποτε σύστημα. Θα πρέπει να μελετήσετε αυτό το κεφάλαιο λιγότερο για τη φωτομετρία και περισσότερο για το κρίσιμο στάδιο της **προετοιμασίας** της, πριν πάτε στο παρατηρητήριο σας για να ξεκινήσετε την παρατήρηση.

#### Τηλεσκόπιο και στήριξη

Τα περισσότερα τηλεσκόπια μπορεί να λειτουργήσουν καλά με CCD. Μικρότερα τηλεσκόπια, όπως το Bright Star Monitor (BSM), ένα διοπτρικό του AAVSOnet, είναι κατάλληλα για την απεικόνιση φωτεινότερων αστέρων. Τηλεσκόπια μεγαλύτερης διαμέτρου σας βοηθούν να πάτε σε αμυδρότερους μεταβλητούς για τους οποίους απαιτείται αυξημένη φωτοσυλλεκτική ικανότητα. Σε γενικές γραμμές, όσο απλούστερο το οπτικό σύστημα, τόσο το καλύτερο. Αν είναι δυνατόν, προσπαθήστε να αποφύγετε την προσθήκη ενός μειωτή εστιακού λόγου (που μπορεί να προκαλέσει βινιετάρισμα) ή οτιδήποτε άλλο προσθέτει ένα μη-ομοιόμορφο αποτέλεσμα στο πεδίο. Σημειώστε ότι ορισμένοι τύποι τηλεσκοπίων (νευτώνια για παράδειγμα) μπορεί να έχουν προβλήματα, όπως η κόμη που θα στρεβλώσουν τα αστρικά είδωλα, μια επίδραση που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φωτομετρία.



Δύο από τα τηλεσκόπια του AAVSOnet: το BSM-Hamren AT-65EDQ της Astro-Tech (αριστερά) και το Coker 30, ένα Meade LX-200GPS 30 εκατοστών (δεξιά)

Μία από τις δυσκολίες της χρήσης CCD είναι ότι το οπτικό πεδίο είναι πολύ μικρότερο από ότι συνηθίσατε χωρίς την κάμερα. Σε γενικές γραμμές, όσο μικρότερος είναι ο εστιακός λόγος  $f$  (εστιακό μήκος / διάμετρος) του τηλεσκοπίου, τόσο μεγαλύτερο είναι το οπτικό πεδίο, οπότε η εύρεση του πεδίου και η παρουσία όλων των αστέρων συγκρίσεως στην ίδια εικόνα γίνονται λίγο πιο εύκολα. Μπορείτε να τον ρυθμίσετε για ένα υπάρχον τηλεσκόπιο χρησιμοποιώντας μειωτή εστιακού λόγου, αλλά όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να προκληθούν άλλα προβλήματα.

Είναι επίσης σημαντικό να προσπαθήσουμε να μειώσουμε το διάχυτο φως που μπορεί να εισέλθει στο σύστημα. Αυτό είναι πρόβλημα περισσότερο με κατοπτικά τηλεσκόπια. Αφαιρέστε την κάμερα και κοιτάξτε μέσα από το τηλεσκόπιό σας στο νυχτερινό ουρανό. Ψάξτε για αντανάκλασεις φωτός ή ανταύγειες σε οποιαδήποτε από τις εσωτερικές επιφάνειες. Αν δείτε κάτι περισσότερο από αστέρια, η κάμερά σας θα το καταγράψει και θα επηρεάσει τις εικόνες σας. Θα πρέπει να προσπαθήσετε να βρείτε έναν τρόπο για να εξαλειφθεί αυτή η σκέδαση του φωτός είτε με μπογιά ή με την προσθήκη κάποιου απορροφητικού υλικού στο εσωτερικό του σωλήνα.

Μια καλή στήριξη για το τηλεσκόπιό σας είναι απολύτως απαραίτητη για επιτυχή φωτομετρία. Η ισημερινή είναι προτιμητέα επειδή οι αλταζιμουθιακές στηρίξεις προκαλούν περιστροφή πεδίου κατά τη διάρκεια μέσων και μακρών εκθέσεων, η οποία είναι πολύ δύσκολο να αντισταθμιστεί. Η γερμανικού τύπου ισημερινή βάση (GEM) ή η φουρκέτα είναι θέμα προσωπικής προτίμησης αφού και οι δύο θα λειτουργήσουν αποτελεσματικά. Είναι σημαντικό, ωστόσο, να είναι καλά προσανατολισμένη και να οδηγεί με ακρίβεια. Αυτό θα σας εξοικονομήσει πολύ χρόνο και θα εξαλείψει την σύγχυση, αφού θα σας βοηθήσει να βρίσκετε το πεδίο με GoTo ή θα επιτρέψει στον υπολογιστή σας να σας μεταφέρει στο χώρο. Οι auto guiders δεν είναι απαραίτητοι, αλλά χρήσιμοι τόσο για μεγαλύτερες εκθέσεις όσο και για παρατηρήσεις χρονοσειράς (time-series, σειρά διαδοχικών λήψεων του ίδιου πεδίου).

Τέλος, υπάρχει το ζήτημα της απόκτησης ενός παρατηρητηρίου για να στεγάσει τον εξοπλισμό σας. Αν και δεν είναι απολύτως απαραίτητο για να πάρετε καλά δεδομένα, η μόνιμη στήριξη (με έναν τρόπο για να την προστατεύει από τις καιρικές συνθήκες) θα σας εξοικονομήσει πολύ χρόνο και κόυραση για τη στήσιμο και ξεστήσιμο όλου του εξοπλισμού κάθε βράδυ. Ακόμη και ένα καλό, ανθεκτικό υδατοστεγές κουτί σε ρουλεμάν, που μπορείτε να βάζετε πάνω από τη στήριξή σας, θα εξοικονομήσει ώρες χρόνου εγκατάστασης και προσανατολισμού σε κάθε συνεδρία παρατήρησης. Με μια πιο ουσιαστική κατασκευή, θα μπορείτε να αφήνετε την CCD κάμερα και τον υπολογιστή σας συνδεδεμένα και έτοιμα για χρήση. Υπάρχουν πολλές λύσεις και δεν χρειάζεται να είναι ακριβές.



*Συρόμενη οροφή*



*Στέγαστρο του BSM*

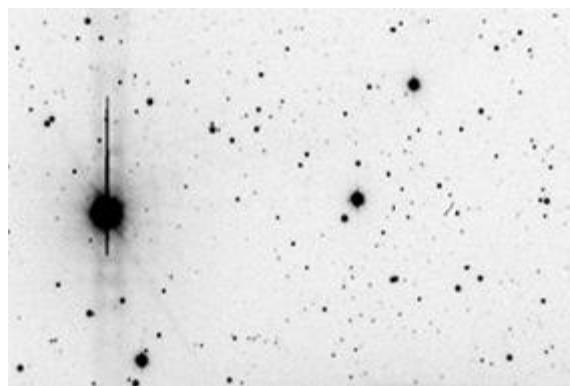
## **Κάμερα CCD**

Οι κάμερες CCD ποικίλουν πολύ στην ποιότητα, την πολυπλοκότητα και το κόστος, αλλά οι περισσότερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη επιτυχία για φωτομετρία. Το σημαντικό πράγμα είναι ότι πρέπει να γνωρίζετε καλά την κάμερά σας, ώστε να πάρετε τα μέγιστα από αυτήν. Κατόπιν, μπορείτε να αξιοποιήσετε ότι ξέρετε για να σχεδιάσετε κατάλληλα το πρόγραμμά σας. Μερικά πράγματα που πρέπει να σκεφτείτε σε σχέση με την κάμερά σας:

### Γραμμικότητα και χωρητικότητα εικονοστοιχείων (Linearity and well depth)

Τα εικονοστοιχεία της κάμερας CCD ανταποκρίνονται με γραμμικό τρόπο στα φωτόνια: ένα φωτόνιο ισούται με  $X$  μονάδες (counts) μέχρι ενός σημείου (όπου το  $X$  είναι μια σταθερά που ορίζεται από το gain). Ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα που πρέπει να ξέρετε για τον αισθητήρα της CCD σας είναι ότι κάθε εικονοστοιχείο μπορεί να χειριστεί μόνο μια ορισμένη ποσότητα φωτός ώστε να σας παρέχει ταυτόχρονα ακριβή καταμέτρηση. Η υπέρβαση αυτής της ποσότητας, που ονομάζεται «χωρητικότητα εικονοστοιχείων» -σε κάποιο pixel του αισθητήρα, θα προκαλέσει υπερχείλιση των επιπλέον φωτονίων και θα δημιουργήσει ηλεκτρόνια που θα επιδράσουν σε γειτονικά pixels δημιουργώντας ένα αποτέλεσμα που ονομάζεται «blooming» στο οποίο φαίνονται αιχμές να έρχονται κάθετα πάνω και κάτω από το κορεσμένο pixel. Πριν φτάσετε σε αυτό το σημείο, η απόκριση των εικονοστοιχείων σε φωτόνια μπορεί επίσης να αλλάξει, να γίνει «μη γραμμική».

Για να αποφύγουν αυτό το φαινόμενο, μερικές κάμερες CCD σχεδιάζονται με πύλες anti-blooming (ABG) που παροχετεύουν τα επιπλέον ηλεκτρόνια πριν επιδράσουν στα γειτονικά pixels. Μπορεί αυτό να είναι θετικό για να μη φαίνονται αιχμές σε αστροφωτογραφίες, είναι όμως αρνητικό για τη φωτομετρία γιατί μπορεί να ακυρώσει τη γραμμικότητα του αισθητήρα και να δώσει μη ακριβή αποτελέσματα.



Εικόνα (σε αρνητικό) που δείχνει το blooming

Ευτυχώς, μπορεί να χρησιμοποιείται κάμερα ABG με την προϋπόθεση να γνωρίζετε τους περιορισμούς και να μην τους ξεπερνάτε. Ακόμα όμως και με κάμερα μη-ABG, παραμένει σημαντικό να ξέρετε το όριο κορεσμού της. Πρέπει να τονιστεί πως τα εικονοστοιχεία φτάνουν στον κόρο ή η κάμερα γίνεται μη γραμμική αρκετά πριν εμφανιστεί το blooming. Πρέπει λοιπόν να γνωρίζετε αυτό το όριο για να μην επηρεαστούν οι μεταβλητές και οι αστέρες συγκρίσεως.

Δείτε το *Infobox* στη σελίδα 16 για οδηγίες σχετικά με τον προσδιορισμό της γραμμικότητας της κάμεράς σας.

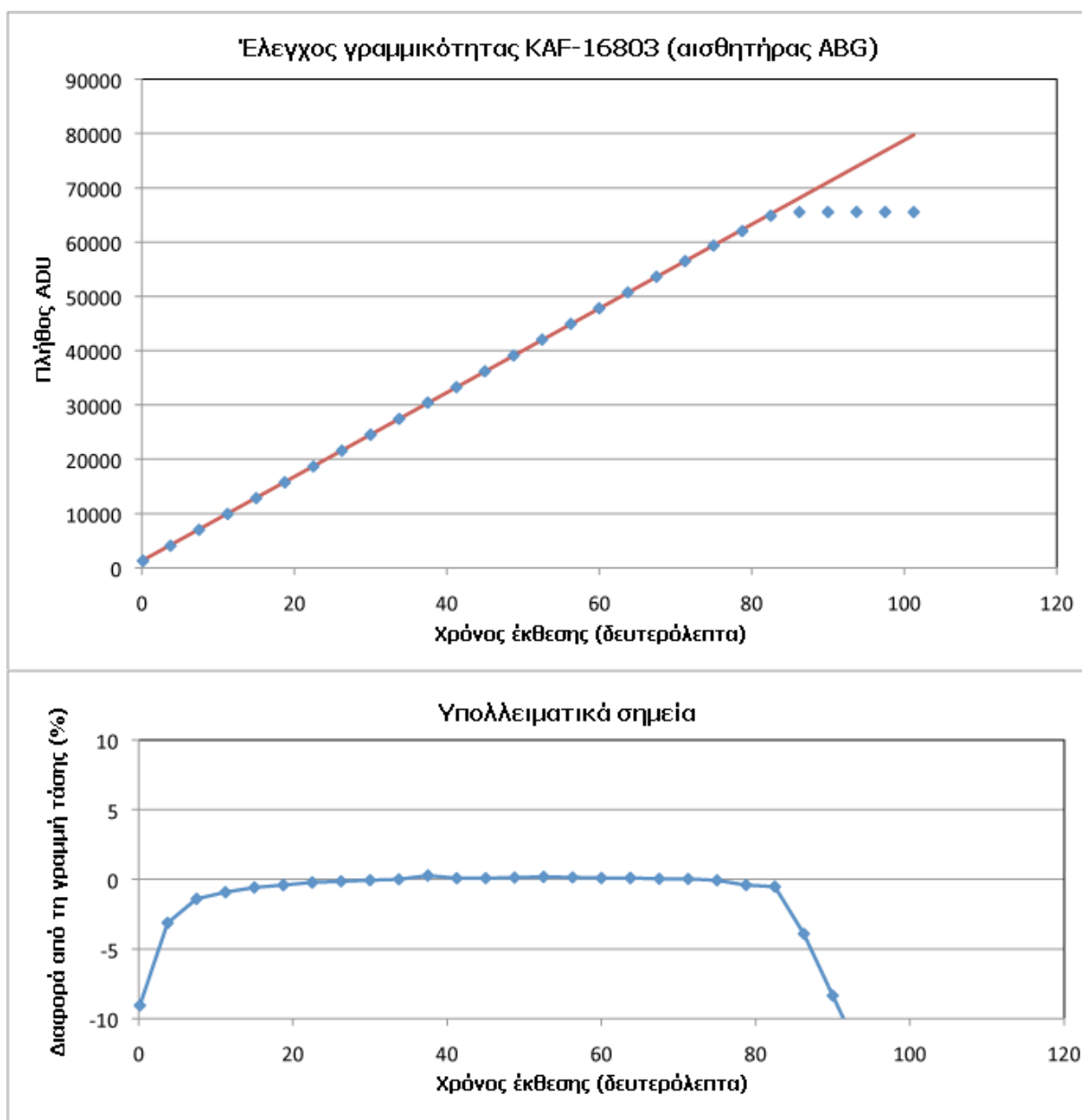
### Προβλήματα του αισθητήρα

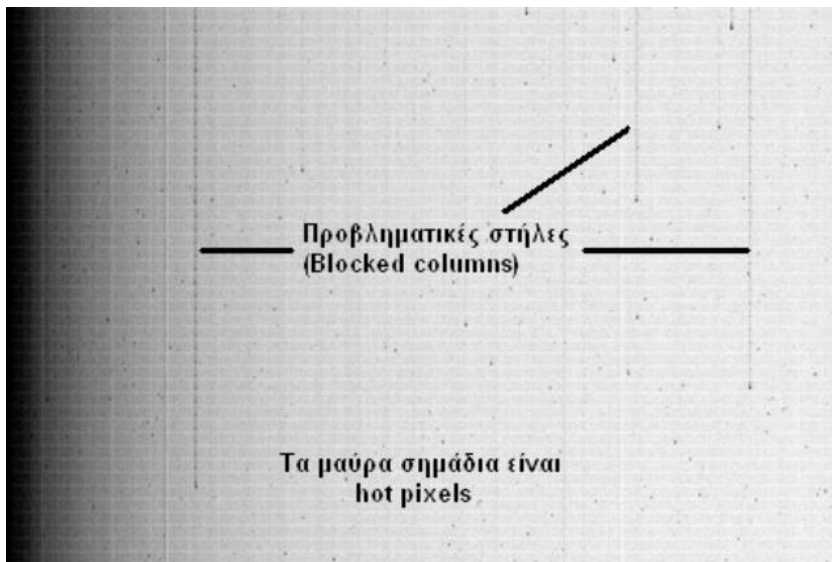
Οι αισθητήρες CCD μπορεί μερικές φορές να έχουν (ή να αναπτύξουν με την πάροδο του χρόνου) προβλήματα, όπως τα «hot pixel», τα «blocked columns» ή άλλα. Η εμφάνιση αυτών των ελαττωμάτων δεν σημαίνει συνήθως ότι πρέπει να τον πετάξετε και να αγοράσετε νέα κάμερα! Τα περισσότερα δεν είναι πρόβλημα και δεν θα επηρεάσουν την ποιότητα της φωτομετρίας σας καθώς μπορούν να αποφευχθούν. Ένας τρόπος είναι να επιθεωρήσετε προσεκτικά μερικές από τις εικόνες σας και να σημειώσετε αυτό που βλέπετε. Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα πρόχειρο σκίτσο των ελαττωμάτων στην εικόνα και να κάνετε πίνακα συντεταγμένων για το καθένα. Επίσης, δεδομένου ότι τα τσιπ CCD υφίστανται γήρανση με το χρόνο, είναι καλή ιδέα να επαναλαμβάνετε αυτήν τη διαδικασία τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Έχοντας διαθέσιμες αυτές τις πληροφορίες, καθώς το τηλεσκόπιό σας σκοπεύει το πεδίο που μελετάτε, θα μπορέσετε να αποφύγετε την τοποθέτηση των άστρων που σας ενδιαφέρουν σε προβληματικούς τομείς του αισθητήρα.

### Infobox 3.1 – Πώς να διερευνήσετε τη γραμμικότητα της κάμεράς σας

1. Τοποθετείστε μια ρυθμιζόμενη πηγή που θα φωτίζει μια λευκή οθόνη. Δεν χρειάζεται να είναι απολύτως ομοιόμορφος ο φωτισμός, αρκεί να είναι σταθερός.
2. Στρέψτε το τηλεσκόπιο προς την οθόνη και ρυθμίστε τη φωτεινότητα ώστε έκθεση 10 δευτερολέπτων να προκαλεί 10.000 ADU στην κεντρική περιοχή.
3. Λάβετε μια σειρά εικόνων με την έκθεση να αυξάνεται κατά 10 δευτερόλεπτα (10, 20, 30, 40 κλπ) έως ότου φανεί πως έχει φτάσει στον κόρο.
4. Κάντε το γράφημα του χρόνου έκθεσης ως προς την ένδειξη ADU της ίδιας κεντρικής περιοχής.
5. Λάβετε 1-2 εκθέσεις στα μεσοδιαστήματα των 10 δευτερολέπτων και ακόμα περισσότερες στις περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, δηλαδή εκεί που υπάρχει απόκλιση από την ευθεία γραμμή.

Από αυτό το γράφημα θα είστε σε θέση να καθορίσετε σε ποιά ένδειξη ADU έρχεται στον κόρο η κάμερα κι αν στο ενδιάμεσο υπάρχει μη γραμμική συμπεριφορά.





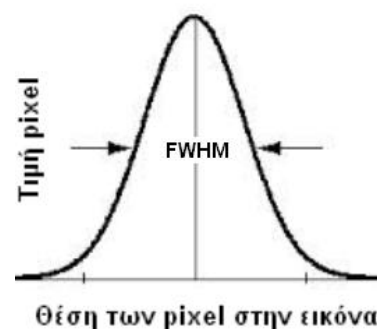
Εικόνα bias σε αρνητικό που φαίνονται hot pixels και προβληματικές στήλες

### Ανάλυση και οπτικό πεδίο

Ο συνδυασμός κάμερας και τηλεσκοπίου καθορίζει την ανάλυση και το οπτικό πεδίο που δίνει ο εξοπλισμός σας. Είναι σημαντικό να τα γνωρίζετε και να σχεδιάζετε το πρόγραμμα παρατηρήσεων ώστε να αξιοποιεί τις δυνατότητες του συστήματός σας.

### Δειγματοληψία

Όταν εξετάζετε την εικόνα ενός άστρου, θα δείτε πως αποτελείται από μια ομάδα pixels που κάποια κοντά στο κέντρο είναι λαμπρότερα ενώ αυτά που βρίσκονται στην περιφέρεια είναι αμυδρότερα. Τα ιδανικά οπτικά είδωλα σημειακών πηγών παρουσιάζουν κατανομή της έντασης που ονομάζεται δίσκος Airy. Εντούτοις, στην πράξη, το φως των άστρων (που επίσης θεωρούνται σημειακές πηγές) διαχέεται καθώς περνά από την ατμόσφαιρα και επεκτείνει την κατανομή. Το σημάδι που αναπαριστά το είδωλο του άστρου στην εικόνα λέγεται seeing disk επειδή οι ατμοσφαιρικές συνθήκες έχουν ισχυρή επίδραση στην ένταση του φωτός. Για να μετρήσουν οι επιστήμονες την ένταση ενός τέτοιου ειδώλου χωρίς σαφή όρια, χρησιμοποιούν τον όρο "Full Width at Half Maximum – FWHM" που ορίζεται ως το πλήθος των εικονοστοιχείων που περικλείονται στο ήμισυ της δυναμικής περιοχής μεταξύ του υποβάθρου και του λαμπρότερου (πληρέστερου) εικονοστοιχείου του ειδώλου.



Για να έχετε τα καλύτερα αποτελέσματα που μπορείτε από τη φωτομετρία σας, θα πρέπει να προσπαθήσετε να κάνετε τέτοια δειγματοληψία, ώστε το FWHM του seeing disk να απλώνεται σε δύο έως τρία εικονοστοιχεία. Αυτό θα βοηθήσει στη βελτιστοποίηση του λόγου σήματος προς θόρυβο (SNR) και θα αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων σας.

Λοιπόν, πώς ξέρετε αν το σύστημά σας δίνει τη σωστή δειγματοληψία του seeing disk; Η απάντηση είναι απλή. Το μόνο που έχετε να κάνετε είναι να το μετρήσετε άμεσα. Απλά λάβετε μια καλά εστιασμένη εικόνα τυχαίου πεδίου αστέρων που βρίσκεται κοντά στο ζενίθ. Τα περισσότερα λογισμικά CCD έχουν ένα εργαλείο για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών ενός μεμονωμένου αστρικού ειδώλου, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους του seeing disk (δηλ του FWHM) που εκφράζεται σε pixels. Αυτή είναι η δειγματοληψία του συστήματός σας για τα αστρικά είδωλα.

Μετρήστε αρκετά αστέρια γύρω από το κέντρο της εικόνας που έχουν σχετικά υψηλό SNR, αλλά δεν είναι κορεσμένα. Αυτό μπορεί να διαφέρει λίγο σε όλη την εικόνα, λόγω του φαινομένου του seeing και των οπτικών εκτροπών. Μπορεί επίσης να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου, καθώς αλλάζει το seeing λόγω της στίλβης. **Απλά ψάχνετε για ένα κατά προσέγγιση αριθμό των 2-3 pixel ανά FWHM.**

Συχνά, η επίτευξη αυτού του στόχου δεν είναι εφικτή ή ακόμη και πιθανή, δεδομένου ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες του seeing και τους περιορισμούς του εξοπλισμού σας, αλλά μπορεί να είστε σε θέση έστω να το εκτιμήσετε. Εάν λαμβάνετε κατά μέσο όρο FWHM λιγότερο από 2 εικονοστοιχεία, μάλλον κάνετε υποδειγματοληψία. Αν το FWHM του seeing disk είναι περισσότερο από 3 pixel σε διάμετρο, μπορεί να έχετε υπερδειγματοληψία. Και οι δύο καταστάσεις δημιουργούν προβλήματα στην ακρίβεια της φωτομετρίας σας, αν και η υποδειγματοληψία είναι πολύ χειρότερη από ό, τι η υπερδειγματοληψία. Ευτυχώς, υπάρχουν λύσεις που μπορείτε να εφαρμόσετε για να διορθωθεί η κατάσταση.

*Τι μπορώ να κάνω σε περίπτωση υποδειγματοληψίας (undersampling);*

Ο στόχος εδώ είναι να προσπαθήσετε να αυξήσετε το μέγεθος του seeing disk στην εικόνα σας. Μια επιλογή θα ήταν να **αφεσιιάσετε λίγο το τηλεσκόπιο σας και στη συνέχεια, να αυξήσετε το χρόνο έκθεσης**. Αν πρέπει να αφεσιιάσετε, να είστε στη συνέχεια πολύ προσεκτικοί ώστε τυχόν γειτονικά άστρα δεν είναι αρκετά κοντά ώστε να επηρεάσουν τη φωτομετρία. Επίσης, προσπαθήστε να δημιουργήσετε flat frames (δείτε την επόμενη ενότητα) που είναι εκτός εστίασης στον ίδιο βαθμό και να λαμβάνετε πάντα τις εικόνες σας με το ίδιο μέγεθος αφεσιιάσης (το οποίο μπορεί να είναι πολύ δύσκολο!). Μπορείτε να βρείτε επίσης ότι η προσθήκη ενός καλής ποιότητας focal extender ή Barlow θα μπορούσε να βοηθήσει κάπως την κατάσταση.

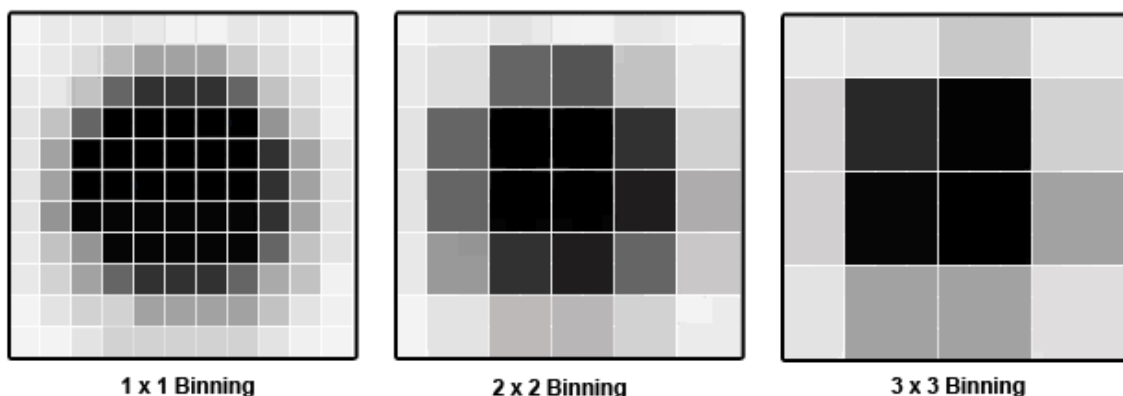
*Τι μπορώ να κάνω σε περίπτωση υπερδειγματοληψίας (oversampling);*

Πρώτα απ' όλα, ελέγξτε την εστίαση και βεβαιωθείτε ότι κάθε seeing disk είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Αν το FWHM είναι μεγαλύτερο από έξι εικονοστοιχεία, θα μπορούσατε να εξετάσετε τη χρήση ενός μειωτή εστιακού λόγου. Όχι μόνο θα μειώσει το μέγεθος του pixel σας με τη μείωση της εστιακής απόστασης, αλλά θα σας δώσει επίσης ένα μεγαλύτερο οπτικό πεδίο. Μια άλλη επιλογή που αξίζει να εξετάσετε είναι το binning.

### Binning

Το binning είναι κάτι που μπορείτε να κάνετε για να αυξήσετε το λειτουργικό μέγεθος των pixel ομαδοποιώντας έναν αριθμό από αυτά. Το λογισμικό σας μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να συνθέτει μια ομάδα 2 X 2 pixel για τα κάνει να ενεργούν ως ένα. Υπάρχει ωστόσο μια επίπτωση. Θα μειωθεί η ανάλυση κι έτσι πρέπει να είστε σίγουροι ότι τα είδωλα των άστρων δεν αναμειγνύονται με άλλα γειτονικά. Επίσης, αν ένα από τα τέσσερα εικονοστοιχεία της ομάδας είναι κορεσμένο, η ακρίβεια της φωτομετρίας θα επηρεαστεί. Αν κάνετε έλεγχο γραμμικότητας (όπως περιγράφεται στη σελίδα 16), βεβαιωθείτε ότι τον εκτελείτε χρησιμοποιώντας το ίδιο επίπεδο binning που θα χρησιμοποιήσετε για τις εικόνες δεδομένων. Οι εικόνες βαθμονόμησης θα πρέπει επίσης να έχουν το ίδιο binning. *Δεν συνιστάται binning με ομάδες μεγαλύτερες από 2x2 pixel.*





### Κλίμακα εικόνας ή ανάλυση του CCD

Μια επιπλέον χρήσιμη πληροφορία που πρέπει να γνωρίζετε για το σύστημά σας είναι η κλίμακα ή ανάλυση της εικόνας που υπολογίζεται με τον τύπο:

$$\text{Κλίμακα εικόνας} = (\text{μέγεθος pixel του CCD} / \text{εστιακό μήκος}) \times 206,265$$

*(Κλίμακα εικόνας σε δευτ.τόξου/ pixel, μέγεθος pixel σε μικρά(microns), εστιακό μήκος σε mm)*

Το μέγεθος pixel θα βρείτε από τον κατασκευαστή του CCD. Το εστιακό μήκος του τηλεσκοπίου ισούται με τον εστιακό λόγο επί τη διάμετρο.

Γνωρίζοντας την κλίμακα εικόνας του συστήματός σας, μπορείτε εύκολα να υπολογίσετε το seeing της τοποθεσίας παρατήρησης για μια δεδομένη νύχτα με τον τύπο:

$$\text{Seeing} = \text{Κλίμακα εικόνας} \times \text{FWHM}$$

Το seeing σε περιστατικές τοποθεσίες είναι κατά μέσο όρο 3-4 δευτερόλεπτα τόξου αλλά βεβαίως ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να είναι καλύτερο ή χειρότερο κάποιες νύχτες.

### Οπτικό πεδίο

Γνωρίζοντας εκ των προτέρων το οπτικό πεδίο (FOV) του συστήματός σας είναι απαραίτητο για να σας βοηθήσει να βρείτε την ακριβή περιοχή του ουρανού που θέλετε στην εικόνα. Είναι επίσης καλή ιδέα να ελέγξετε με ένα χάρτη ή πλανηταριακό λογισμικό για να δείτε εάν το πεδίο σας είναι πράγματι αρκετά μεγάλο ώστε να περιέχει ταυτόχρονα στην εικόνα τον μεταβλητό, καθώς και όλα τα αστέρια σύγκρισης που θα χρειαστείτε για τη φωτομετρία. Αν δε συμβαίνει αυτό, μπορεί να χρειαστεί να ρυθμίσετε το ενεργό εστιακό μήκος του συστήματός σας.

Για τον υπολογισμό του FOV, χρησιμοποιήστε την κλίμακα της εικόνας που υπολογίστηκε παραπάνω, σε συνδυασμό με το μέγεθος του ανιχνευτή σας σε pixels:

$$\text{FOV} = (\text{κλίμακα εικόνας} \times \text{πλάτος}) / (\text{κλίμακα εικόνας} \times \text{ύψος})$$

*(FOV σε δευτ.τόξου, ύψος και πλάτος του αισθητήρα σε pixels)*

Παρακάτω είναι δύο παραδείγματα συστημάτων με την ίδια κάμερα:

Κάμερα CCD: SBIG ST402 (αισθητήρας KAF-0402), μέγεθος αισθητήρα 765 X 510 pixels

**Παράδειγμα 1 :**

*Τηλεσκόπιο:* διοπτρικό Takahashi, κλίμακα εικόνας = 3.5 arcsec / pixel (χαμηλή ανάλυση)

FOV = Ύψος: 3.5 arcsec/pixel X 765 pixels = 2677 arcsec  
Πλάτος: 3.5 arcsec/pixel X 510 pixels = 1785 arcsec  
**44' X 30'**

**Παράδειγμα 2 :**

*Τηλεσκόπιο:* Celestron 11" SCT, κλίμακα εικόνας = 0.66 arcsec / pixel (υψηλή ανάλυση)

FOV = Ύψος: 0.66 arcsec/pixel X 765 pixels = 505 arcsec  
Πλάτος: 0.66 arcsec/pixel X 510 pixels = 337 arcsec  
**8.4' X 5.6'**

Η καλή φωτομετρία μπορεί να επιτευχθεί σε εικόνες ανεξάρτητα από το αν το Οπτικό σας Πεδίο είναι μεγάλο ή μικρό. Το μεγάλο οπτικό πεδίο ταιριάζει σε λαμπρούς στόχους στους οποίους οι αστέρες συγκρίσεως συνήθως απέχουν από τον μεταβλητό. Ένα σύστημα μικρού οπτικού πεδίου είναι κατάλληλο για αμυδρότερους στόχους ή για να αναλύει σε πεδία υψηλής συγκέντρωσης αστέρων.

**Φίλτρα**

Πολλές κάμερες CCD περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να τοποθετήσετε φίλτρα διαφόρων ειδών στην διαδρομή της δέσμης μεταξύ του τηλεσκοπίου και του ανιχνευτή CCD. Στη φωτομετρία, τα φίλτρα περιορίζουν το εύρος μήκους κύματος των δεδομένων που έρχονται στον ανιχνευτή σε μια δεδομένη στιγμή. Αυτό σας δίνει τη δυνατότητα να μετρηθεί το φάσμα μιας πηγής σε καλά καθορισμένες περιοχές, παρέχοντας περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη φυσική σημασία της εκπομπής. Κατά μία έννοια, η φωτομετρία με φίλτρα είναι σαν μια (πολύ) χαμηλή φασματοσκοπική ανάλυση. Αυτό μπορεί να παρέχει πρόσθετες φυσικές πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο που παρατηρείτε και σε γενικές γραμμές, μπορεί να αυξήσει τη χρησιμότητα των παρατηρήσεών σας. Η χρήση φίλτρων μπορεί να είναι πολύτιμη και μερικές φορές χρειάζεται, αλλά είναι μια επιβάρυνση από την άποψη της εργασίας. Φτάνει λιγότερο σήμα στην κάμερα, έτσι ώστε οι χρόνοι έκθεσης να είναι μεγαλύτεροι. Το αποτέλεσμα ωστόσο θα είναι, εσείς και οι ερευνητές που χρησιμοποιούν τα δεδομένα σας, να λάβετε περισσότερες φυσικές πληροφορίες σχετικά με τους αστέρες.

Οι ορθά επεξεργασμένες παρατηρήσεις σας θα συσχετισθούν καλύτερα με εκείνες άλλων παρατηρητών, όταν χρησιμοποιείτε πρότυπα φωτομετρικά φίλτρα. Ο λόγος είναι ότι κάθε μοντέλο αισθητήρα CCD έχει ελαφρώς διαφορετική φασματική απόκριση. Χωρίς φίλτρα, οι παρατηρήσεις σας μπορούν ενδεχομένως να εξακολουθήσουν να είναι χρήσιμες για ανάλυση περιόδου, αλλά τα μεγέθη που προκύπτουν μπορεί να είναι αυθαίρετα και να διαφέρουν σημαντικά από εκείνα των άλλων παρατηρητών. Τα αποτελέσματα όχι μόνο θα αντικατοπτρίζουν τις ιδιότητες του συγκεκριμένου σας CCD, αλλά το γεγονός ότι απεικονίζετε ολόκληρο το φάσμα ενός αστέρα σημαίνει ταυτόχρονα ότι οι παρατηρήσεις σας θα τον παρουσιάζουν σημαντικά λαμπρότερο από ό, τι είναι οπτικά ή μέσω απεικόνισης με ένα φίλτρο V.

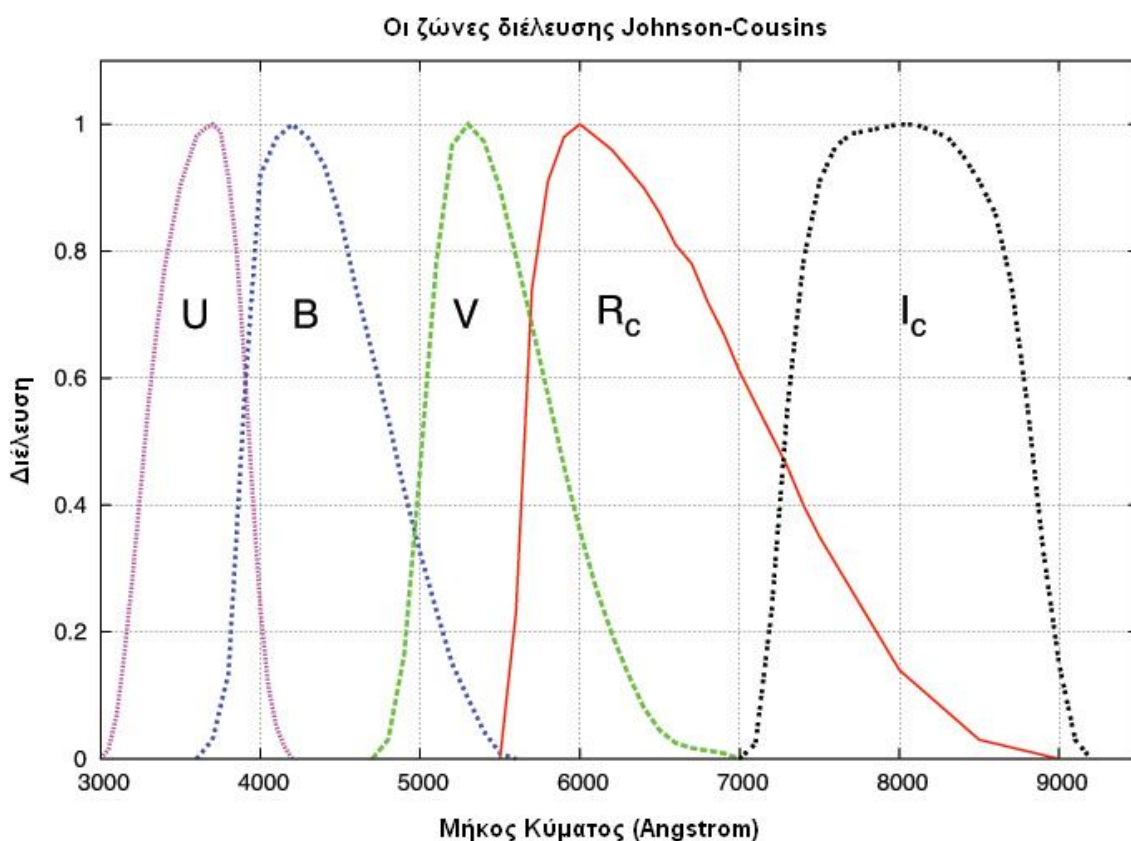


Υπάρχουν συνήθως τρεις περιπτώσεις όπου είναι χρήσιμες παρατηρήσεις χωρίς φίλτρο: όταν η πηγή είναι γνωστό ότι έχει ουδέτερο χρώμα – δηλαδή όπου όλα τα μήκη κύματος είναι εξίσου φωτεινά (συνήθως σε θερμότερα αντικείμενα όπως CVs σε φάση έκρηξης), όταν το αντικείμενο είναι πολύ αμυδρό και έχει μεγάλη αξία απλά η ανίχνευση της πηγής (όπως σε εκρήξεις ακτίνων γάμμα) ή όταν ο προσδιορισμός της περιόδου είναι ο πρωταρχικός επιστημονικός στόχος.

Μερικοί άνθρωποι χρησιμοποιούν μη-φωτομετρικά φίλτρα για τις παρατηρήσεις τους. Το πρόβλημα με αυτούς είναι ότι είναι μη-πρότυπα και είναι δύσκολο (αν όχι αδύνατο) να μετατραπούν τα αποτελέσματά σας στο καθιερωμένο σύστημα. Δεν θα είστε σε θέση να χρησιμοποιήσετε τα δημοσιευμένα μεγέθη αστέρων σύγκρισης ή ελέγχου που δίνονται συνήθως χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα χρώματα ή να συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας με εκείνα άλλων παρατηρητών.

Εάν χρησιμοποιείτε μόνο ένα φίλτρο, η καλύτερη επιλογή θα ήταν το Johnson V. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μεγέθη που προέρχονται από φωτογραφίες που έχουν τραβηχτεί με αυτό το φίλτρο μιμούνται πιο στενά παρατηρήσεις που έγιναν οπτικά. Εάν επιθυμείτε να χρησιμοποιήσετε ένα δεύτερο φίλτρο, το επόμενο πιο χρήσιμο είναι το Johnson B ακολουθεί το Cousins I, Cousins R και Johnson U με αυτή τη σειρά. "Johnson" και "Cousins" υποδηλώνουν απλώς τυπικές ζώνες διέλευσης φίλτρων που αναπτύχθηκαν από τους Harold Johnson και Alan Cousins αντίστοιχα.

Καθώς η ποιότητα των φίλτρων υποβαθμίζεται με την πάροδο του χρόνου, είναι απαραίτητο να ελέγχετε τα φίλτρα σας σε ετήσια βάση, να λαμβάνετε συχνά νέες εικόνες βαθμονόμησης (δείτε το επόμενο κεφάλαιο) και να τα καθαρίζετε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.



Εικόνα 3.1 – Διάγραμμα της διέλευσης ως προς το μήκος κύματος κάθε φίλτρου Johnson-Cousins (με την άδεια του Michael Richmond, RIT)

## Υπολογιστές και λογισμικό

Από τη στιγμή που πιθανότατα θα ξοδεύετε περισσότερο χρόνο εργασίας με τα δεδομένα σας στον υπολογιστή από ό, τι στην λήψη εικόνων στο τηλεσκόπιο, είναι σημαντικό ότι έχετε κάποιες βασικές γνώσεις υπολογιστή. Θα πρέπει επίσης να κατανοείτε το λογισμικό που χρησιμοποιείτε πολύ καλά, όχι μόνο πώς να το χρησιμοποιήσετε, αλλά και τις βασικές του λειτουργίες. Αφιερώνοντας λίγο χρόνο για να μάθετε σωστά τη χρήση του λογισμικού σας, θα αποζημιωθείτε γρήγορα.

Υπάρχουν διαθέσιμα πολλά καλά πακέτα λογισμικού και κάποια εκτελούν διάφορες ή όλες τις λειτουργίες που αναφέρονται παρακάτω. Η AAVSO δεν προκρίνει ειδικότερα κανένα από αυτά και ο παρών οδηγός δεν θα επιχειρήσει να εξηγήσει πώς να τα χρησιμοποιήσετε. Η επιλογή εξαρτάται από τις προσωπικές προτιμήσεις και τη συμβατότητα με το σύστημά σας. Από τη στιγμή που θα ξοδεύετε περισσότερο χρόνο στον υπολογιστή από ό, τι στο τηλεσκόπιο, είναι σημαντικό να επιλέξετε το λογισμικό που μπορείτε να χειρίζεστε άνετα και αφιερώστε χρόνο για να το μάθετε καλά. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μπορείτε να κατεβάσετε δοκιμαστικές εκδόσεις, ώστε να μπορείτε να κάνετε κάποια έρευνα πριν από την αγορά. Μπορεί επίσης να είναι χρήσιμο να συζητήσετε τις επιλογές με άλλους παρατηρητές ώστε να μάθετε για τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες του κάθε προϊόντος.

Μερικά από τα δημοφιλέστερα πακέτα λογισμικού είναι :

- AIP4WIN
- Astroart
- CCDOps
- FotoDif (στα ισπανικά)
- IRAF
- LesvePhotometry
- MaxIm DL
- MPO Canopus
- VPhot

Μερικές από τις λειτουργίες που πρέπει να εκτελεί το λογισμικό είναι :

**Διεπαφή με την κάμερα CCD** – Έλεγχος της κάμερας, επιλογή φίλτρων, λήψη εκθέσεων. Συχνά οι κάμερες συνοδεύονται με δικό τους λογισμικό.

**Επεξεργασία δεδομένων** – επεξεργασία εικόνων, εφαρμογή εικόνων βαθμονόμησης

**Αstromετρία** – γνωστή επίσης ως αστρομετρική επίλυση – plate solving – για να καθορίζονται οι συντεταγμένες RA και Dec των αστέρων που μελετάτε.

**Φωτομετρία** – Εκτέλεση μετρήσεων λαμπρότητας και δημιουργία αναφοράς στο πρότυπο της AAVSO.

Προφανώς, πρέπει να έχετε έναν υπολογιστή για να εκτελέσετε αυτό λογισμικό. Δεν υπάρχουν καθορισμένες απαιτήσεις εδώ, αλλά τα Windows είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο λειτουργικό σύστημα. Μερικά από τα πακέτα λογισμικού που αναφέρονται παραπάνω τρέχουν μόνο σε μηχανήματα Windows και μπορεί να μην υπάρχει διαθέσιμη έκδοση για Mac ή Linux. Είναι επίσης χρήσιμο να έχουν άφθονες θύρες USB, αφού χρειάζεστε μια για να λειτουργήσει η κάμερα, καθώς και άλλες για τυχόν περιφερειακές συσκευές που μπορεί να χρησιμοποιείτε.

Οι εικόνες που δημιουργείτε με την CCD κάμερά σας, θα αποθηκευτούν σε μορφή αρχείου FITS, (Flexible Image Transport System) που είναι η τυποποιημένη μέθοδος για την αποθήκευση επιστημονικών εικόνων σε αναγνώσιμα αρχεία από τον υπολογιστή και υποστηρίζεται από όλα τα πακέτα λογισμικού. Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό της μορφής FITS είναι ότι οι πληροφορίες σχετικά με την εικόνα (όπως το όνομα στόχου, ο χρόνος έκθεσης, κ.λπ.) μπορούν να αποθηκευτούν σε μορφή αναγνώσιμη από άνθρωπο, μαζί με την ίδια την εικόνα.

Μια άλλη απαραίτητη λειτουργία για έναν υπολογιστή είναι για να κρατά ακριβή χρόνο. Εάν έχετε πρόσβαση στο διαδίκτυο στο παρατηρητήριό σας, μπορείτε να λαμβάνετε ακριβή χρόνο από το κύριο ρολόι του USNO (<http://tycho.usno.navy.mil/simpletime.html>). Διαφορετικά, μπορεί να χρειαστεί να τον λάβετε από άλλη πηγή, π.χ. ένα σήμα χρόνου μετάδοσης, όπως το WWV στις ΗΠΑ ή κάτι αντίστοιχο σε άλλα μέρη του κόσμου. Υπάρχει επίσης διαθέσιμο λογισμικό για να ελέγξει και να διορθώσει αποκλίσεις χρόνου του συστήματός σας. Είτε έτσι είτε αλλιώς, είναι σημαντικό να ενημερώνετε συχνά το ρολόι του υπολογιστή σας για να δείχνει τον ακριβέστερο δυνατό χρόνο δεδομένου ότι αυτός είναι που τελικά θα καταγραφεί στην κεφαλίδα των εικόνων σας. Χωρίς συχνές ενημερώσεις, το ενσωματωμένο χρονόμετρο του υπολογιστή σας θα μπορούσε να αποκλίνει αρκετά δευτερόλεπτα (αν όχι περισσότερο) σε ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί να μη φαίνεται πολύ, αλλά για τη μέτρηση βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων σε μερικά άστρα ή να για μελέτη αποκρίσεων, θα μπορούσε να κάνει κρίσιμη διαφορά στη χρησιμότητα των δεδομένων σας.

Η άλλη σημαντική λειτουργία ενός υπολογιστή είναι η αποθήκευση των δεδομένων και η αρχειοθέτηση. Όπως θα ανακαλύψετε σύντομα, δεν θα πάρει πολύ για να αρχίσει να συγκεντρώνεται πλήθος εικόνων που θα καταναλώσουν πολύ χώρο αποθήκευσης στον υπολογιστή σας. Θα πρέπει να αποφασίσετε πώς θα το χειριστείτε με έναν οργανωμένο τρόπο πριν ξεκινήσετε. Ο καθένας μία φορά στο τόσο, κάνει λάθη ή δεν εντοπίζει προβλήματα με τις εικόνες και δεν είναι ασυνήθιστο για τους παρατηρητές να βρουν κάποιο σφάλμα στην επεξεργασία, μια αλλαγή στην ακολουθία αστέρων συγκρίσεως ή κάποιο άλλο λόγο για να ανακτήσουν εικόνες από το παρελθόν. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό ότι τα αρχεία σας είναι πλήρη και οργανωμένα έτσι ώστε να μπορείτε να βρείτε ό, τι χρειάζεστε όσο το δυνατόν ευκολότερα.

Αυτά είναι τα στοιχεία που πρέπει να διατηρείτε στο αρχείο σας:

- Ημερολόγιο με σημειώσεις του τι παρατηρήθηκε, τον καιρό, τη φάση της Σελήνης κλπ
- Εικόνες βαθμονόμησης
- Πρωτογενείς (raw) εικόνες
- Βαθμονομημένες εικόνες
- Ημερολόγιο παρατηρήσεων
- Σημειώσεις σχετικά με την επεξεργασία

## **Χάρτες**

Η χρήση κατάλληλων χαρτών μεταβλητών αστέρων είναι ένα σημαντικό μέρος κάθε προγράμματος παρατήρησης και η AAVSO έχει δημιουργήσει ένα online εργαλείο για να το κάνει εύκολο για σας. Μπορείτε να βρείτε το "Variable Star Plotter" (VSP) μαζί με τους υπερσυνδέσμους σε σελίδες βοήθειας, στην ιστοσελίδα της AAVSO:

***<http://www.aavso.org/vsp>***

Κάποιες από τις επιλογές που μπορεί να βρείτε χρήσιμες για την παρατήρηση με CCD είναι:

*Choose a chart orientation* – η επιλογή CCD θα δημιουργήσει χάρτη με το Βορρά επάνω και την Ανατολή στα αριστερά, όπως φαίνεται και από την κάμερά σας.

*Do you want a chart or list of field photometry?* - Μπορείτε να επιλέξετε να σχεδιάσετε ένα χάρτη ή απλά έναν πίνακα φωτομετρικών μεγεθών του πεδίου. Συνιστάται να χρησιμοποιείτε και τα δύο. Ο πίνακας φωτομετρίας θα είναι χρήσιμος όταν επιλέγετε αστέρες συγκρίσεως δεδομένου ότι δίνει τη θέση, το χρώμα και πληροφορία για το μέγεθος μέσω διαφορετικών φίλτρων. Το πεδίο σχολίων είναι επίσης χρήσιμο, δεδομένου ότι σας προειδοποιεί για πιθανά προβλήματα ή πράγματα που πρέπει να προσέξετε όταν χρησιμοποιείτε κάποιον αστέρα συγκρίσεως.

Είναι επίσης σημαντικό να δημιουργήσετε ένα χάρτη του τμήματος του ουρανού που πρόκειται να απεικονίσετε, ώστε να τον χρησιμοποιήσετε για να ελέγξετε ότι έχετε προσδιορίσει σωστά το πεδίο. Επιθεωρήστε το χάρτη πολύ προσεκτικά και εάν είναι απαραίτητο, δημιουργήστε ένα χάρτη μεγάλης κλίμακας (μεγέθυνσης), έτσι ώστε να μπορείτε να τον χρησιμοποιήσετε για να ελέγξετε αν υπάρχουν άλλα άστρα πολύ κοντά στον μεταβλητό ή σε οποιοδήποτε από τους αστέρες συγκρίσεως που σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε.

Οι ακολουθίες αστερων συγκρίσεως της AAVSO έχουν επιλεγεί και βαθμονομηθεί προσεκτικά και παρακαλούμε να τις χρησιμοποιήσετε! Η χρήση ακολουθιών εκτός AAVSO δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα δεδομένα σας θα είναι άχρηστα, αλλά πιθανότατα δεν θα συσχετιστούν ικανοποιητικά στη διεθνή βάση δεδομένων της AAVSO με παρατηρήσεις που γίνονται από άλλους.

Πολλά πακέτα λογισμικού (όπως VPhot) περιλαμβάνουν ήδη πληροφορίες για τους αστέρες συγκρίσεως της AAVSO κι έτσι δεν θα χρειαστεί να ψάξετε, πρέπει όμως να ελέγχετε για να βεβαιωθείτε ότι δεν είναι παρωχημένες. Αναθεωρήσεις, ενημερώσεις και νέες ακολουθίες παράγονται συνεχώς, κυρίως ως αποτέλεσμα αιτήσεων από παρατηρητές.

*Would you like to display a DSS image on the chart?* – Αυτή η επιλογή θα επιθέσει στο χάρτη σας μια εικόνα από το Digitized Sky Survey. Αυτό μπορεί επίσης να βοηθήσει στην αναγνώριση του πεδίου, καθώς δείχνει τα αστέρια με έναν τρόπο που μοιάζει περισσότερο με αυτό που θα δείτε να προέρχεται από την κάμερά σας.

*Would you like a standard field chart?* – Θα βρείτε χρήσιμη αυτή την επιλογή, όταν ετοιμάζετε να απεικονίσετε ένα πρότυπο πεδίο με σκοπό τον υπολογισμό των συντελεστών μετασχηματισμού. Η επιλογή αυτή σημαίνει ότι οι ετικέτες αστερων συγκρίσεως θα παραληφθούν από παντού, εκτός από τους "πρότυπους αστέρες". Δείτε το Κεφάλαιο 6 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους μετασχηματισμούς.

Εικόνα 3.2 – Ο Variable Star Plotter της AAVSO (VSP) με επισήμανση των επιλογών που σχετίζονται με CCD.

**Variable Star Plotter (VSP)**

**VARIABLE STAR PLOTTER**

**WHAT IS THIS?**  
The Variable Star Plotter (VSP) is the AAVSO's online chart plotting program that dynamically plots star charts for any location on the sky, or for any named object currently in the Variable Star Index (VSI). By creating charts this way, every chart utilizes the most current data available. Through the use of unique Chart IDs generated by the Variable Star Plotter, one user can plot a chart, and another user in different part of the world can plot an identical chart by simply using the same Chart ID. The Variable Star Plotter is the tool you should use to create any chart that you would like to use.

**WHAT CAN I DO?**  
By entering an object name or its coordinates on the sky, the Variable Star Plotter can produce a star chart for that object at location, and take it to your favorite observing measurements. Many software parameters are adjustable via this interface, allowing you to get the perfect chart for the job. Customizable field of view, print resolution, magnitude limit, and orientation can be set for any chart plotted, so these values can be duly assigned by selecting from one of the legacy chart systems familiar to many of our long-time observers. The charts produced by this tool include comparison star positions for visual magnitude estimates.

**HOW CAN I GET HELP?**  
For detailed instructions on using VSP, consult the help Guide. We also provide a [FAQ \(frequently asked questions\)](#) for plotting charts in your website or custom software. If you need further assistance, you can email us at [help@aaavso.org](mailto:help@aaavso.org).

**PLOT A QUICK CHART...**

WHAT IS THE NAME, DESIGNATION, OR AID OF THE OBJECT?  
*Required if no coordinates are provided below*  
MR UMa

CHOOSE A PREDEFINED CHART SCALE  
*A larger observer ID is greater, better*  
G

CHOOSE A CHART ORIENTATION  
 Visual  Reversed  CCD

DO YOU WANT A CHART OR A LIST OF FIELD PHOTOMETRY?  
 Chart  Photometry Table

**ADVANCED OPTIONS**

DO YOU HAVE A CHART ID?  
*A Chart ID will allow you to reproduce prior charts*  
[ ]

PLOT ON COORDINATES  
*Required if no name is provided above*  
RIGHT ASCENSION  
DECLINATION

WHAT WILL THE TITLE FOR THIS CHART BE?  
*Displayed at the top center of the chart*  
[ ]

WHAT COMMENTS SHOULD BE DISPLAYED ON THE CHART?  
*Displayed beneath the chart area field*  
[ ]

MISCELLANEOUS OPTIONS

7.5 FIELD OF VIEW \*  
20.5 MAGNITUDE LIMIT \*  
75 RESOLUTION \*

WHAT NORTH-SOUTH ORIENTATION WOULD YOU LIKE?  
 North Up  North Down

WHAT EAST-WEST ORIENTATION WOULD YOU LIKE?  
 East Right  East Left

WOULD YOU LIKE TO DISPLAY A DSS IMAGE ON THE CHART?  
*If Yes, retrieves and displays an image from the Digitized Sky Survey*  
 No  Yes

WHAT OTHER VARIABLE STARS SHOULD BE MARKED?  
 None  GCVS only  All

WOULD YOU LIKE ALL MAGNITUDE LABELS TO HAVE LINES?  
*If Yes, they will force lines to be drawn from all magnitude labels to the stars*  
 No  Yes

HOW WOULD YOU LIKE THE OUTPUT?  
*If HTML, headers/footers and other page information will be shown*  
 HTML  Printable

WOULD YOU LIKE A BINOCULAR CHART?  
*Binocular charts omit comparison star labels not useful for binocular viewing*  
 No  Yes

WOULD YOU LIKE A STANDARD FIELD CHART?  
*Standard field charts omit comparison star labels not included in the standard field*  
 No  Yes

**RESET ALL** **PLOT CHART**

**CHOOSE A CHART ORIENTATION**  
 Visual  Reversed  CCD

**DO YOU WANT A CHART OR A LIST OF FIELD PHOTOMETRY?**  
 Chart  Photometry Table

**WOULD YOU LIKE TO DISPLAY A DSS IMAGE ON THE CHART?**  
*If Yes, retrieves and displays an image from the Digitized Sky Survey*  
 No  Yes

**WOULD YOU LIKE A STANDARD FIELD CHART?**  
*Standard field charts omit comparison star labels not included in the standard field*  
 No  Yes