

Κεφάλαιο 7: Φωτομετρία και επιστήμη

Τα έξι πρώτα κεφάλαια αυτού του οδηγού σας παρέχουν όλα όσα χρειάζεστε για να κάνετε παρατηρήσεις μεταβλητών αστέρων με CCD που μπορεί να είναι χρήσιμες για την επιστήμη. Οι περισσότερες από τις απαιτήσεις, οι διαδικασίες, οι τεχνικές παρατήρησης και ανάλυσης περιγράφονται εκεί και είστε έτοιμοι να ξεκινήσετε την παρατήρηση. Το κεφάλαιο αυτό έχει σκοπό να σας δώσει κάποιο πρόσθετο αστρονομικό υπόβαθρο που θα σας βοηθήσει στο σχεδιασμό και την εκτέλεση παρατηρήσεων που είναι πιο πιθανό να δώσουν επιστημονικώς χρήσιμα αποτελέσματα. Σε πολλές περιπτώσεις, μια εκστρατεία παρατήρησης που θα ζητηθεί από την AAVSO ή άλλο οργανισμό, θα σας πει ακριβώς τι παρατηρήσεις χρειάζονται και γιατί. Εδώ θέλουμε να σας δώσουμε τις γενικές αρχές για το υπόβαθρο που πρέπει να καθοδηγεί την τεχνική σας. Μπορείτε να σκεφτείτε το κεφάλαιο 7 σαν ένα "έξτρα", αλλά πρέπει τουλάχιστον να το διαβάσετε διεξοδικά για να δείτε πώς, εδώ στην AAVSO, πιστεύουμε ότι πρέπει να γίνονται οι παρατηρήσεις σας. Ειδικότερα, θέλουμε να επικεντρωθούμε σε δύο πράγματα: (1) γιατί είναι χρήσιμες οι μετασχηματισμένες παρατηρήσεις με φίλτρα και (2) τι να σκεφτόμαστε όταν διαμορφώνουμε ένα σχέδιο παρατήρησης για ειδικές κατηγορίες μεταβλητών, συμπεριλαμβανομένων της χρήσης φίλτρων, του ρυθμού παρατήρησης και των χρόνων έκθεσης.

Πριν προχωρήσουμε περαιτέρω, ως αρχικό βήμα της διαδικασίας παρατήρησης θα πρέπει να συμβουλευτείτε το ιστοχώρο της AAVSO ώστε να δείτε τι πόροι υπάρχουν για τους παρατηρητές και για ποια άστρα ζητάμε δεδομένα. Για παράδειγμα, η AAVSO (και πολλοί άλλοι οργανισμοί μεταβλητών αστέρων) αναγγέλουν καμπάνιες παρατήρησης όπου ζητούνται στοιχεία σχετικά με συγκεκριμένους αστέρες σε συγκεκριμένες ώρες. Υπάρχουν επίσης αρκετοί μεταβλητοί για τους οποίους τα στοιχεία είναι πάντα απαραίτητα, έτσι ώστε να μην υπάρξει έλλειψη στόχων για εσάς. Εδώ στον Οδηγό, δεν θα καλύψουμε ποιούς συγκεκριμένους αστέρες πρέπει να παρατηρήσετε, γιατί υπάρχουν πάρα πολλοί που αξίζουν το χρόνο σας και θα χρειαζόταν ένα βιβλίο για το θέμα αυτό και μόνο. Απλά να έχετε κατά νου ότι μπορείτε να είστε επιλεκτικοί για το ποιούς στόχους θα εξερευνήσετε για να βελτιώσετε τα δεδομένα σας ώστε να είναι βέβαιο πως θα χρησιμοποιηθούν από τους ερευνητές. Η εξαίρεση είναι όταν εσείς είστε ο ερευνητής και έχετε μια καλά καθορισμένη ερευνητική ερώτηση που θέλετε να απαντήσετε με τις παρατηρήσεις σας, αλλά αυτό είναι επίσης ένα θέμα για ένα εντελώς διαφορετικό οδηγό.

Φωτομετρία και φίλτρα

Πριν ξεκινήσετε, μπορείτε να διαβάσετε τα παραρτήματα Α και Β του παρόντος Οδηγού, που καλύπτουν κάποιο υπόβαθρο για το φως και το πώς ακτινοβολούν τα άστρα. Η πιο απλή πληροφορία που προκύπτει από αυτή τη συζήτηση είναι ότι το φως των άστρων περιέχει περισσότερες πληροφορίες από το πόσο από αυτό φθάνει στο τηλεσκόπιό σας σε μια δεδομένη στιγμή και ότι μπορείτε να μάθετε περισσότερα κάνοντας παρατηρήσεις με τυποποιημένα φίλτρα παρά με την απλή λήψη μιας εικόνας χωρίς φίλτρο. Τα φωτομετρικά φίλτρα έχουν σαφώς καθορισμένες αποκοπές μηκών κύματος και οι ιδιότητες μετάδοσης έχουν σχεδιαστεί για να προσεγγίσουν πολύ ένα πρότυπο σύστημα, όπως τα Johnson-Cousins ή Sloan. Αν μετρήσετε το φως των άστρων μέσα από ένα από αυτά τα φίλτρα, κάνετε μια μέτρηση όχι της συνολικής ποσότητας του φωτός που έρχεται, αλλά της συνολικής ποσότητας του φωτός μέσα σε μία περιοχή μήκους κύματος που καθορίζεται από τη ζώνη διέλευσης του φίλτρου.

Η φωτομετρία με φίλτρα μπορεί να παράσχει πολύ χρήσιμες αστροφυσικές πληροφορίες. Αστέρες με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες (όπως η θερμοκρασία ή η χημική σύνθεση), θα έχουν μοναδικά φασματικά χαρακτηριστικά όπως μετρώνται σε κάθε ένα από αυτά τα φίλτρα. Για παράδειγμα, ένας αστέρας φασματικού τύπου A, θα έχει τέτοιο φάσμα ώστε, εάν λάβετε βαθμονομημένες μετρήσεις του αστεριού στα Johnson B και V, η διαφορά τους θα είναι κοντά στο 0,0. Πιο απλά, το χρώμα (B-V) των αστέρων τύπου A είναι κοντά στο μηδέν. Αυτό δίνεται εξ ορισμού – δηλαδή ο τρόπος που ορίστηκαν τα συστήματα μεγέθους την πρώτη φορά στο σύστημα Johnson. Το χρώμα (B-V) ενός άστρου τύπου G, ψυχρότερου από ένα άστρο τύπου A, θα είναι κάπου γύρω στο 0,7 – το βαθμονομημένο μέγεθος B θα είναι 0,7 μέγεθη πιο αμυδρο από το μέγεθος στο V. Οι φασματικοί τύποι των αστέρων βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις θερμοκρασίες τους, οι οποίες με τη σειρά τους αντικατοπτρίζουν το πώς φαίνονται τα φάσματά τους. Πιο σημαντικό, εάν λάβετε μια σειρά βαθμονομημένων φωτομετρικών παρατηρήσεων για ένα συγκεκριμένο αστέρα, τότε μπορείτε να συγκρίνετε αυτά τα χρώματα έναντι γνωστών φασματικών αποτυπωμάτων για να προσδιορίσετε κατά προσέγγιση το φασματικό τύπο του. Ο ακριβής φασματικός προσδιορισμός είναι πιο περίπλοκη διαδικασία που συνήθως περιλαμβάνει τη λήψη φασμάτων, αλλά τα φωτομετρικά χρώματα μπορεί να σας δώσουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες των αστέρων. Ένα προφανές παράδειγμα που δε θα εξετάσουμε εδώ είναι το διάγραμμα χρώματος-μεγέθους, όπου τα μεγέθη και τα χρώματα αστέρων σε σμήνη βρίσκονται σε πολύ καλά καθορισμένες θέσεις σε αυτό το διάγραμμα και αυτές οι θέσεις αντιστοιχούν σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης, όπως η κύρια ακολουθία και ο κλάδος των ερυθρών γιγάντων.

Τα πράγματα γίνονται ακόμη πιο ενδιαφέροντα για τους μεταβλητούς αστέρες, επειδή τα χρώματά τους μπορεί να αλλάξουν, την ώρα που μεταβάλλεται η συνολική τους λαμπρότητα. Να θυμάστε ότι τα χρώματα μπορεί να αντιστοιχούν εν μέρει με τη θερμοκρασία ενός άστρου. Γνωρίζουμε επίσης ότι κάποια αστέρια αλλάζουν τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των μεταβολών τους. Παλλόμενοι αστέρες, όπως οι Κηφείδες ή οι RR Lyrae μπορεί να την μεταβάλλουν κατά 1.000 K ή περισσότερο κατά τη διάρκεια ενός κύκλου παλμών και καθώς συμβαίνει αυτή η μεταβολή, οδηγεί σε μια ουσιαστική αλλαγή στο χρώμα, ειδικά σε (B-V). Έτσι, θα διαπιστώσετε μερικά πράγματα εάν εκτελέσετε βαθμονομημένη φωτομετρία του Κηφείδη με φίλτρα. Κατ'αρχάς, θα δείτε την καμπύλη στο V να έχει διαφορετικό πλάτος από την καμπύλη στο B (μπορεί ακόμη να έχουν ένα ελαφρώς διαφορετικό σχήμα και φάση). Δεύτερον, λόγω της διαφοράς μεταξύ V και B, θα δείτε ότι η καμπύλη χρώματος - ένα γράφημα του (B-V) συναρτήσεως του χρόνου - είναι επίσης μεταβλητή. Αυτές είναι χρήσιμες πληροφορίες για τους Κηφείδες, γιατί είναι ένας καλός τρόπος να δείξουμε για παράδειγμα, πως κατά τη διάρκεια αυτού του τμήματος της καμπύλης φωτός το άστρο είναι θερμότερο. Θα βρείτε παρόμοια παραδείγματα σε άλλες κατηγορίες μεταβλητών με μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του κύκλου, ένα καλό παράδειγμα είναι οι νάνοι καινοφανείς καθώς πηγαίνουν σε εκρηκτική φάση επειδή ο δίσκος προσαύξησης μεταβαίνει σε μια θερμή, λαμπρή κατάσταση που κυριαρχεί προσωρινά στο φως που προέρχεται από τον ψυχρότερο, πιο ερυθρό δευτερεύοντα αστέρα. Υπάρχουν και κάποιες άλλες φυσικές διεργασίες που μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές στο χρώμα, με παράδειγμα τη σκίαση από σκόνη. Η σκόνη διαχέει κατά προτίμηση τα μήκη κύματος του φωτός προς το μπλε έξω από την οπτική ευθεία, καθιστώντας τον υποκείμενο αστέρα εμφανίζεται πιο κόκκινος από ό, τι είναι. Η σκόνη είναι η αιτία που ορισμένοι μεταβλητοί μακράς περιόδου και αστέρες R Coronae Borealis φαίνονται πολύ κόκκινοι.

Γιατί, λοιπόν σχετίζονται όλα αυτά που με τη φωτομετρία μεταβλητών αστέρων; Σημειώστε ότι χρησιμοποίησε τη λέξη «βαθμονομημένη» πολλές φορές στη συζήτηση παραπάνω. Όταν δημιουργήθηκαν τα φασματικά πρότυπα, έγιναν έτσι χρησιμοποιώντας πολύ καλά καθορισμένα φίλτρα και εξοπλισμό των οποίων οι ιδιότητες ήταν κατανοητές και μετρούμενες.

Προσδιορίστηκαν επίσης κατά τέτοιο τρόπο ώστε να βαθμονομείται η ατμοσφαιρική απορρόφηση και να αφαιρείται από τις μετρήσεις. Τα φίλτρα σας, ο εξοπλισμός σας και οι συνθήκες παρατήρησης σχεδόν ποτέ δεν θα ταιριάζουν με εκείνα των παρατηρητών που δημιούργησαν τα φασματικά πρότυπα που ορίζουν τις ιδιότητες των αστέρων. Έτσι, αν προσδιορίσετε μεγέθη ένα V και B για ένα αστέρα χωρίς βαθμονόμηση των φίλτρων και του εξοπλισμού σας ή τον προσδιορισμό της ατμοσφαιρικής απορρόφησης, θα είναι διαφορετικά από εκείνα των γνωστών προτύπων. Μπορείτε να μετρήσετε το χρώμα (B-V) του αστέρα τύπου G που αναφέρθηκε παραπάνω και να βρείτε ότι είναι 0,8 αντί του 0,7 και ότι το άστρο τύπου A είναι 0,05, αντί του 0,0. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο θα πρέπει να καθορίσετε τους συντελεστές μετασχηματισμού σας χρησιμοποιώντας σαφώς καθορισμένα πρότυπα: προσδιορίζετε έτσι τις διορθώσεις που πρέπει να εφαρμοστούν στα δεδομένα σας έτσι ώστε οι μετρήσεις σας να βρίσκονται στο ίδιο σύστημα με εκείνο των συμπεφωνημένων προτύπων. Με αυτόν τον τρόπο, τα μεγέθη σας μπορεί να συγκρίνονται ευκολότερα με τα μεγέθη όλων των υπολοίπων. Δεν είναι ότι τα μεγέθη σας είναι "λάθος" - είναι ότι είναι διαφορετικά. Τελικά τα δεδομένα σας θα είναι πολύ πιο χρήσιμα αν μπορείτε να ελαχιστοποιήσετε τις διαφορές μεταξύ των μετρούμενων και πρότυπων μεγεθών. Αυτός είναι ο λόγος που ξοδεύουμε τόσο πολύ χρόνο ζητώντας από τους ανθρώπους να μετασχηματίζουν τα δεδομένα τους.

Σχετικά με το χρόνο: χρονική κλίμακα μεταβολών, χρόνοι και πλήθος εκθέσεων

Εάν έχετε μικρή έστω εμπειρία ως παρατηρητής μεταβλητών αστέρων, γνωρίζετε πιθανώς ότι διαφορετικά άστρα μεταβάλλονται με διαφορετικό τρόπο. Μερικά μπορεί να έχουν κύκλο της τάξεως δευτερολέπτων ή λεπτών (όπως κάποιοι κατακλυσμικοί μεταβλητοί), ενώ για άλλα μπορεί να διαρκεί εβδομάδες, μήνες ή χρόνια. Μερικά άστρα μπορεί ακόμη να εκδηλώνουν και τα δύο είδη μεταβλητότητας. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να έχουμε κατά νου όταν αποφασίζουμε να παρατηρήσουμε ένα συγκεκριμένο αστέρα. Εάν έχετε πολλούς διαφορετικούς τύπους μεταβλητών στο πρόγραμμα παρατήρησης σας, είναι σχεδόν βέβαιο ότι δεν θέλετε να χρησιμοποιήσετε την ίδια μέθοδο για κάθε άστρο. Τα τρία βασικά πράγματα που πρέπει να θυμάστε είναι:

- Πρέπει να είστε σε θέση να αποκτάτε αξιόλογο επίπεδο σήματος (SNR) με χρόνο έκθεσης μικρότερο από την περίοδο μεταβολής.
- Χρειάζεται να αθροίζετε πολλαπλές εκθέσεις λαμπρών άστων όταν ο χρόνος έκθεσης είναι κάτω από 10 δευτερόλεπτα, για να ελαχιστοποιείται η επίδραση της στίλβης.
- Δεν πρέπει να κάνετε πολλές παρατηρήσεις κάποιου μεταβλητού με μεγάλη περίοδο, ούτε βέβαια λίγες όταν η περίοδος είναι μικρή.

Η επισήμανση (1) παραπάνω, είναι κυρίως προειδοποίηση για αστέρες που έχουν πολύ γρήγορες μεταβολές και είναι εγγενώς αμυδροί. Το κλασικό παράδειγμα είναι η τροχιακή καμπύλη φωτός ή το superhump ενός μικρής περιόδου κατακλυσμικού μεταβλητού. Υπάρχουν πολλοί κατακλυσμικοί (CVs) των οποίων οι τροχιακές περιόδους είναι 90 λεπτά ή λιγότερο και που είναι επίσης πολύ αμυδροί. Το κόλπο είναι να καταλάβετε πώς να εξισορροπήσετε τις απαιτήσεις του λόγου σήματος προς θόρυβο με την προϋπόθεση ότι ο χρόνος έκθεσης σας αποκρύπτει τυχόν ενδιαφέρουσες αιφνίδιες μεταβολές.

Η επισήμανση (2) είναι μια κοινή προειδοποίηση για τους παρατηρητές που εργάζονται στο λαμπρότερο άκρο που είναι το 7^ο ή 8^ο μέγεθος για πολλά παραδοσιακά συστήματα SCT + CCD. Η στίλβη είναι μια ταχεία αλλαγή στην ένταση του αστρικού φωτός που προκαλείται από ανομοιογένειες στην ατμόσφαιρα της Γης. Δεν υπάρχει τίποτα που μπορείτε να κάνετε για να την αποφύγετε, εκτός από το να εξομαλύνετε τα αποτελέσματά της κατά μέσο όρο.

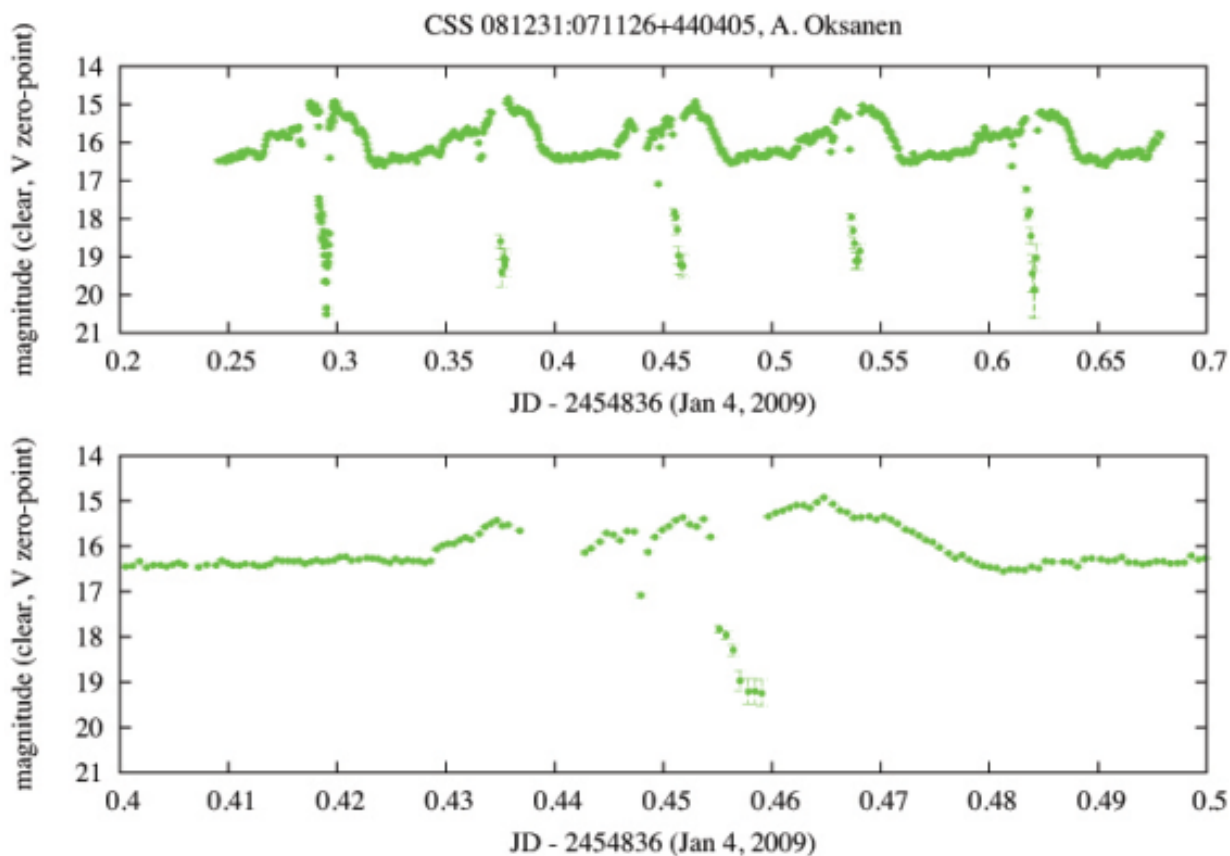
Οι ατμοσφαιρικές δίνες υπεύθυνες για τη στίλβη έχουν μια ευρεία κατανομή σε μεγέθη και είναι χειρότερες (α) με μικρά τηλεσκόπια και (β) σύντομους χρόνους έκθεσης. Υποθέτοντας ότι δεν μπορείτε να αυξήσετε το μέγεθος του αντικειμενικού σας, η μόνη διορθωτική μέθοδος που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε είναι να κάνετε πολλαπλές μετρήσεις και να τις αθροίσετε κατά μέσο όρο. Τότε μάλλον θα δείτε σφάλματα RMS της τάξης λίγων έως αρκετών εκατοστών του μεγέθους όταν οι χρόνοι έκθεσής σας είναι δέκα δευτερόλεπτα ή λιγότερο. Αν τα άστρα που παρατηρείτε μεταβάλλονται με πολύ βραδύτερο ρυθμό από τους χρόνους έκθεσης που εφαρμόζετε (κλασικά παραδείγματα είναι οι Mira και άλλοι λαμπροί γίγαντες), τότε θα πρέπει να πάρετε οπωσδήποτε περισσότερες εκθέσεις, να μετρήσετε τα μεγέθη και να υποβάλλετε ως αποτέλεσμα τη μέση τιμή των μεγεθών. Η υποβολή μεγέθους από κάθε μεμονωμένη εικόνα δεν εξυπηρετεί κανένα επιστημονικό σκοπό.

Αυτό οδηγεί στην παρατήρηση (3), για τη βελτιστοποίηση του πλήθους λήψεων. Διαφορετικές κατηγορίες μεταβλητών έχουν διαφορετικές χρονικές κλίμακες μεταβολής, από χιλιοστά του δευτερολέπτου έως χιλιετίες. Οι παρατηρήσεις σας πρέπει να βελτιστοποιηθούν για τον τύπο μεταβλητότητας που παρατηρείτε και πρέπει να συνειδητοποιήσετε επίσης πως κάποιιοι στόχοι θα βρίσκονται εκτός δυνατοτήτων του εξοπλισμού σας.

Για παράδειγμα, πάρτε την περίπτωση ενός αργά μεταβαλλόμενου λαμπρού αστέρα (πολλά φωτόνια). Παραδείγματα είναι οι φωτεινοί Mira στο πρόγραμμα της AAVSO. Σχεδόν όλοι οι Mira στα αρχεία της AAVSO που έχουν παρατηρηθεί καλά, είναι εύκολα μετρήσιμοι από τους παρατηρητές CCD (με φίλτρα) σε σχεδόν ολόκληρο το εύρος μεταβολής τους. Υπάρχουν εκατοντάδες τέτοιοι που περνούν τον περισσότερο χρόνο τους πιο λαμπροί από $V = 14-15$. Το ερώτημα λοιπόν είναι πόσο συχνά να τους παρατηρούμε; Η απλή συμβουλή που δίνουμε στους οπτικούς παρατηρητές - όχι περισσότερο από μία φορά κάθε 1-2 εβδομάδες - είναι εξίσου καλή για τους παρατηρητές με CCD. Μια κάπως πιο σύνθετη απάντηση θα ήταν να λάβετε μερικά σύνολα παρατηρήσεων - 3 ή 4 εκθέσεις σε κάθε ένα από τα φίλτρα σας - σε μια μόνο νύχτα και στη συνέχεια να υπολογίσετε το μέσο όρο των μεγεθών που προκύπτουν για κάθε φίλτρο. Στη συνέχεια, θα υποβάλλετε τις μέσες τιμές και όχι τα επιμέρους μεγέθη. Θα υποβάλλετε λοιπόν ομάδες μεγεθών, έτσι ώστε ο ερευνητής θα έχει όχι μόνο τα μεγέθη αλλά τα χρώματα. Πόσο συχνά θα πρέπει να το κάνετε αυτό εξαρτάται από το αστέρι, αλλά σε γενικές γραμμές για περιοδικούς αστέρες είναι καλό να έχετε μεταξύ 20 και 50 ισομοιρασμένων παρατηρήσεων καθ' όλη την περίοδο της μεταβολής του αστρού. Αν η περίοδος είναι 500 ημέρες, αυτό σημαίνει ένα βράδυ κάθε 10 ημέρες το πολύ. Αν η περίοδος είναι 100 ημέρες, αυτό δε θα είναι περισσότερο από μία φορά κάθε δύο ημέρες (και θα πρέπει πραγματικά να είναι λιγότερο από μία φορά κάθε 4-5 ημέρες).

Ορισμένοι παρατηρητές δεν το τηρούν αυτό και υπάρχουν μερικά έκδηλα παραδείγματα στην διεθνή βάση δεδομένων της AAVSO, όπου παρατηρητές έκαναν εντατικές χρονοσειρές του Mira σαν να ήταν ένας γρήγορος μεταβλητός. Τα δεδομένα αυτά τεχνικά δεν είναι λάθος, αλλά είναι σε μεγάλο βαθμό μάταιη προσπάθεια και ως επί το πλείστον δεν είναι χρήσιμα για τους ερευνητές σε αυτή τη μορφή. Η μόνη δυνατή χρήση των δεδομένων αυτών θα είναι να ψάξουν για ταχείες μεταβολές που όμως δεν χαρακτηρίζουν τέτοια άστρα, (που θα μπορούσε να προκαλείται από δίσκο προσαύξησης σε έναν αόρατο συνοδό). Συνήθως, ένας παρατηρητής μπορεί να κάνει πιο χρήσιμη συνεισφορά αν πάρει μερικά σετ παρατηρήσεων από ένα αστέρα και στη συνέχεια να λάβει παρόμοια δεδομένα για διάφορους άλλους. Υπάρχουν πολλοί μεταβλητοί που έχουν ανάγκη κάλυψης και ένας θερμός παρατηρητής CCD μπορεί να δημιουργήσει θαυμάσια και χρήσιμα σύνολα δεδομένων για πολλά αστέρια.

Κάποιες φορές, μπορεί να βρεθείτε στην αντίθετη πλευρά: να παρατηρείτε ένα αμυδρό στόχο που μεταβάλλεται γρήγορα και έχετε ανάγκη από πολλά φωτόνια (εκτός κι έχετε πολύ μεγάλο τηλεσκόπιο). Για παράδειγμα, δείτε την καταγραφή μιάς νύχτας του εκλειπτικού κατακλυσμικού CSS 081231:071126+440405 από τον Arto Oksanen, παρατηρητή της AAVSO.



Εικόνα 7.1 – Καμπύλες φωτός του εκλειπτικού κατακλυσμικού μεταβλητού που ανήκει στην κλάση AM Herculis (eclipsing intermediate polars). Οι χρονοσειρές των παρατηρήσεων λήφθηκαν χωρίς φίλτρο και μετασχηματίστηκαν μόνο ως προς το μηδενικό σημείο του V. Δείτε πως οι ράβδοι σφαλμάτων είναι πολύ μικρές και επίσης τον αριθμό παρατηρήσεων που έγιναν. Ο ρυθμός ήταν περίπου μία το λεπτό που συμπεριλαμβάνει την έκθεση και την ανάγνωση του CCD,

Αυτά τα δεδομένα ελήφθησαν μέσω καθαρού φίλτρου χρησιμοποιώντας ένα τηλεσκόπιο 0,4 μέτρων (16-inch). Όταν ο αστέρας είναι μεταξύ μεγέθους 15 και 17, η φωτομετρική αβεβαιότητα είναι περίπου 0,015 έως 0,02 μεγέθη, το οποίο είναι πολύ χαμηλότερο από το συνολικό εύρος μεταβολής. Εξίσου σημαντικό είναι ότι ο ρυθμός είναι περίπου μία παρατήρηση ανά λεπτό. Η τροχιακή περίοδος του αστεριού είναι μόλις πάνω από 117 λεπτά, και έτσι ο ρυθμός παρατήρησης παρέχει άφθονη κάλυψη σε όλο τον τροχιακό κύκλο. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι περισσότερες από τις τροχιακές μεταβολές αυτού του αστεριού έχουν μετρηθεί πολύ καλά, και η συνολική καμπύλη φωτός φαίνεται σπουδαία.

Η μόνη στιγμή που αρχίζει να είναι προβληματική είναι κατά τη διάρκεια της εξαιρετικά σύντομης, βαθιάς έκλειψης, όταν το άστρο πέφτει κάτω από το 20⁰ μέγεθος. Πρώτον, η είσοδος στην έκλειψη είναι εξαιρετικά απότομη - μόνο λίγα δευτερόλεπτα - κι έτσι δεν είναι δυνατόν για ρυθμό 1 / λεπτό να απεικονιστεί αυτό το χαρακτηριστικό.

Δεύτερον, η έκλειψη είναι πολύ βαθιά - περισσότερο από τρία μεγέθη - οπότε προκαλεί το πρόσθετο πρόβλημα της απώλειας λόγου σήματος προς θόρυβο. Οι αβεβαιότητες σχετικά με τα μεγέθη κατά την έκλειψη προσεγγίζουν τα 0,3 μεγέθη, πάνω από δέκα φορές μεγαλύτερα από ό, τι κατά τη διάρκεια του λαμπρού τμήματος της τροχιάς.

Σε αυτήν την περίπτωση, δεν υπάρχει πραγματικά τίποτα που μπορείτε να κάνετε για να βελτιώσετε είτε τη χρονική ανάλυση ή το λόγο σήματος προς θόρυβο κατά τη διάρκεια της έκλειψης - περιορίζεστε από το άνοιγμα του τηλεσκοπίου σας και τον αριθμό των φωτονίων που ανιχνεύετε και δεν υπάρχει κανένας αστροφυσικός λόγος να συντομεύσετε ή να επιμηκύνετε την έκθεση. Η συντόμηση των εκθέσεων για τη βελτίωση της χρονικής ανάλυσης θα προσθέσει πολύ θόρυβο στη φωτομετρία για να είναι χρήσιμη, ενώ μεγαλύτερες εκθέσεις απλώς θα κάνουν ασαφή την έκλειψη αφήνοντας σας με λίγα μόνο σημεία δεδομένων κατά τη διάρκεια του εν λόγω ενδιαφέροντος χαρακτηριστικού. Αυτή είναι μια ακραία περίπτωση, αλλά ο αριθμός των ενδιαφερόντων, αμυδρών αστέρων όπως αυτό πρόκειται να αυξηθεί, καθώς οι έρευνες μεγάλης κλίμακας, όπως η LSST ξεκινήσουν την εύρεση νέων μεταβλητών. Για την πιο γενική περίπτωση όπου μπορεί να έχετε κάποιες επιλογές, απλά ενημερωθείτε για το είδος της μεταβλητότητας που μπορείτε να δείτε και σκεφτείτε εκ των προτέρων ποιοί θα πρέπει να είναι οι χρόνοι έκθεσης και ο ρυθμός τους.

Αυτό είναι επίσης ένα καλό παράδειγμα που θέτει το ερώτημα αν είναι καλύτερο να παρατηρείτε χωρίς φίλτρο. Παρά το γεγονός ότι καλύψαμε τα φίλτρα χωριστά, σχετίζονται με τη συζήτηση εδώ για το χρονοδιάγραμμα, διότι όλα τα φίλτρα μειώνουν το συνολικό σήμα σας και έτσι θα επηρεάσουν τους χρόνους έκθεσης και το λόγο σήματος προς θόρυβο. Κάποια φίλτρα μπορεί να μειώσουν το σήμα σας τόσο πολύ που δεν μπορείτε να κάνετε χρήσιμες παρατηρήσεις με αυτά. Υπάρχουν δύο αρχές που πρέπει να θυμάστε:

1.) Εάν ο στόχος είναι λαμπρός και μπορείτε να πάρετε καλό λόγο σήματος προς θόρυβο με κατάλληλο χρόνο έκθεσης, θα πρέπει να χρησιμοποιείτε πάντα φίλτρα. (Σημειώστε ότι ο "καλός" θα καθοριστεί από τους στόχους σας, αλλά $SNR > 20$ είναι μια λογική τιμή).

2.) Αν ο στόχος είναι έντονα ερυθρός, θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε φίλτρα, εκτός αν υπάρχει κάποιος επιτακτικός λόγος όπου είναι χρήσιμη η φωτομετρία χωρίς φίλτρα (π.χ. αναζητήσεις φαινομένων και λάμπεις εκρήξεων ακτίνων-γ). Εάν δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε φίλτρο σε ένα γνωστό ερυθρό στόχο, καλύτερα να παρατηρήσετε κάποιον άλλο.

Σε αυτή την περίπτωση που το αντικείμενο είναι πολύ αμυδρό κατά περιόδους (με τις εκλείψεις κάτω από το μέγεθος 20), χρειάζεστε σίγουρα πολλά φωτόνια. Οι μεταβολές είναι επίσης σχετικά γρήγορες, έτσι θέλετε να κρατήσετε όσο το δυνατόν συντομότερες εκθέσεις. Αλλά ο πιο σημαντικός λόγος που μπορείτε να παραλείψετε τη χρήση φίλτρου είναι ότι αυτό το άστρο είναι πολύ μπλε όπως και οι περισσότεροι κατακλυσμικοί μεταβλητοί. Εάν επρόκειτο να λάβετε φάσμα αυτού του άστρου, θα βρίσκατε το συνεχές σχετικά επίπεδο χωρίς να αλλάζει πάρα πολύ με το μήκος κύματος. Στην περίπτωση αυτή, οι ευρυζωνικές διακυμάνσεις ταιριάζουν αρκετά καλά μ' αυτές που μετρώνται μέσα από φίλτρα και οι παρατηρήσεις χωρίς φίλτρα είναι καλός συμβιβασμός που σας δίνει ελαφρώς υψηλότερο λόγο σήματος προς θόρυβο ή / και μικρότερους χρόνους έκθεσης σε βάρος των φασματικών πληροφοριών που στην περίπτωση αυτή, δεν είναι εξίσου σημαντικές με τις άλλες πληροφορίες που λαμβάνετε.

Εξαιρέσεις

Κάθε κανόνας έχει τις εξαιρέσεις κάτι που ισχύει και για τις κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με το ρυθμό παρατήρησης και τον χρόνο έκθεσης. Το πιο σημαντικό πράγμα που πρέπει να θυμάστε από την παραπάνω συζήτηση είναι ότι οι χρόνοι έκθεσης πρέπει να είναι επαρκείς για την ανίχνευση της συμπεριφοράς που αναζητάτε, και ο ρυθμός παρατήρησης πρέπει επίσης να ταιριάζει με την κλίμακα χρόνου που θέλετε να καλύψετε. Μπορεί να υπάρχουν ερευνητικά έργα που αναζητούν διαφορετική συμπεριφορά από ό, τι αναμένεται κανονικά για μια δεδομένη κατηγορία μεταβλητών αστερών. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η ανακάλυψη της διάβασης ενός εξωπλανήτη σε μεταβλητό μεγαλύτερης περιόδου, όπως σε ένα γίγαντα M ή K. Μπορείτε να παρατηρείτε συνήθως ένα τέτοιο αστέρα μία φορά κάθε αρκετές ημέρες, αλλά η διάβαση μπορεί να έχει περίοδο από λεπτά έως ώρες. Θα πρέπει λοιπόν σε αυτή την περίπτωση, να κάνετε παρατηρήσεις με πολύ ταχύτερο ρυθμό. Γενικά όμως, οι περιπτώσεις αυτές είναι σπάνιες και συνήθως συμβαίνουν όταν γνωρίζουμε ήδη πως ένα άστρο είναι ιδιαίτερο με κάποιο τρόπο (για παράδειγμα, ένας μεταβλητός Mira σε ένα συμβιωτικό σύστημα). Μπορείτε σίγουρα να πάρετε δεδομένα με υψηλό ρυθμό για να εξερευνήσετε τέτοια ενδιαφέροντα φαινόμενα για τον εαυτό σας, συνειδητοποιήστε όμως ότι τα δεδομένα αυτά σπανίως θα χρησιμοποιηθούν ως έχουν. Θα πρέπει να επεξεργαστείτε τα υψηλού ρυθμού δεδομένα σας να βρείτε το μέσο όρο τους, να υποβάλλετε αυτόν στα αρχεία της AAVSO και όχι τα επιμέρους σημεία.

Ένα ακόμα επισήμανση για αστέρες Mira: σε γενικές γραμμές μην κάνετε παρατηρήσεις χωρίς φίλτρα των Mira, ημικανονικών ή άλλων ερυθρών μεταβλητών. Παρατηρήσεις χωρίς φίλτρα είναι πραγματικά κατάλληλες μόνο για "μπλε" αστέρια (με B-V περίπου 0.0). Για τους ερυθρούς μεταβλητούς, η CCD σας είναι πιθανά ευαίσθητη στο εγγύς υπέρυθρο και τα κόκκινα άστρα θα φαίνονται πολύ λαμπρότερα από ό, τι θα περίμενε κανείς. Θα βρείτε πιθανώς περιστασιακά παραδείγματα αναφορών με μεγέθη "CV" για Mira ή ημικανονικούς αστέρες που είναι δύο ή τρία μεγέθη λαμπρότερα από οπτικές παρατηρήσεις και δεδομένα CCD με φίλτρα. Αυτές οι παρατηρήσεις είναι πραγματικά λάθος, δεδομένου ότι η ζωνη διέλευσης "CV" είναι πολύ παραπλανητική για τους ερευνητές. Ίσως μπίτε στον πειρασμό να παρατηρήσετε πολύ αμυδρούς Mira χωρίς φίλτρο προκειμένου να έχετε κάλυψη στο ελάχιστο, αλλά οι φασματικές ιδιότητες των δεδομένων αυτών προσδιορίζονται τόσο φτωχά που δεν θα προσφέρουν στους ερευνητές πολύ χρήσιμες πληροφορίες ενώ μπορεί στην πραγματικότητα να προκαλέσουν μεγαλύτερη σύγχυση. Αν δεν έχετε φίλτρα για την κάμερά σας, θα πρέπει να αποφεύγετε σχεδόν όλους τους τύπους των ερυθρών μεταβλητών και να περιορίσετε την εργασία σας κατά κύριο λόγο στους κατακλυσμικούς. Και πάλι, εξαιρέσεις θα μπορούσαν να είναι τα πολύ αμυδρά μεταβατικά όπως οι εκρήξεις ακτίνων γάμμα.