

Peranso: uno studio fotometrico professionale alla portata degli astrofili di Daniele Gasparri

Peranso è un software per l'analisi di dati fotometrici, generalmente ottenuti con la semplice tecnica della fotometria differenziale (o d'apertura), provenienti dallo studio di ogni fenomeno variabile nel tempo. Si tratta di uno dei pochissimi programmi in grado di fornire un'analisi di livello professionale, unita ad un'interfaccia grafica particolarmente semplice ed intuitiva.

In questo articolo andremo a scoprire alcune caratteristiche che lo rendono uno strumento quasi indispensabile per l'astrofilo evoluto che vuole affrontare seri studi fotometrici.

Peranso, giunto alla versione 2.31, è stato creato da Tonny Vanmunster, astrofilo estremamente evoluto, specializzato nello studio di stelle variabili, proprietario dell'osservatorio astronomico privato denominato CBA Belgium Observatory. Dal sito web del programma www.peranso.com è possibile accedere ad un'introduzione, al manuale molto chiaro ed intuitivo, e scaricare una versione di prova gratuita che funziona per 14 giorni. La versione che scaricherete, funzionante in ogni ambiente windows, ha l'unica limitazione nella durata della sessione, che non può superare i 10 minuti. Dopo questo periodo il programma si chiude senza preavviso e sarà necessario avviarlo di nuovo per continuare ad utilizzarlo (ma i dati non salvati verranno persi!). La versione completa si può acquistare dallo stesso sito ad un costo di circa 35 euro, davvero modesto per le potenzialità del programma.

Le caratteristiche

Peranso è un software molto potente nell'analisi di ogni tipo di dato fotometrico e nell'estrapolazione delle informazioni contenute. Il programma non effettua fotometria ma analizza le curve di luce ottenute con altri software (Maxim dl, Iris, Astroart) e permette di ricavare dati di livello professionale, attraverso analisi approfondite e accurate.

La caratteristica più importante è l'analisi periodica, la quale, attraverso alcuni algoritmi, come la trasformata di Fourier, cerca nelle curve di luce eventuali periodismi, causati, ad esempio, da una variabilità, un'eclisse o un transito planetario.

L'analisi del periodo è una parte fondamentale dello studio di tutti i fenomeni variabili, che non può essere condotta semplicemente osservando una curva di luce, ma attraverso strumenti e procedimenti difficili da reperire e mettere in pratica per l'appassionato di astronomia.

Oltre all'analisi periodica, che però rappresenta il punto centrale del programma, sono disponibili alcune ottimi strumenti per l'ottimizzazione delle curve di luce, come la rimozione dei trend, l'analisi dei residui, il fitting con il metodo dei minimi quadrati, la fusione di osservazioni condotte in giorni diversi.

L'ambiente di lavoro è diviso in tre finestre principali, le quali sono, in ordine di utilizzo: observation window (ObsWin), period analysis (PerWin) e phase window (PhaseWin).

Ogni finestra contiene dei pulsanti che identificano proprietà ed operazioni che si possono effettuare con i dati visualizzati.

L'observation window è il primo ambiente di lavoro, nel quale si importano e raffinano i dati fotometrici, che verranno visualizzati nel classico grafico come una curva di luce. In questo spazio si possono effettuare lavori di base, come la rimozione del trend, il fitting con una curva polinomiale, l'unione di due o più punti per la riduzione dell'errore (binning), l'identificazione degli istanti iniziale e finale, la normalizzazione della magnitudine di due o più set distinti di dati, e leggere con precisione gli istanti temporali e la variazione di magnitudine. Tutte queste funzioni si trovano nel menu observation window, selezionando le opzioni observation set, e light curve workbench, o cliccando le relative icone nella finestra di lavoro.

Se si vuole effettuare l'analisi del periodo, cliccate l'icona P all'interno della finestra (period determination). Nella nuova finestra, chiamata period analysis, si analizza il comportamento periodico della stella. La phase windows rappresenta l'ultimo step: dopo aver identificato il periodo, il programma unisce tutti i punti osservativi in base alla fase e non più al tempo.

Come si effettua l'analisi

Supponiamo di aver seguito per una o diverse notti una stella che si pensa sia una variabile; vediamo come funziona il programma e come prendere dimestichezza con la sua interfaccia.

Apriamo una nuova finestra di osservazione (ObsWin) attraverso il comando File → New. La finestra conterrà le vostre curve di luce, che però devono essere importate cliccando sulla prima icona della finestra, oppure nel menu Observation Window → Add observation set. E' possibile aggiungere curve di luce ottenute in giorni, quindi sessioni, diversi. Il programma è in grado di allineare ed analizzare tutti i dati fotometrici in vostro possesso con pochi passaggi.

Il formato supportato è un semplice file di testo, con la prima colonna contenente la data giuliana, la seconda le magnitudini, ed un'altra, opzionale, per le eventuali barre d'errore, separate da spazi o da virgole: in pratica i formati in uscita da qualsiasi software di analisi fotometrica.

Una volta importato il file di testo, i dati vi compariranno in forma tabulare, e se cliccate su "ok" vi apparirà nella finestra osservativa la curva di luce dalla quale iniziare il lavoro. Se volete correggere e raffinare i dati, lavorate all'interno di questa finestra, altrimenti, se volete effettuare un'analisi approfondita, come in generale si fa nei lavori di ricerca di nuove variabili, allora dovrete passare all'analisi del periodo.

Dalla finestra che visualizza la curva di luce (ObsWin), clicchiamo sull'icona "P" (period analysis) e scegliamo uno dei metodi disponibili. Generalmente, per le variabili pulsanti si utilizza il metodo Lomb-Scargle, ma vi invito a provare anche gli altri. I parametri da regolare sono gli intervalli di tempo, espressi in giorni o in frequenza, (cicli ogni giorno, c/d) nei quali ricercare la periodicità e la risoluzione, espressa in punti; un valore di 200 indica che l'intervallo di tempo da analizzare è suddiviso in 200 punti equidistanti, ognuno analizzato con una trasformata di Fourier per trovare eventuali periodicità. Maggiore è la risoluzione, maggiore è il tempo di calcolo richiesto. Valori standard sono tra 200 e 600; per lavori di affinamento della precisione si utilizzano risoluzioni di oltre 1000 punti. Lasciate gli altri valori di default.

Cliccando su ok si aprirà la finestra del period analysis, con un grafico che viene aggiornato in tempo reale fino a quando l'analisi non si è conclusa. Se i dati mostrano un seppur minimo periodismo, nel grafico noteremo uno o più picchi sopra la soglia del rumore. L'altezza di un picco rappresenta il livello di confidenza, ovvero quanto è evidente nei dati in nostro possesso, mentre sull'asse x è facile leggere il periodo corrispondente o la frequenza. Da questa analisi siamo in grado di dire subito se abbiamo di fronte una stella variabile oppure no.

Cliccando su "set frequency cursor", nella finestra del period analysis, viene posizionata automaticamente una barra verticale sul picco corrispondente al periodo più significativo. Cliccate ora sull'icona "i" (informations) per avere i dati precisi.

A questo punto possiamo indagare ulteriormente il nostro set di dati, alla ricerca di qualche altro periodo secondario o affinare la conoscenza del primario, aumentando, ad esempio, la risoluzione dell'analisi periodica a valori fino a 5000 e restringendo l'intervallo di frequenze da scandagliare per ridurre il peso dei calcoli.

Non è raro che la periodicità di una stella sia multipla e che quello ricavato sia solo l'andamento principale.

Attraverso la tecnica di prewhitening, il programma elimina la variabilità con il periodo trovato e permette l'analisi dei residui per cercare qualche altro periodo oltre quello principale.

Nella finestra di analisi del periodo basta selezionare il bottone di prewhitening; inserite l'intervallo di frequenze da studiare e il periodo da eliminare e cliccate ok. A questo punto disponete di una nuova serie di dati dai quali è stato tolto l'andamento principale già trovato (residui). Effettuando l'analisi periodica su questo nuovo set si può scoprire un eventuale nuovo andamento.

Il programma permette anche di fare un controllo per capire se quello trovato è un periodo reale o dipende dall'osservatore, ovvero se è un bias osservativo o un fenomeno fisico. Questa opzione è davvero molto comoda e si effettua cliccando il pulsante Period significance analysis, nella finestra di analisi del periodo, oppure, in modo incrociato, facendo fare l'analisi del periodo con il metodo "spectral window"

L'analisi del periodo può essere affrontata anche per evidenziare eventuali pianeti extrasolari in transito. La procedura è molto simile, solamente che il metodo di analisi è diverso ed identificato con EEBS, all'interno del menu per la configurazione dell'analisi del periodo.

Quando l'analisi è completa, nella finestra che mostra la fase si può sovrapporre ai punti una curva di fit in modo automatico e cliccando l'icona "i" il programma vi fornirà tutti i dati ricavati, ovvero il periodo, con le relative incertezze, la probabilità che si tratti di un dato vero (significance analysis), il numero di dati utilizzati e la profondità media, calcolata a partire dalla curva di fit.

Questa è a grandi linee la procedura che si dovrebbe attuare quando si ricerca e si studia fotometricamente un qualsiasi tipo di fenomeno, e che Peranso mette a disposizione con una veste grafica molto intuitiva.

Un'analisi in dettaglio

Vediamo come si effettua in modo concreto un'analisi fotometrica approfondita con Peranso. Per questo scopo consideriamo 169 osservazioni fotometriche, condotte in 4 serate nell'estate del 2007, su una nuova variabile scoperta nella costellazione di Ercole. Due osservazioni sono state effettuate con un filtro IR-pass, le altre due con un filtro giallo+ un IR-cut: tutti i dati sono stati ricavati in fotometria d'apertura.

Dalle curve di luce ottenute con Maxim dl la variabilità si mostra già evidente, così come il periodo di pulsazione e l'ampiezza, ma occorre ricavare dati molto più precisi, profondi e rigorosi. Peranso permette tutto questo in circa mezz'ora ed in modo molto semplice.

Salviamo le 4 curve di luce in formato testuale ed importiamo tutti i dati in Peranso, nell'observation window, importando un file alla volta nella stessa finestra. Le 4 sessioni fotometriche sono unite in un'unica curva di luce ma hanno livelli diversi. Dobbiamo normalizzarle ad un valore comune, altrimenti non si può fare alcuna analisi.

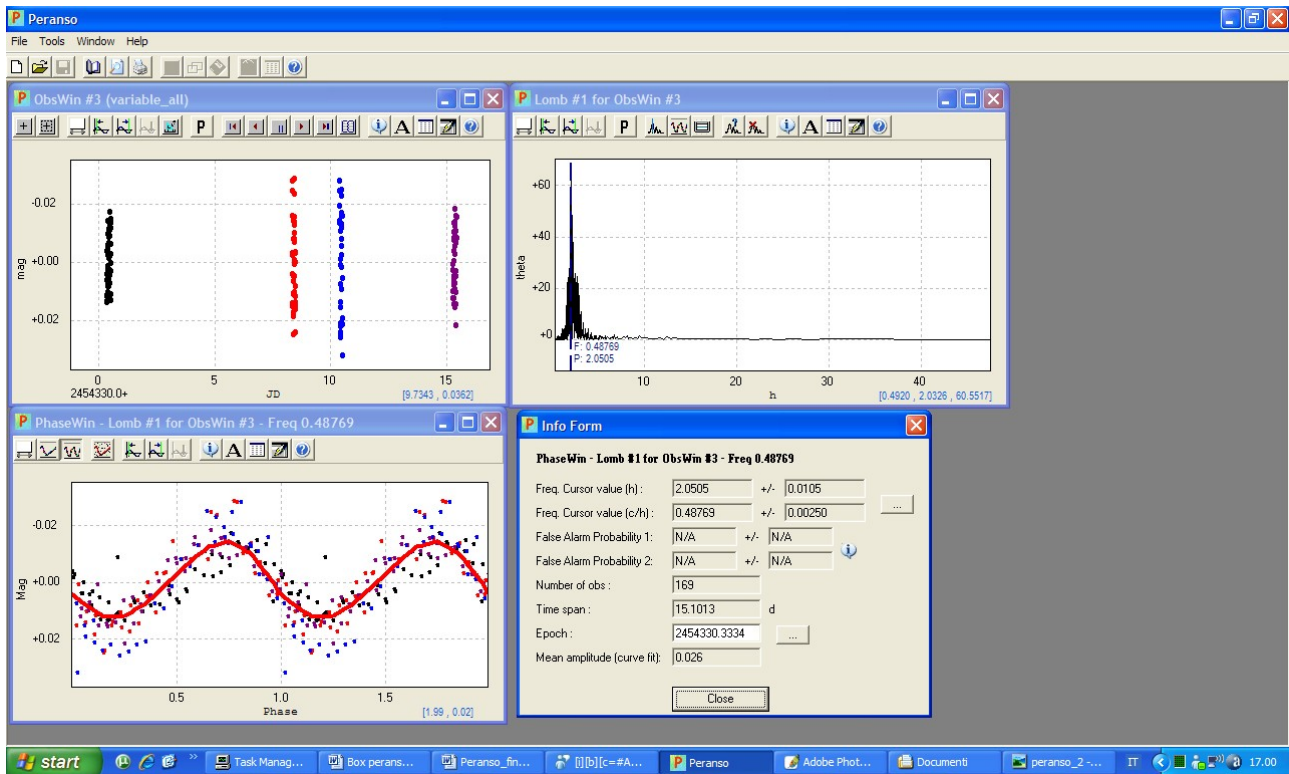
Attraverso il comando "observation windos → observation set → subtract avg mag all il programma calcola la magnitudine media di ogni curva e la sottrae a tutti i punti; in questo modo tutti i dati fotometrici vengono portati allo stesso livello. Uno sguardo d'insieme ci suggerisce che le ampiezze delle oscillazioni variano in funzione del filtro utilizzato (maggiori con il giallo e minori in IR), sia in funzione del tempo. Questo è un ottimo indizio che si tratti di una variabile pulsante, che mostra un comportamento meno regolare di quanto possa apparire.

Cominciamo l'analisi centrale: quella del periodo.

Cliccando sull'icona P si apre l'analisi del periodo; il metodo scelto è quello di Lomb-Scargle, selezionando un intervallo di tempo compreso tra 0,3 e 50 ore, con una risoluzione pari a 2000.

Un paio di minuti di calcoli e il grafico del period analysis mostra un picco estremamente significativo; il frequency cursor ci indica un valore di 2,05 ore. Questo è chiaramente il periodo identificato visualmente dalle curve di luce. Possiamo affinare questo valore cliccando sull'icona P nella finestra di analisi del periodo e scegliere un intervallo centrato sul valore trovato, con una risoluzione maggiore, almeno 3000. Il periodo trovato, che corrisponde al picco massimo, è di 2.0497 ore. Cliccando sull'icona i, troviamo anche l'errore: $P = 2.0497 \pm 0.0029 \text{ ore}$. Visto che il picco è molto evidente anche direttamente, non ci sono dubbi sulla sua attendibilità, per questo è superfluo effettuare ulteriori verifiche. Possiamo costruire ora la curva di luce totale, che raccoglie tutte le osservazioni tenendo presente il periodo, cliccando sul pulsante phase win. La finestra che si apre mostra la correlazione dei punti: perfetta. Possiamo sovrapporre ai punti una curva di fit, semplicemente cliccando la relativa icona: il programma vi sovrappone la curva calcolata con il metodo dei minimi quadrati (solo questa procedura avrebbe richiesto qualche decina di minuti di calcoli lunghi e tediosi, se effettuata senza l'ausilio del programma!). Cliccando sull'icona "i" troviamo le informazioni in merito al periodo e all'ampiezza media, in questo caso di 0,026 magnitudini.

Dai dati ricavati e dalla curva identifichiamo il tipo di variabile: una delta scuti a piccole oscillazioni, un tipo di variabile piuttosto interessante.



Analisi di una stella variabile sconosciuta. Nell'obsWin si importano e manipolano i dati. La successiva analisi del periodo identifica un picco coincidente con un periodo di 2,05 ore; la creazione della curva di fase con sovrainpresso il fit dei punti, fornisce tutti i dati di cui abbiamo bisogno per identificare il tipo di variabile: una delta scuti a piccole oscillazioni.

Il lavoro, però, non è ancora finito. Quello trovato è il periodo dominante, visibile anche ad occhio; è possibile che ci siano altri periodi minori, non individuati? Per rispondere a ciò dobbiamo eliminare l'andamento corrispondente al periodo trovato e analizzare i residui, attraverso il cosiddetto prewhitening; nella prima finestra che mostra l'analisi del periodo, posizioniamo il frequency cursor e clicchiamo sull'icona di prewhitening, lasciando i dati precedentemente immessi, e lanciamo una nuova analisi, che non includerà il periodo già trovato. Con grande sorpresa, troviamo un altro picco, meno significativo, ma molto più grande del livello medio del rumore. Posizionando automaticamente il cursore di frequenza, vediamo che questo picco corrisponde ad un periodo di 1.82 ore, diverso dal precedente!

Sembra che la nostra variabile sia multiperiodica, come accade non di rado alle delta scuti.

Possiamo procedere come prima ed affinare la conoscenza di questo secondo periodo, ricavando un periodo di 1.8261 ore.

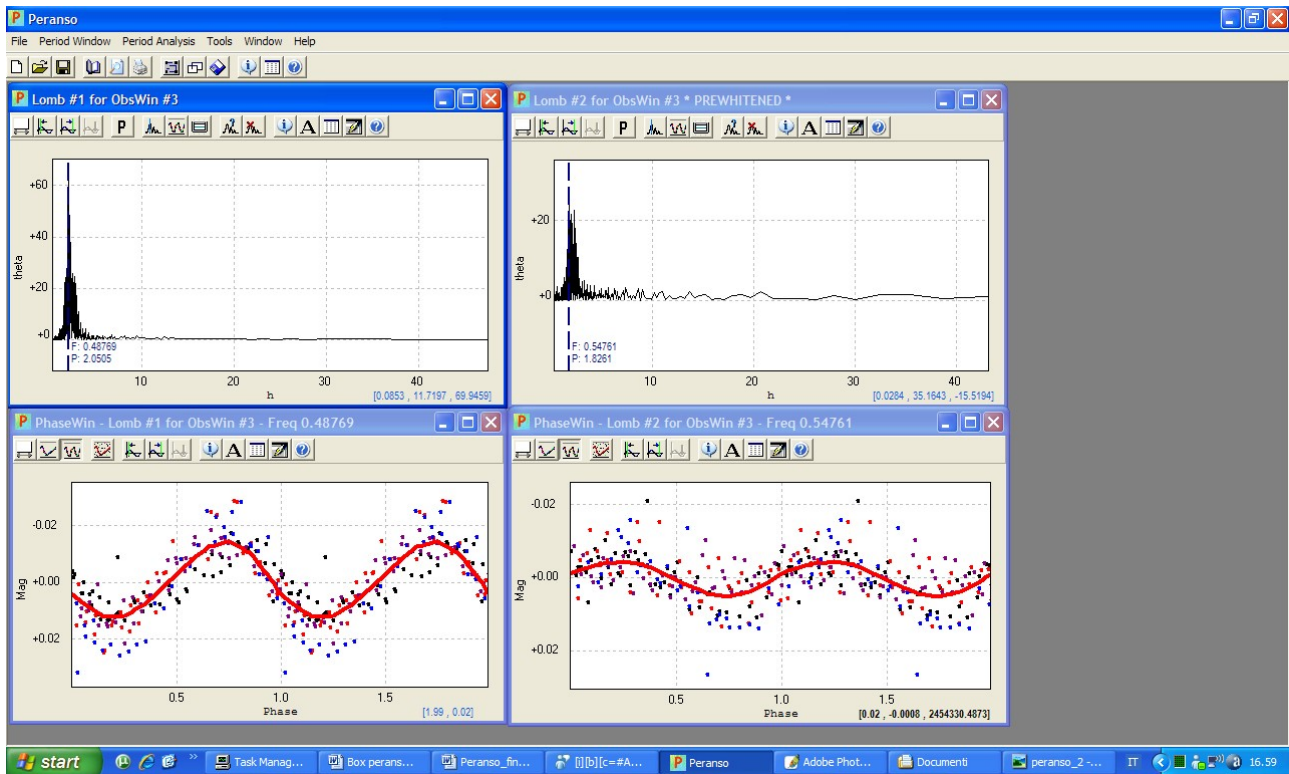
La nuova phase win mostra la curva con il periodo secondario, con un'ampiezza media di meno di 9 millesimi di magnitudine.

Dato l'elevato rumore e la poca significanza del picco, dobbiamo essere assolutamente certi che si tratti di un andamento reale. Questo controllo si effettua in due modi:

- 1) si effettua un'analisi di tipo spectral window, che serve ad identificare i picchi periodici dovuti al campionamento dei dati, ovvero i bias osservativi. L'analisi è del tutto simile a quella del periodo, solamente che in questo caso vengono mostrati i picchi periodici frutto del modo con cui sono stati raccolti i dati. In corrispondenza di 1,82 ore non si trova alcun picco. Il periodo non dipende dal modo in cui sono stati raccolti i dati.
- 2) Si effettua l'analisi di significanza sul periodo trovato, cliccando sull'icona significance analysis all'interno della finestra dell'analisi del periodo. Questo procedimento è lungo ma molto importante. L'unico dato da regolare è il numero di permutazioni, generalmente intorno alle 200. Il tempo di calcolo richiesto può superare abbondantemente qualche ora ma

alla fine avrete il dato che vi serve, ovvero la probabilità che il picco trovato sia un artefatto. In questo caso i valori restituiti sono nulli, per questo possiamo dire, con buona confidenza, che il periodo secondario sia reale.

L'analisi è conclusa ma i dati ricavati non sono definitivi.



Attraverso il prewhitening si elimina il periodo trovato e si analizzano i residui, alla ricerca di eventuali periodi secondari. Questa proprietà è estremamente importante nell'analisi fotometrica. In questo caso è apparso un nuovo periodo, di 1,8261 ore, con una probabilità di falso pari a 0. Per avere la certezza che si tratti di un nuovo periodo e non di una variazione del principale, occorre raccogliere altri dati, ma è probabile che la stella abbia una periodicità multipla.

Il comportamento delle stelle di tipo delta scuti è molto particolare e spesso imprevedibile. L'ampiezza e, soprattutto, il periodo di pulsazione, possono variare nel tempo. In particolare, dobbiamo capire: i periodi trovati sono reali e definiti, oppure si tratta di una variazione nel corso del tempo di un singolo periodo? L'analisi periodica mostra, attorno al periodo principale, dei picchi più o meno marcati; il secondario a 1,82 ore è solo il più significativo di una serie quasi costante compresa tra 1,6 e 2 ore. Sebbene il fenomeno sia reale, occorre capire a cosa sia dovuto questo possibile intervallo di periodi. A queste domande possiamo rispondere solamente con nuovi dati, da far analizzare a Peranso. Come ogni software astronomico, esso si limita a fare dei calcoli, ma le interpretazioni e i controlli necessari aspettano all'utente stesso.

La nostra variabile mostra, con i dati in possesso, una duplice periodicità, con ampiezze molto piccole. Si tratta, probabilmente, di una delta scuti che pulsa in modo non radiale, una stella estremamente importante per la cosiddetta astro sismologia, ovvero lo studio della struttura stellare attraverso le pulsazioni non radiali degli strati superficiali. Ulteriori osservazioni ed elaborazioni dei dati con Peranso saranno molto utili e in grado di dare elementi con basi ancora più solide.

Un ottimo e veloce esempio di lavoro di ricerca: molto più breve dell'elaborazione di qualunque immagine astronomica!

In conclusione

Peranso mette a disposizione metodi di analisi che consentono di estrapolare il maggior numero di informazioni possibili dalle vostre sessioni fotometriche, un potenziale ricchissimo, ma raramente sfruttato dagli astrofili a causa della mancanza di software facilmente accessibili. Molto spesso l'astrofilo si ritrova in mano un potenziale tecnologico che consente di fare scoperte estremamente importanti, come pianeti extrasolari in transito e un grande numero di stelle variabili, ma molto raramente si ritrova con una base di programmi in grado di gestire e sfruttare il potenziale catturato dalla propria strumentazione, ritrovandosi di fatto, con una serie di informazioni che restano sepolti nei pixel delle proprie immagini. Peranso si pone come uno strumento eccellente, che colma un vuoto che ormai si protrae da molti anni.

Sebbene l'analisi fotometrica non sia immediata, l'utente è molto facilitato da un'interfaccia grafica estremamente utile e chiara.

Sul sito del produttore si può scaricare un tutorial assolutamente chiaro e semplice, che vi guiderà passo-passo nell'utilizzo del programma e nella spiegazione dei metodi impiegati.

Le prove da me eseguite, sia sui set di dati presenti nella cartella tutorials del programma, sia su dati fotometrici in mio possesso, hanno mostrato un'ottima precisione del software ed una stabilità notevole. Vi sono alcune carenze o limiti, quali, ad esempio, l'impossibilità del programma di lavorare con i flussi stellari, invece che con le magnitudini (utili per i pianeti extrasolari) o l'aver trascurato analisi semplici ma efficaci, come la calibrazione fotometrica e l'analisi con diversi filtri fotometrici. Vi è da dire che il programma è nato quasi esclusivamente per l'analisi periodica di dati provenienti da fotometria differenziale e, se si utilizza per questo scopo, presenta potenzialità uniche nel panorama commerciale amatoriale.

Qualsiasi astrofilo interessato nello studio e nella ricerca di stelle variabili dovrebbe possedere una copia di questo programma, che al costo di poco più di 30 euro, fornisce un'analisi di livello professionale.

Pro

Analisi rigorosa e di livello professionale

Costo contenuto

Ottima stabilità

Interfaccia intuitiva

Contro

Grande numero di dati fotometrici richiesti per raggiungere precisioni accettabile

Il programma non lavora con i flussi ma solo con le magnitudini

Qualche calcolo richiede molto tempo (ad esempio la significance analysis)