

Follow-up NEO Quando gli astrofili aiutano gli astronomi

Paolo Bacci

b09.backman@gmail.com

Gli astrofili, se adeguatamente attrezzati e fortemente motivati, possono contribuire allo studio e ricerca dei corpi minori del sistema solare, collaborando con i professionisti, monitorando gli asteroidi potenzialmente pericolosi per il nostro pianeta.

La ricerca di asteroidi potenzialmente pericolosi ([PHA](#)) ha avuto un forte rilancio a partire dal 1994, quando i frammenti della cometa *Shoemaker-Levy 9* colpirono l'atmosfera di Giove: per la prima volta l'uomo ha assistito in diretta ad una serie di impatti estremamente distruttivi. Se uno di tali frammenti, di 1 Km di diametro o più, fosse caduto sulla Terra, avrebbe messo in serio pericolo l'ecosistema a livello planetario.

In seguito, sono stati finanziati programmi di ricerca specifici, con l'utilizzo di telescopi espressamente dedicati alla ricerca dei corpi minori del sistema solare e, in particolare, dei [NEO](#) (Near Earth Object), ovvero, asteroidi o comete il cui perielio è a una distanza inferiore a 1.3 UA, che quindi percorrono orbite che possono intersecare quella terrestre.

Il primo obiettivo fissato dalla NASA è stato raggiunto nel 2008, quando è stato catalogato il 90% degli asteroidi di tipo NEO con un diametro maggiore di 1 Km.

Alla data del 1° marzo 2011, sono stati catalogati 7744 NEO, di cui 1195 con un diametro superiore ad 1 km, e 1203 PHA (Potentially Hazardous Asteroids), oggetti che si avvicinano a meno di 0.05 UA dalla Terra ed hanno una dimensione maggiore di 150 metri.

Survey

Le principali survey attive sono la NEAT, SPACEWACH, LONES, LINEAR, CATALINA SKY SURVAY, e recentemente si è aggiunta il PanSTARRS, ed il telescopio spaziale WISE.

Ogni notte questi Osservatori sorvegliano particolari zone celesti, secondo precisi programmi osservativi, alla ricerca di nuovi asteroidi e comete. L'efficiente automazione e i ridotti tempi di acquisizione delle immagini, che variano da 30 secondi a qualche minuto, consente di monitorare vaste aree del cielo ogni notte.

Per individuare con certezza un nuovo oggetto, di norma si effettuano 3-4 passaggi sulla stessa zona di cielo.

Software specifici provvedono alla misura della posizione di oggetti in movimento ed alla successiva verifica per accertare se questo oggetto è conosciuto e catalogato dal *Minor Planet Center*.

Le capacità di calcolo dei computer ed i metodi matematici utilizzati permettono di individuare con sufficiente approssimazione l'orbita dell'oggetto.

Le misure astrometriche vengono inviate al *Minor Planet Center*, ([MPC](#)) che con una serie di routine scremano le osservazioni, al fine di individuare oggetti particolari.

Qualora un oggetto appena scoperto presenti caratteristiche orbitali peculiari, esso viene inserito in un apposito elenco.

NEOCP

Sul sito web del *Minor Planet Center* vi è una pagina dedicata ai NEO, la [NEOCP](#) : *Near Earth Object Confirmation Page*. E' qui che sono elencati tutti i NEO che necessitano di misurazione astrometriche urgenti, al fine di determinarne l'orbita provvisoria.

In generale, gli oggetti presenti in questa pagina sono stati osservati e scoperti dalle survey automatiche: tra il momento dell'osservazione e la pubblicazione su sito, passano alcune ore. Una volta che un asteroide è stato inserito in questa sezione, è possibile conoscerne, in modo approssimativo, le effemeridi, la magnitudine, la direzione e velocità di spostamento in cielo.

Follow-up

Gli oggetti presenti nella NEOCP possono essere osservati per un periodo di tempo generalmente ridotto.

E' spesso necessario mobilitare le risorse degli Osservatori, sia professionali sia amatoriali, al fine di raccogliere un numero sufficiente di posizioni che consentano di determinarne i parametri orbitali (fase di *Follow-Up*).

Il primo Osservatorio che fotografa l'oggetto dopo la scoperta, ed invia le posizioni astrometriche al MPC, contribuisce a "confermarne" la reale esistenza.

In alcuni casi, le Survey inviano dei dati astrometrici associato ad un corpo celeste che non è successivamente osservato da nessun altro Osservatorio. Pertanto, senza un riscontro astrometrico indipendente, l'oggetto non potrà essere ufficialmente catalogato.

Se le misure di posizione consentono di determinarne gli elementi orbitali, il MPC assegna una sigla provvisoria al nuovo oggetto, che se è classificabile tra i NEO, le comete, o i [KBO](#), sarà subito oggetto di una circolare – [MPEC](#) (Minor Planet Electronic Circular) - che riporta gli elementi orbitali, le misure di posizione raccolte e l'elenco di tutti coloro che hanno contribuito, con le loro osservazioni, alla determinazione dell'orbita.

Il ruolo degli astrofili

In questo genere di attività gli astrofili hanno l'opportunità di collaborare fattivamente con gli astronomi professionisti, ottenendo spesso risultati importanti e di notevole gratificazione.

Per effettuare il *Follow-up*, è necessario disporre di un codice Osservatorio attribuito dal MPC e, ovviamente, di una strumentazione adeguata, che consenta di raggiungere almeno la 18^a magnitudine (anche se può capitare di vedere nella NEOCP oggetti più luminosi).

E' però opportuno sottolineare il fatto che la maggior parte degli oggetti inseriti nella NEOCP ha una magnitudine che si aggira intorno alla 20^a.

Non sono molti gli astrofili che possono raggiungere questa magnitudine con tempi di posa sufficientemente brevi, anche in considerazione del veloce moto proprio dell'oggetto da riprendere.

Nonostante ciò, grazie alle sofisticate tecniche di trattamento delle immagini disponibili e che illustrerò nel seguito, è possibile conseguire importanti risultati.

Per organizzare in modo efficiente la serata osservativa, ci si collegherà alla pagina NEOCP del MPC, che può contenere anche più di 100 oggetti da confermare, e si sceglieranno gli oggetti da seguire. Per ogni oggetto nella NEOCP è indicato un valore percentuale che indica la probabilità che lo stesso sia un NEO.

Inoltre, un valore numerico da 1 a 3 indica la priorità dell'osservazione. Ovviamente non mancano dati fondamentali, quali la magnitudine e le coordinate astronomiche. Un apposito "flag" permette di selezionare gli oggetti per i quali vogliamo ottenere le effemeridi provvisorie.

La nostra attenzione dovrà essere rivolta agli oggetti che hanno un elevata probabilità di rientrare nella categoria dei NEO e che presentino priorità 1 (la massima), e una magnitudine alla portata del nostro sistema di ripresa. Selezionati gli oggetti, inseriremo il nostro codice osservatorio nell'apposita casella e selezioneremo un intervallo temporale delle effemeridi di 30 minuti, infine spunteremo la voce *motion* (il moto apparente sulla volta celeste dell'oggetto) su *"/min*, cioè secondi d'arco per minuti di tempo (Fig. 1).

<input type="checkbox"/>	SLSF54	37	3	[2011 June 03.4 UT.	R.A. = 22 07.0,	Decl. = +08 25,	V = 21.0]	Updated June 4.58 UT
<input checked="" type="checkbox"/>	SL2197	80	2	[2011 June 05.4 UT.	R.A. = 22 07.6,	Decl. = +08 40,	V = 20.6]	Updated June 6.44 UT
<input type="checkbox"/>	SLSF24	100	1	[2011 June 02.7 UT.	R.A. = 22 37.6,	Decl. = -28 26,	V = 18.9]	Updated June 5.77 UT
<input checked="" type="checkbox"/>	SLSF87	100	1	[2011 June 03.7 UT.	R.A. = 22 41.0,	Decl. = -14 19,	V = 16.0]	Updated June 6.45 UT
<input checked="" type="checkbox"/>	SL2197	80	2	[2011 June 06.4 UT.	R.A. = 23 06.7,	Decl. = +03 51,	V = 20.0]	Added June 6.47 UT (1 nighter)
<input type="checkbox"/>	SW4012	74	2	[2011 June 03.4 UT.	R.A. = 23 19.2,	Decl. = +22 43,	V = 21.3]	Updated June 6.45 UT

Select your viewing point:

Geocentric Observatory code

Longitude ° E, latitude °, altitude m.

Longitudes and latitudes should be entered in decimal degrees.

Other options:

Ephemeris interval: 1 hour 30 mins 10 mins 1 min

Start ephemerides at now + hours

Display positions in: truncated sexagesimal or full sexagesimal or decimal units

Display motions as: "/sec "/min "/hr or "/day

Total motion and direction Separate R.A. and Decl. coordinate motions Separate R.A. and Decl. sky motions

Full output Brief output

Suppress output at: or when object's altitude is below °.

Fig. 1: Pagina iniziale NEOCP del MPC

In risposta otteniamo le effemeridi degli oggetti (Fig. 2), la magnitudine, ed il loro moto.

Qualora l'orbita sia particolarmente incerta, nelle ultime colonne verranno visualizzate le diciture *Map/Offset* cliccabili.

La prima aprirà una nuova pagine dove viene indicata l'incertezza di posizione dell'oggetto (Fig. 3). Questa indicazione grafica è molto utile al fine di individuare la zona di cielo da esplorare, rapportata al [FOV](#) della strumentazione utilizzata. Inoltre, in funzione del colore del grafico, viene indicata in modo approssimativo la distanza dell'oggetto dalla terra: se il colore è verde >0.05 UA; se arancione >0,05<0.01 UA, se rosso >0.01 UA. La seconda opzione riporta le orbite possibili dell'oggetto (fig. 4). Questi ultimi dati, inseriti in un foglio di calcolo, sono utili per individuare le zone di cielo dove effettuare la nostra ricerca (fig. 5).

SL21197

Get the [observations](#) or [orbits](#).

Date	UT h m	R.A. (J2000)	Decl.	Elong.	V	Motion		Object		Sun Alt.	Moon		Uncertainty	
						"/min	P.A.	Azi.	Alt.		Phase	Dist.		Alt.
...	<suppressed>	...												
2011 06 07 0100		23 07 11.1	+04 03 23	86.4	20.0	1.07	028.5	284	+20	-20	0.28	150	-25	Map/Offsets
2011 06 07 0130		23 07 12.1	+04 03 51	86.4	20.0	1.07	028.4	290	+25	-17	0.28	150	-28	Map/Offsets
2011 06 07 0200		23 07 13.1	+04 04 20	86.4	20.0	1.07	028.3	296	+30	-14	0.28	150	-31	Map/Offsets
2011 06 07 0230		23 07 14.1	+04 04 48	86.5	20.0	1.06	028.3	303	+35	-10	0.28	150	-34	Map/Offsets
2011 06 07 0300		23 07 15.2	+04 05 16	86.5	20.0	1.06	028.2	311	+40	-06	0.29	151	-35	Map/Offsets

Fig. 2: Effemeridi nel NEOCP

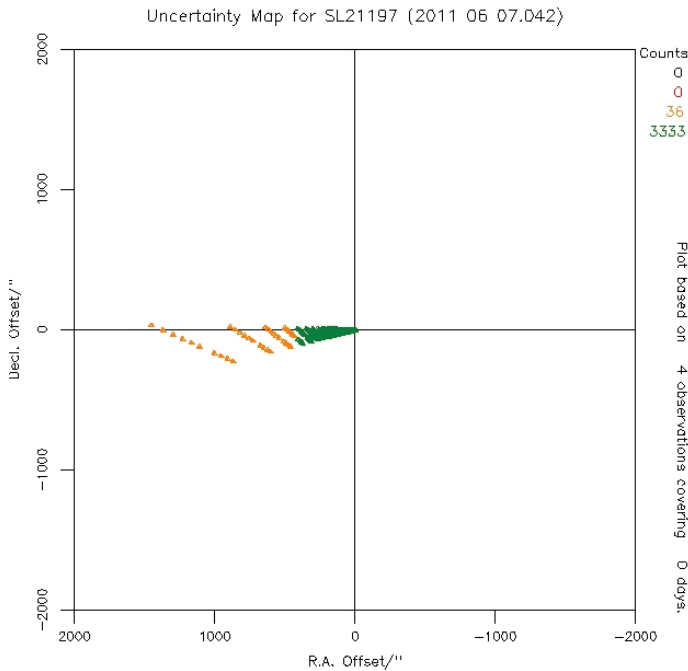


Fig. 3: grafico Map che riporta l'incertezza della posizione dell'oggetto celeste. Sotto, fig. 4: l'incertezza nel calcolo dell'orbita genera un insieme di effemeridi di caratterizzate da errori decrescenti.

Per ogni oggetto selezionato, inoltre, è possibile visualizzare le misure di posizione comunicate al MPC, cliccando sul link *observations*, dove sono raccolte tutte le osservazioni eseguite sull'oggetto. Questi dati, come vedremo in seguito, possono essere utilizzati per verificare la correttezza delle nostre misure, calcolando in modo approssimativo i *residui*, cioè la differenza tra la posizione teorica e quella osservata, spesso indicata con O-C (Osservato-Calcolato).

Uncertainty Offsets for SL21197

+1449	+33	Ephemeris # 1 !
+1369	-3	Ephemeris # 2 !
+1295	-36	Ephemeris # 3 !
+1226	-66	Ephemeris # 4 !
+1163	-94	Ephemeris # 5 !
+1105	-120	Ephemeris # 6 !
+1000	-167	Ephemeris # 7 !
+952	-189	Ephemeris # 8 !
+908	-208	Ephemeris # 9 !
+866	-227	Ephemeris # 10 !
+886	+20	Ephemeris # 11 !
+850	-2	Ephemeris # 12 !
+817	-23	Ephemeris # 13 !
+785	-43	Ephemeris # 14 !

Prima di puntare il telescopio ed effettuare le riprese degli oggetti selezionati, dobbiamo considerare che essi hanno un moto apparente sulla volta celeste spesso non trascurabile, capace di formare sull'immagine la classica "strisciata", la cui lunghezza è proporzionale alla durata della posa. Per aumentare la precisione delle misure astrometriche e la "profondità", in magnitudini, dell'immagine digitale, è necessario impostare i tempi di ripresa affinché l'asteroide risulti puntiforme.

Dalla pagina delle effemeridi (Figura 2), annotiamo il valore di *motion* dell'oggetto e, conoscendo le dimensioni in secondi d'arco di un *pixel* (attenzione, il termine corretto è *fotoelemento* della matrice; utilizzerò ugualmente la parola *pixel* perché è entrata nell'uso comune del linguaggio astronomico) del nostro sistema di ripresa è possibile determinare il tempo massimo della posa che dovremmo utilizzare:

$$T_p = 2 \times (S_{img}/Motion) \times 60$$

Dove T_p è il tempo di esposizione in secondi; **Motion**, è il moto dell'oggetto in ascensione retta e declinazione in secondi d'arco al minuto (si veda fig. 2), mentre S_{img} è la dimensione di un pixel in secondi d'arco.

S_{img} si calcola semplicemente così:

$$S_{img} = 206 \times M/F$$

Dove M è la dimensione di un pixel in micron; e F è la focale del telescopio in millimetri.

Se $M = 10$ micron e $F = 1000$ mm, $S_{img} = 2''$ e se il **motion** = $1''/min$, allora: $T_p = 112$ secondi.

Ora possiamo iniziare ad acquisire le immagini. Se la nostra strumentazione ci consente di raggiungere la magnitudine dell'oggetto, faremo una serie di "scatti", intervallati tra loro di un tempo sufficiente affinché si possa notare il suo spostamento.

Nel caso preso in esame, l'asteroide si sposterà di 0.5 pixel al minuto, per cui dopo 15 minuti rileveremo facilmente il suo spostamento. Ovviamente per asteroidi più lenti si dovrà attendere più tempo per l'acquisizione dell'immagine successiva. Al fine di ottenere misure astrometriche accurate, dovremo ottenere un rapporto segnale/rumore *SNR* dell'oggetto > 3. Valori di SNR minori compromettono la precisione delle misure.

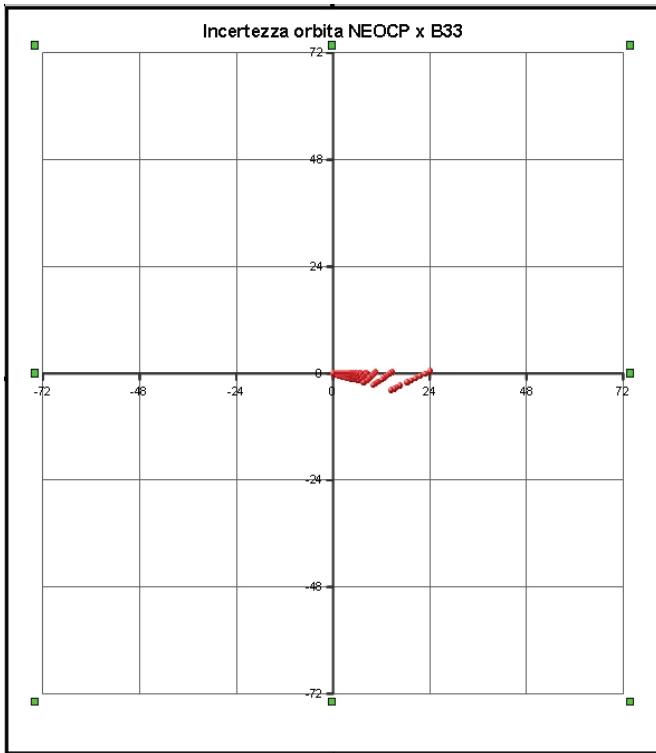


Fig. 5: Grafico dell'incertezza della posizione di un oggetto. I dati sono in primi d'arco, ogni riquadro corrisponde al FOV del telescopi di 50 cm dell'Osservatorio astronomico Libbiano

Per ottenere un SNR adeguato, si utilizza la tecnica dello *stack*. Si sommano numerose immagini dell'oggetto con tempi di posa con i quali esso appare ancora puntiforme. Così facendo si aumenta notevolmente il rapporto SNR e si raggiungono magnitudini interessanti. Applichiamo la tecnica dello stack all'asteroide 2009 UF94, scoperto al Centro Astronomico di Libbiano – Peccioli (PI) - ripreso alla sua seconda opposizione, mag. 20.5, motion: 0.60"/min e P.A. 291. (fig. 6)

Quando avremmo acquisito un sufficiente numero di immagini, inizieremo a sommarle tra loro, componendo almeno 3 immagini, e con la tecnica del *Blink*, cioè l'animazione delle immagini, andremo ad individuare e, successivamente, a misurare l'oggetto.

In fig. è rappresentato lo stack di 15 immagini da 30 secondi ciascuna, sono evidenziate con un cerchio le precedenti posizioni dell'oggetto che è stato misurato, di seguito si riportano i dati astrometrici nel formato MPC:

K10T53Z KC2010 10 10.00016 01 09 54.49 +06 00 02.3 19.2 R ET061B33
K10T53Z KC2010 10 10.00371 01 09 53.82 +05 59 28.8 19.2 R ET061B33
K10T53Z KC2010 10 10.00683 01 09 53.23 +05 58 59.3 19.1 R ET061B33



Fig. 7: Stack di 15 immagini dell'asteroide 2010 TZ53

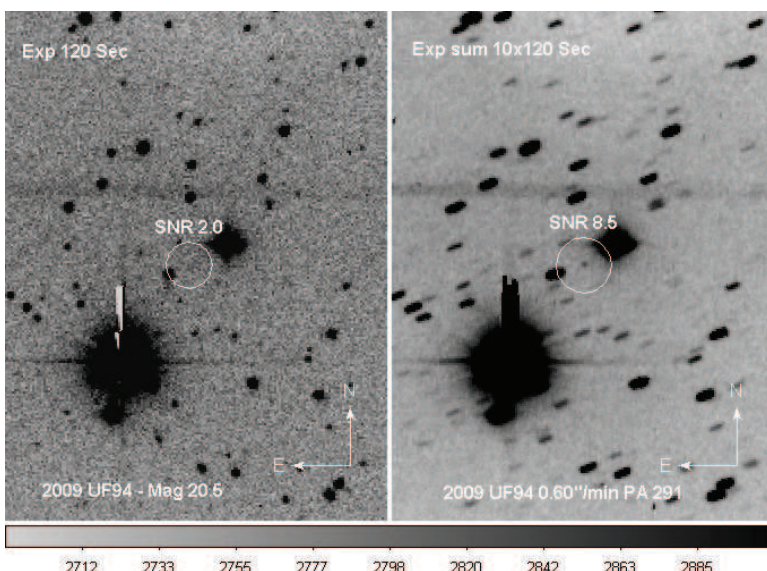


Fig. 6: Asteroide 2009 UF94 ripreso al telescopio di 50 cm del Centro astronomico di Libbiano. Nell'immagine a sinistra ha un'esposizione di 120 secondi. Qui l'asteroide non è stato rilevato perché la zona in cui esso è presente ha un SNR insufficiente, pari a 2 solamente. Nell'immagine di destra sono state sommate 10 immagini di 120 secondi ciascuna e il SNR è già perfettamente accettabile: 8.5. L'asteroide, di magnitudine 20.5 è chiaramente visibile.

Possiamo adesso verificare se le nostre misure sono coerenti dal punto di vista dei residui con quelle precedentemente acquisite da altri Osservatori. In questo caso, erano presenti solo le 8 misure della Survey 704 Lincoln Laboratory ETS, New Mexico.

Copiamo i dati presenti nella pagina *observations*, e li trascriviamo su un editor di testo, aggiungiamo le nostre misurazioni, e salviamo il file.

Utilizzando il programma gratuito **Find orb**, proviamo a calcolare l'orbita dell'oggetto al fine di verificare se le nostre misure sono coerenti con quelle fatte da altri osservatorio.

Carichiamo con Find_orb il file appena salvato, e con alcuni accorgimenti, cerchiamo di trovare un orbita compatibile:

Orbital elements:

```
2010 TZ53
Perihelion 2010 Jul 7.312981 TT = 7:30:41 (JD
2455384.812981)
Epoch 2010 Oct 10.0 TT = JDT 2455479.5 Earth MOID:
0.0824 Ve: 0.0215
M 90.47812 (2000.0) P Q
n 0.95554942 Peri. 55.02093 -0.33437819 0.93777028
a 1.02086256 Node 196.24704 -0.93635686 -0.34185064
e 0.3259447 Incl. 19.56502 -0.10689738 0.06103296
P 1.03/376.74d H 23.7 G 0.15 q 0.68811775 Q 1.35360737
From 11 observations 2010 Oct. 8-10; RMS error 0.371 arcseconds
# State vector (heliocentric ecliptic J2000):
# 1.076235856673 0.297024199694 0.005667290147 AU
# 1.019637830776 14.667394650862 -4.903179108085 mAU/day
# MOIDs: Me 0.2701 Ve 0.0215 Ea 0.0824 Ma 0.2439
# MOIDs: Ju 3.7139 Sa 7.7435 Ur 17.4099 Ne 28.5105
# Elements written: 18 May 2011 23:24:02 (JD 2455700.475023)
# Full range of obs: 2010 Oct. 8-10 (11 observations)
# Find_Orb ver: Mar 2 2010 18:03:42
# Perturbers: 00000000 (unperturbed orbit)
# Tisserand relative to Earth: 2.77966
# Tisserand relative to Jupiter: 5.88611
# Tisserand relative to Neptune: 29.78278
```

Come si può notare, gli elementi orbitali sono compatibili con un tipico asteroide Apollo.

Anche i residui O-C sono sufficientemente buoni, inferiori a 1.5, limite questo affinché una misura venga considerata sufficientemente precisa.

Successivamente il MPC ha rilasciato la circolare M.P.E.C. 2010-T61, dove sono pubblicati i parametri orbitali del NEO, con le misure effettuate da tutti gli Osservatori che ne hanno contribuito al calcolo preliminare dell'orbita. In questo caso l'osservatorio di Libbiano (B33), ha "confermato" l'esistenza dell'asteroide, essendo stato il primo a ritrovarlo.

Conclusioni

L'osservazione di asteroidi è una attività che può essere condotta anche con strumenti amatoriali. Con un telescopio da 20 cm ed un discreto cielo, si possono seguire oggetti NEOCP con magnitudine fino alla 18-19^a.

La ricerca di NEOCP, è un attività impegnativa, ma alla fine il risultato ripaga delle "fatiche" notturne, e la soddisfazione di vedere il nostro lavoro pubblicato sulle Circolari del MPC assieme ad Osservatori professionali, è sicuramente uno stimolo per continuare la nostra attività.



Il telescopio di 50 cm del Centro Astronomico di Libbiano.



Paolo Bacci, nato nel 1968, astrofilo sin dall'adolescenza, quando si associò al GAMP Gruppo Astrofili Montagna Pistoiese, e si occupava dell'osservazione visuale di meteore e stelle variabili.

Successivamente è entrato a far parte dell'AAAV Associazione Astrofili Alta Valdera, dove si occupa di asteroidi e comete.

Osserva da:

- B09 Capannoli (PI)
- B33 Osservatorio "G. Galilei" Centro Astronomico Libbiano Peccioli (PI)
- – 104 San Marcello Pistoiese (PT).

Il suo sito www.backman.altervista.org