

SECTION: SOFTWARE FOR PHOTOMETRY & ASTROMETRY

Astrometría con Tycho

Ramón Naves¹ and Montse Campàs²

¹Obs. Montcabrer - MPC 213, Cabrils–Barcelona, Spain. E-mail: ramonnavesnogues@gmail.com.
 ²Obs. Montcabrer - MPC 213, Cabrils–Barcelona, Spain. E-mail: mcampast@gmail.com.

Keywords: astrometría, fotometría, Tycho © Este artículo está protegido bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 License

Resumen

Se discuten las utilidades del software Tycho, un excelente programa para hacer astrometría y fotometría de asteroides, cometas, variables, etc. Presentamos algunos ejemplos de uso y diversas técnicas de análisis.

Abstract

Tools and procedures of the Tycho software are discussed. Tycho is an excellent program to perform astrometry and photometry for asteroids, comets, variable stars, etc. We present some examples where different analysis tools are employed.

1. Introducción

Tycho es un excelente programa para hacer astrometría y fotometría de asteroides, cometas, variables, etc. Desarrollado por Daniel Parrot, es un software que utiliza el apilamiento rápido de imágenes con soporte de GPU y seguimiento sintético (*synthetic tracking*) para mejorar la detección y observación de objetos celestes. Se trata de un software de pago, con actualizaciones constantes (algunas de ellas con un coste adicional). Su versión estándar tiene un precio de 25\$, mientras que la versión Pro cuesta 50\$. Existe sin embargo una versión de prueba, con la que se pueden probar sus utilides y modos de operación.

En el artículo anterior de esta sección [1] hablamos de Astrometrica, un programa muy fácil de usar pero que ha quedado un tanto obsoleto. Tycho permite manejar imágenes de tamaño muy superior a las de Astrometrica. Con la llegada de las cámaras CCD y CMOS de gran formato y con cada vez más resolución, hacía falta un software más actualizado pues a Astrometrica se le 'atragantan' las imágenes pesadas. Con todo, Astrometrica es un programa excelente para empezar en el mundo de la astrometría.

Por otro lado, Tycho ha incorporado unas herramientas de busqueda automática totalmente novedosas hasta ahora. Con esta herramienta es posible descubrir nuevos asteroides, NEOs e incluso cometas débiles, que ni siquiera aparecen en imágenes individuales. Gracias a este software algunos aficionados están haciendo descubrimientos que habrían sido realmente difíciles de conseguir con otro tipo de software.

En su última versión, a petición del Dr. Mark Kidger y del grupo de Observadores de Cometas, se ha incluido el cálculo de fotometría de cometas multibox, y el cálculo Afhro, muy utilizado por este grupo de observadores. Explicaremos cómo utilizar esta parte de fotometría cometaria en un próximo artículo de esta sección.

2. Cómo configurar Tycho

Lo primero que necesitamos hacer es descargar el programa Tycho, que encontraremos en el enlace

https://www.tycho-tracker.com/download

Para instalar el programa, descomprimimos los tres archivos de los que se compone la distribución en nuestro disco duro. La primera se refiere a la configuración (*setup*). Si vamos al menú Settings, comenzaremos cargando bases de datos en Known Objects. Si queremos hacer astrometría de cometas y asteroides, clicaremos sobre Download MPCORB.DAT y sobre Download ELEMENTS.COMET para descargar las bases de datos de asteroides y cometas (Fig. 1). Conviene hacerlo de forma periódica para mantenerla actualizada.

		Tycho v7.4.1		0
Co pro part prov transform South South So	Execute Object Database Object Database Open Te and adverse of a period Database of a	О инсовналт зарцения (3.9.1) велистория зарцения (3.9.3) велист		
	Ohdel Skeyson Lide verser Lide verser	Detaclo Annueles Datace ISSE Datace ISSE Social P Cancel OX	Inder Minder	0 1903an 1966 1995 199 (199,003)
	Ľ	Plate Solved: No Tota	J Scel 0 bytes) Total Time 0.000 sec	2 image Coart 0
			GPU Observatory=(21)	ad Ready Pouro Carcal

Figura 1. Menú Settings > Known Objects.

2.1. Star Catalog

Recomendamos marcar los tres cuadraditos blancos, además de Use Online (VizieR) Access, y en Catalog selecionar Gaia DR2 (Fig. 2).

2.2. ObsCodes

Seleccionamos el archivo ObsCodes.html, que encontraremos dentro de la carpeta de Findorb que hemos copiado en el disco duro al descargarnos el programa (Fig. 3).

2.3. FindOrb

Seleccionamos los archivos find_064.exe, find_064-modified.exe y fo.exe, que encontraremos dentro de la misma carpeta Findorb.



Figura 2. Menú Settings > Star Catalog.

Elle Action SpenCL Metwork Settings Jools Wind	aw Dela			
		e		
	Observatory	codes		
	The list of observatories recognized by the Minor Planet Center is store	d in a file labeled		
	Path to ObsCodes.html			
	Ziponeyamoriphet orb 2000-12-14/thd of-tylbollodes.htm	Browse		
	1			
	You can click the link below to download the file to a path of	ObsCodes.Mml is also used by the FindOrb		
	choice, or click "Download ObsCodes.html" for automatic	If you have configured the path to FindOrb, then you		
	https://www.winorplanetoenter.net/au/INIS/DESCodes.Net/	update its copy of the ObsCodes.html file here as well.		
	Download ObsCodes.html	Copy to FindOrb Directory		
	Ready.	Verity Path Cancel OK		
				0
		List Sciection Yew Enterneris		
		Nun Fliename	ExpTime(s., DoitsTime (min) TotalExpsed (Date-Obs	MPCDate Width Holp bpp EPH_DATE
				1
		Plate Solved: No	Total Size: 0 bytes Total Time: 0.000 :	sec Image Count: 0
			Status	8
				NOREY
			GPU Observator	9+[213] VIDI CIVID

Figura 3. Menú Settings > ObsCodes.

the Action OpenCl. Network Settings Tools Window Help						
		Path to FindOrb Executable	0			
	The FindOrb software, developed by Bill Gray	can be used to determine orbital elements and residuals from	s set of			
	You can invoke the software and access its f	eatures more conveniently if you specify the path to its executab	ie.			
	Path to FindOrb Windows Executable (find,	.ef1.exe)				
	Rithernetzaworldinet, ptp. 2020-12-1444	w_of44int_of4.exe	Browse	nage Manager		
	- And the French Martine French and a first	and an affind and			Lumma Luca	La Lancaux
	Thereisensifes at 200 12 Mit.	at addition and mailfait an		a carretos	with the second	
	Transferration of the second s		Browse.			
	Path to FindOrb DOS Executable (fo.exe)					
	Z:shome/senor/#ind_orb_2020-12-14##	nd_o64/source	Browse			
	J					
	Instructions					
	* It is important that all three executal A Day and where EndOrth is CA data and	oles reside in the same				
	* Instead, place FindOrb inside a folde	r on the Desktop, or other path with write				
						1
	The original FindOrb can be downloaded	https://www.projectoluto.com/Tind_orb.HtmFdowridaic.		Total Time: 0.000 sec	Image Count: 0	
	The mounted Periodis Can be downseded		Carte OK	Total Time: 0x000 Sec	- mage count o	
			Status			a la
					Ready	
			GPU	Observatory+(213)		Payse Carcel

Figura 4. Menú Settings > FindOrb.

2.4. Observatory

En este submenú (Fig. 5) clicamos en Action Add Observatory, y nos aparecerá un desplegable donde pondremos nuestros datos.

For Advan OpenCi. Memory Settions. Tools Working Tech	Tycho v7.4.1	- * 0
(in data) (and), lawest joining (and grade too) (Constrainty Configuration 29 June 1 (20) (20) (20) (20) (20) (20) (20) (20)	Add free Obernetiny O	- 0
		Ready atom (122) Prov. Grad.

Figura 5. Menú Settings > Observatory.

2.5. Report Parameters

En este desplegable (Fig. 6) colocaremos nuestros datos personales y correo electrónico. 108



Figura 6. Menú Settings > Report Parameters.

2.6. OpenCL

En este desplegable del menú principal (Fig. 7) marcaremos el máximo número de núcleos de proceso que tenga nuestro ordenador y, si dispone de tarjeta gráfica potente con OPENCL, la seleccionamos marcando Check here to enable GPU acceleration. Es recomendable chequear el funcionamiento de nuestra tarjeta gráfica. Para ello clicamos Test Device para comprobar su compatibilidad. Ojo, *no es imprescindible* disponer de tarjeta gráfica compatible con OPENCL, pero sí acelera bastante el proceso. En caso de error simplemente la desmarcaremos.



Figura 7. Menú OpenCL.

3. Preanalysis astrométrico

Clicando sobre Action se abrirá un menú, en el que seleccionaremos Express Mode (Fig. 8), y donde marcaremos los siguientes cuadraditos: Calibrate, Align, Plate solve, y Clean Up intermediate directories.



Figura 8. Menú Action > Express Mode.

3.1. Calibrate

Clicamos sobre Settings, junto a Calibrate (Fig. 8). Los autores usamos imágenes ya calibradas con sus *darks* y *flats*, pero recomendamos marcar la opción Use pseudo flat, pues aplica además unos *flats* sintéticos que permiten contrastar mucho las imágenes.

3.2. Align

Clicaremos sobre Settings, junto a Align. Los autores usamos simplemente la opción Internal Plate Solve. Clicamos ahora sobre Settings, junto a Plate Solve (Fig. 9). Recomendamos dejarlo como en el ejemplo de la imagen. No es necesario poner nuestra resolución por píxel. Configurado de esta manera resolverá prácticamente casi cualquier imagen.

4. Preanálisis de imágenes

Hacemos los siguientes pasos:

- 1. En el menú Image Manager clicamos en List, y seleccionamos las imágenes consecutivas, obtenidas por nosotros del cometa o asteroide que queramos analizar.
- 2. Clicamos en el menú principal Actions y marcamos el menú Expres Mode
- 3. En el desplegable Express Mode, clicamos Start.

Estas acciones arrancarán un proceso que calibrará las imágenes (aplicándoles un *pseudo flat*), las alineará y por último las astrometrizará, reconociendo el campo de las mismas (incluso aunque no tengan coordenadas en las cabeceras de los ficheros *fits*). Este último proceso se demora un tiempo, dependiendo del número de imágenes, de la potencia de nuestro ordenador y/o la tarjeta gráfica utilizada.

		Tycho v7.4.1						< 0
Express Mode 🛛 Window (bib)								
Regular Functions	Plate Solve Images							
Settings IF Calibrate	Configuration for astrometry net offline solver							
Settings F Resize	Cypen poly: Income and a contract of the second sec							
Settings. If August	Solver Settings							
IP Hate some	Pirel scale, lower-bounds: 0.500000 antaet/steel							
Tracker Evaluation Functions	Pixel scale, upper-bounds: 3.000000 arcsec/pixel							
Settings Diject test targets	Downsample Factor: 2							
Settings IT Shuffle timestamps	Additional Optimum							
Processing	E Several to the side start (or develop proved)							
Clean up Intermediate directories	Automatically perform second attempt with different source image							
See Deven Sect	P Nerrow search to RA/Dec in FITS header (prevents false matches)							
	Search radius: 2.00 degrees (default=2.00							
	and an I am I am I am I am	Tel Salarition Many Enhanceria						°
	nerve nos centurg rep sive serings sur		Della Terration	a Tauthanati Dan An	Lancour.	Lucas Lucas Luc	The DATE	
		non / rietare	Consection Construction	U TRADAGORY L. UNICONS	- Produce	With 1992. 199	- Distriction	71.
		a.						æ.
		Dista Solvert No	Total Size: O hoter	Total Time: 0.000 s		Image Count: 0		
		Fille Sowea no	Total Size: O bytes	Total time: 0.000 s		image Count: 0		
				Status				
					Real	ty		
				GPU Observatory	- [223]		7.2156 C.e	1981

Figura 9. Menú Action > Express Mode > Settings (Plate solve).



Figura 10. Menú para seleccionar y examinar imágenes.

El proceso termina cuando en la ventana Image Manager desaparece la lista de imágenes que habíamos seleccionado.

5. Obtención de resultados astrométricos

Justo después de realizar el preanálisis con Express Mode, y si todo ha ido bien, debe aparecer una carpeta nueva justo al lado de la que contenía las imágenes seleccionadas. Esta carpeta tendrá añadido el prefijo _c_a. Entonces:

- Clicamos en el menú List de la ventana Image Manager para proceder a cargar dichas imágenes. Fijémonos que en Plate Solved: Yes ponga realmente Yes; de lo contrario, significará que el proceso no ha podido realizarse por algún motivo.
- 2. Clicamos en el menú Actions de la barra principal y marcamos View Images, Fig. 10.



Figura 11. Menú Load Known Objects, para buscar los objetos en la imagen.

Clicamos ahora en el menú File dentro de Image Viewer, y marcamos en Load Known Objects, Fig. 11. Esto hace que el programa busque en su base de datos de cometas y asteroides qué objetos conocidos deberían estar en el campo de la imagen. A partir de aquí aparecerá una lista con esos objetos conocidos que pueden aparecer en nuestro campo de la imagen. En el caso que presentamos sólo hay un objeto, el cometa C/2021 A1. Clicamos ahora sobre la línea que nos ha aparecido en Known objects, y directamente en Image Viewer nos aparecerá una imagen apilada sobre el cometa seleccionado, Fig. 12.



Figura 12. Imagen con la lista de objetos conocidos presentes en el campo.

Para verificar que realmente no se trata de ningún error (rayo cósmico, ruido u otro tipo de artefactos), clicaremos en Add Track Navigator, y luego sobre la línea que nos aparece en el menú Track Navigator y en Verify Track, Fig. 13. Dentro de la ventana Verify Track marcamos el cuadro Follow target, y seleccionamos el número de *stacks* y observaciones que deseemos, tres en este ejemplo. Veremos entonces una animación donde el cometa o asteroide se mueve, verificando que es



Figura 13. Ventanas de confirmación de la identidad del cometa o asteroide..



Figura 14. Ventanas de grabación de la observación y asignación de un nombre al objeto.



Figura 15. Ventanas sobre la generación de un informe de astrometría y su envío por correo electrónico al MPC.



Figura 16. Procedimiento para verificar la calidad de las observaciones.



Figura 17. Procedimientos para operar con la herramienta Synthetic tracker.

por tanto un objeto real. Una vez verificado el objeto, clicamos dentro de la ventana Verify Track el botón Add observations, Fig. 14. Nos aparecerá después el siguiente menú para añadir el nombre del cometa o asteroides a medir, en este caso C/2021 A1, sin ningún añadido de nombre más. Luego clicaremos en Ok. Nos aparecerá el número de observaciones que hayamos realizado (en este caso tres).

Dentro de la ventana Observations All Targets podremos generar un informe para el Minor Planet Center (MPC) para enviar por correo electrónico (Generate MPC1992 Report), o un informe en formato ADES para enviar vía Web (Generate ADES Report), Fig. 15.



Figura 18. Establecimiento de parámetros para iniciar la herramienta de búsqueda de objetos Synthetic tracker.

6. Comprobación de la calidad de las observaciones astrométricas

Si queremos, podemos verificar la calidad de nuestras observaciones descargándonos más observaciones del MPC y verificándolas posteriormente con Findord. Para ello (Fig. 16):

- 1. Clicamos dentro de la ventana Observations All Targets en View with Existing Observations. Esto nos abrirá un nueva ventana con todas las observaciones disponibles del MPC para este objeto, añadiendo las nuestras al final.
- 2. Clicamos en esta nueva ventana Text Form Observation (abajo, donde aparece View in Findorb). Nos aparecerá entonces una nueva ventana con el programa FindOrb donde podremos ver los residuos de nuestras observaciones.

7. Synthetic tracker

Esta potente herramienta sirve para buscar objetos desconocidos o perdidos en nuestras imágenes, que no figuran en las bases de datos del MPC. Para ello (Fig. 17):

- 1. Seleccionamos en Image Manage la lista de imágenes, preanalizadas, donde queramos buscar o intentar descubrir nuevos cometas o asteroides.
- 2. En el menú Actions de la barra principal clicamos Synthetic tracker (último ítem de ese menú desplegable).

N / menning and demonstra	R map Manpe	×
Control Control <t< td=""><td></td><td></td></t<>		
Description Description <thdescription< th=""> <thdescription< th=""></thdescription<></thdescription<>		

Figura 19. Lista de objetos candidatos y cálculo del nivel de confianza.

Nos aparece una nueva ventana Star Mask Threshold, donde simplemente clicamos en Auto Threshold. Luego, en la otra ventana que nos aparece, seleccionamos la sensibilidad, aunque el valor por defecto, 50%, parece ir muy bien.

Por último, en la nueva ventana que aparece, Fig. 18, podemos no marcar nada (en este caso el programa tendrá que hacer muchos más cálculos), o podremos limitar la velocidad (Limit seed range) y el ángulo (Limit PA Range) para restringir el número de cálculos necesario.

Por ejemplo, para buscar asteroides del cinturón principal en oposición, podemos poner velocidades de 0.4 a 0.8, y ángulos entre 250° y 280° . De todas formas, podemos no poner nada para una búsqueda exhaustiva que incluirá todo tipo de objetos: NEOs, Transneptunianos, cometas, etc., sólo que el proceso tardara más tiempo en realizarse.

Para terminar clicamos en 0k y esperamos que el proceso concluya; puede tardar desde minutos a muchas horas, y nos hará un pronóstico del tiempo requerido. Podemos abortar el proceso una vez iniciado y transcurrido cierto tiempo. De todos modos el programa nos enseñará los posibles objetos que haya tenido tiempo de encontrar antes de que se abortara el proceso.

Una vez terminado (o abortado) este, se nos mostrará una lista de posibles candidatos. Nos pueden aparecer objetos perdidos o incluso por descubrir, pero tenemos que ser meticulosos, pues muchos de ellos no serán más que artefactos fruto del ruido, rayos cósmicos, etc. En la lista de candidatos Track Navigator clicaremos Compute confidence, Fig. 19. Así calculará la probabilidad de los mismos, y clicando sobre Confidence los ordenará de mayor a menor probabilidad. A continuación podemos clicar en Load Known Objects y así nos indicará cuáles de ellos son conocidos. Finalmente, clicando encima de cada uno de ellos se nos realizará un *stack*, y procederemos de la misma forma que siempre. En el caso del ejemplo que hemos mostrado se trata de un asteroide ya conocido.

References

[1] R. Naves y M. Campàs, JCAAC 1, 53 (2024).