Taller: PixInsight 1.9.5.

Alicia Lozano y Vicent Peris

Queremos presentar las mejoras de PixInsight 1.9.5 y algunas herramientas que, en el momento de esta conferencia, todavía se encontraban en desarrollo. Además del procesamiento de imágenes astronómicas, estamos ampliando las posibilidades de análisis cuantitativo, especialmente en astrometría y fotometría.

Una de las novedades está relacionada con la base de datos de referencia utilizada para modelar la emisión difusa del cielo, en particular las imágenes de hidrógeno alfa. El proyecto ha avanzado hasta cubrir prácticamente todo el cielo boreal, aunque permanecen algunas zonas pendientes, especialmente cerca del polo norte celeste. Parte de esas lagunas se debe a obstáculos en el emplazamiento de los telescopios de captura, en AstroCamp (Albacete), que han obligado a trasladar el equipo para completar las observaciones.

Otras zonas carecen temporalmente de datos porque durante la captura aparecían planetas y halos intensos. Esos elementos deben excluirse para que no distorsionen los modelos de referencia. Por ello, al procesar determinados campos, el programa puede advertir de que no existe información disponible. La intención es completar esas regiones mediante nuevas tomas cuando los planetas se hayan desplazado. Las imágenes de gran campo muestran estructuras extensas de hidrógeno alrededor de objetos como M81, M82 o en la región de Orión.

Un preprocesamiento considerablemente más rápido

Una de las mejoras más visibles de la nueva versión es la aceleración de WeightedBatchPreprocessing (WBPP). Hemos revisado la forma en que varias herramientas realizan sus cálculos y gestionan los datos. La normalización local, que anteriormente constituía uno de los principales cuellos de botella, se ha beneficiado especialmente de estos cambios.

En determinadas pruebas, el aumento de rendimiento alcanza cifras cercanas al 800 % respecto a versiones anteriores, aunque la mejora real depende de la operación y del equipo utilizado. En algunos procesos que antes requerían unas cuatro horas, ahora podemos trabajar en torno a una hora. No se trata solo de aprovechar instrucciones modernas del procesador: también hemos reorganizado los algoritmos y la disposición de los datos para utilizarlas eficazmente.

Verificación de soluciones astrométricas y distorsiones

PixInsight incorpora dos nuevas herramientas de análisis: Astrometric Solution Verifier y Distortion Evaluator. La primera compara las posiciones estelares obtenidas en una imagen con las del catálogo Gaia y muestra mapas e histogramas de los residuos astrométricos. También permite examinar las desviaciones según la magnitud de las estrellas, su distancia al centro y las coordenadas de ascensión recta y declinación.

En un ejemplo realizado sobre M33, la desviación mediana se sitúa aproximadamente en 0,03 segundos de arco, con valores mayores en determinadas regiones del campo. La segunda herramienta estudia cómo se distribuyen las distorsiones en el plano focal y representa tanto su amplitud como su dirección mediante mapas vectoriales.

Estas comprobaciones son importantes porque una solución astrométrica con un modelo de distorsión fiable permite medir posiciones precisas en toda la imagen, no solo en una pequeña región central. Esto resulta especialmente útil cuando queremos determinar, por ejemplo, las coordenadas de un asteroide situado cerca de una esquina del campo.

Reducción de ruido e integridad de la imagen

Ya hemos publicado una primera herramienta de reducción de ruido basada en aprendizaje automático. También estamos preparando una alternativa puramente algorítmica y estudiamos la posibilidad de combinar ambos enfoques en una solución híbrida. Nuestro objetivo es que el aprendizaje automático ayude a mejorar el resultado de los métodos clásicos, sin sustituir el criterio científico por decisiones opacas.

La dificultad fundamental es que el ruido introduce incertidumbre: no existe una frontera simple entre una señal astronómica débil y una fluctuación aleatoria. Un algoritmo que elimine todo lo que esté por debajo de un umbral de contraste puede conservar picos de ruido y, al mismo tiempo, borrar estructuras reales. Los modelos de aprendizaje automático reconocen patrones estadísticos, pero su fiabilidad depende de cómo hayan sido entrenados.

Por eso insistimos en la integridad documental de la imagen. Una herramienta no debe inventar estructuras ni suprimir información astronómica significativa. Como ejemplo mostramos una imagen de M31 en la que el halo exterior contiene multitud de estrellas extremadamente débiles. Su distribución puede parecer ruido aleatorio, y distinguir ambos patrones resulta especialmente delicado. La herramienta consigue reducir el ruido del fondo mientras conserva esas pequeñas estrellas, algo que debe comprobarse examinando regiones distintas de la imagen.

El entrenamiento nunca puede abarcar todos los casos posibles. Si aparece una imagen con características no representadas en los datos de entrenamiento, el modelo puede fallar. En ese caso, estudiar la imagen problemática y mejorar el conjunto de entrenamiento forma parte del desarrollo. No debemos evaluar estos programas únicamente por lo limpia que parece una fotografía, sino por la información real que preservan.

La fotometría llega a PixInsight

Una de las líneas de desarrollo que más nos interesa es la fotometría. Estamos preparando dos scripts complementarios: Aperture Photometry, para medir el flujo de las estrellas, y una herramienta de análisis que procesa esas medidas, construye curvas de luz y genera informes. En el momento de la presentación, las dos herramientas todavía requerían algunas funciones adicionales, pero ya podían utilizarse en una demostración completa.

Como ejemplo elegimos la estrella variable CY Aquarii, de periodo muy corto, cuya variación puede seguirse varias veces durante una misma noche. Trabajamos con unas 300 imágenes obtenidas en dos filtros. El primer paso consiste en calibrarlas con sus correspondientes imágenes de calibración; para hacer fotometría precisa no es necesario alinearlas ni integrarlas como haríamos para producir una fotografía de cielo profundo.

Esta distinción es esencial: al desplazar una imagen con precisión subpíxel, el programa interpola los valores de los píxeles, y esa interpolación puede alterar las medidas fotométricas. Nuestro procedimiento mantiene intactas las imágenes calibradas. Utilizamos la información de desplazamiento entre cada toma y una imagen de referencia para mover las aperturas de medida, no los píxeles.

El preprocesamiento con WBPP permite calibrar rápidamente centenares de imágenes. A continuación, basta con resolver astrométricamente una imagen de referencia. Gracias a esa solución, el script puede localizar automáticamente la estrella variable y las estrellas del campo sin necesidad de señalarlas manualmente.

Gaia y la selección de estrellas de comparación

Para realizar las medidas utilizamos información de catálogos estelares, en especial los datos espectrofotométricos de Gaia. Estos espectros permiten calcular magnitudes sintéticas en diferentes

bandas y aproximar la respuesta de los filtros y sensores empleados. En la demostración se accedía a parte de esa información mediante una conexión a VizieR, con la intención de disponer posteriormente de los datos también de forma local.

El programa puede medir miles de estrellas en cada imagen. En nuestro ejemplo, unas 2.000 estrellas por toma y unas 300 imágenes representan centenares de miles de medidas, que se procesan en un tiempo del orden de diez minutos. Además, uno de los modos de fotometría adapta automáticamente el radio de la apertura al tamaño de las imágenes estelares en cada exposición.

El segundo script selecciona las estrellas de comparación mediante criterios explícitos: distancia a la variable, intervalo de magnitudes, relación señal-ruido y semejanza de color. También descarta automáticamente estrellas identificadas como variables y otras cuya fotometría presenta inconsistencias. Se incorpora una estrella de control para verificar la estabilidad de las comparaciones.

Lo importante es que podemos modificar esos criterios y ver inmediatamente cómo afectan a la curva de luz. Así evitamos escoger estrellas de comparación de forma arbitraria. La herramienta permite además representar el índice de color, el tamaño y la excentricidad de las estrellas, la apertura fotométrica, el brillo del fondo, el flujo total de comparación, el punto cero fotométrico y la masa de aire. Estas variables ayudan a identificar problemas de transparencia, enfoque o calidad de las medidas.

Informes, correcciones de color y exoplanetas

El análisis genera curvas de luz, tablas de medidas, cartas de identificación y un informe preparado para la AAVSO. Al trabajar con dos filtros, también puede seguirse la variación del índice de color de una estrella pulsante: cuando cambia su temperatura efectiva, cambia igualmente su color.

Todavía estamos incorporando las transformaciones fotométricas entre filtros instrumentales y sistemas estándar. Por ejemplo, al comparar filtros fotográficos G y R con bandas Johnson, la diferencia depende del color de cada estrella y requiere coeficientes de transformación. También queremos desarrollar correcciones espaciales que tengan en cuenta gradientes residuales de los flats y su dependencia cromática.

Para los tránsitos de exoplanetas prepararemos una herramienta de análisis independiente. Aunque comparten la etapa de medida, las exigencias del análisis de una curva de tránsito son diferentes de las de una estrella variable. Nuestra intención es ofrecer un flujo de trabajo claro, criterios reproducibles para seleccionar estrellas y rechazar exposiciones, y resultados que puedan utilizarse en programas de seguimiento científico.

Mosaicos astronómicos y panoramas

Otra herramienta en desarrollo está dedicada a la construcción de mosaicos. Ya funciona la combinación de paneles y el ajuste fotométrico de sus niveles de brillo. El paso decisivo será utilizar una referencia externa que cubra el campo completo: si construimos, por ejemplo, un mosaico de Orión con veinte paneles, necesitamos una imagen monolítica de referencia para evitar que los errores de calibración se acumulen de un panel al siguiente.

La base de datos de referencia y las soluciones astrométricas precisas serán fundamentales para que el brillo final sea coherente en todo el mosaico. También estamos preparando un script de ensamblaje de panoramas de fotografía diurna. Estas líneas de trabajo muestran que PixInsight evoluciona tanto en el procesamiento visual como en la medida astronómica rigurosa.

Preguntas

¿Qué ordenador recomendáis para aprovechar las nuevas herramientas de PixInsight?

Para las herramientas de aprendizaje automático recomiendo, en el momento actual, una tarjeta gráfica NVIDIA, porque su compatibilidad nos está dando mejores resultados. El preprocesamiento sigue siendo la tarea más exigente: para cámaras de unos 20 o 25 megapíxeles considero razonables 64 GB de RAM; con sensores de mayor resolución puede convenir disponer de más memoria. La fotometría, en cambio, requiere muchos menos recursos. Además, las mejoras de rendimiento permiten sacar más partido de ordenadores que ya tienen varios años.

¿Tenéis previsto incorporar herramientas de espectroscopia?

Sí. Ya tenemos un script de espectroscopia que funciona de forma preliminar, aunque todavía estamos trabajando en él.

¿Se podrán generar informes astrométricos de asteroides en el formato del Minor Planet Center?

Todavía no se puede generar directamente ese informe con las herramientas mostradas, pero tenemos previsto incorporar esa posibilidad próximamente.

¿Por qué vais a desarrollar un análisis fotométrico separado para exoplanetas?

Porque las necesidades de un tránsito de exoplaneta son distintas de las de una estrella variable. Queremos que cada interfaz responda a sus propios requisitos y permita trabajar con criterios objetivos. Por ejemplo, podremos ajustar las estrellas de comparación y observar en tiempo real cómo afectan a la curva de luz, en lugar de seleccionarlas arbitrariamente.

¿Qué catálogos recomendáis para la fotometría?

Respuesta: Mi recomendación es utilizar preferentemente la espectrofotometría de Gaia. Aunque podemos ofrecer otras opciones, como APASS, Gaia aporta una calibración muy sólida realizada desde el espacio, sin los efectos directos de la extinción atmosférica sobre esas medidas. Esperamos ampliar las posibilidades con futuras publicaciones del catálogo.

¿Se puede elegir qué índice de color calcular?

Sí. De momento trabajamos con dos filtros y podéis indicar cuál de ellos queréis utilizar como referencia. A partir de esas dos bandas calculamos el índice de color correspondiente.

¿Es posible limitar la región de medida cuando una imagen contiene decenas de miles de estrellas?

Sí. En Aperture Photometry podéis dibujar un rectángulo sobre la imagen de referencia y medir únicamente las estrellas incluidas en él. Sin embargo, también considero que la abundancia de estrellas de Gaia invita a replantear la fotometría: con suficientes datos podemos modelar variaciones de calibración en todo el campo, y no siempre conviene restringir el análisis a una zona pequeña.

¿Cómo medís las imágenes sin alinearlas ni interpolarlas?

Resolvemos astrométricamente una imagen de referencia y calculamos el desplazamiento de cada exposición respecto a ella mediante StarAlignment. Pero no aplicamos la transformación a los píxeles: desplazamos las aperturas fotométricas. Así conservamos las imágenes originales calibradas y evitamos los errores introducidos por la interpolación.

¿Podrá la herramienta de exoplanetas controlar la dispersión de las medidas y preparar informes para ExoClock?

Estamos diseñándola para aplicar criterios reproducibles de calidad y facilitar la preparación de resultados. Hemos comprobado que adaptar la apertura al tamaño de las estrellas puede reducir

valores atípicos. También podemos rechazar exposiciones mediante un umbral objetivo, por ejemplo cuando el flujo conjunto de las estrellas de comparación cae por debajo del 70 % debido a nubes. Prevemos incorporar más parámetros de rechazo y estudiar los formatos que requieren distintos programas de seguimiento, aunque en esta presentación todavía no hemos confirmado una exportación específica para ExoClock.