

El futuro de las evaluaciones de tableros de puentes mediante la IA y el GPR multicanal

Descubra cómo la cartografía móvil GPR está revolucionando las evaluaciones de tableros de puentes con imágenes de resolución completa en tiempo real

Mantener la integridad estructural de millones de puentes envejecidos en todo el mundo supone un reto importante. Las limitaciones de los métodos tradicionales para detectar las primeras fases de deterioro pueden dar lugar a un mantenimiento reactivo, retrasos, errores, repetición de trabajos y aumento de los costes. Pero las cosas están cambiando, y rápido.

Los últimos avances tecnológicos presentan una forma más eficaz de detectar incluso los defectos más pequeños en los tableros de los puentes, con una eficiencia ultraelevada y una claridad nunca vista.

Esta nota de aplicación demuestra cómo la integración de la Inteligencia Artificial (IA) con la tecnología avanzada de Radar de Penetración en el Suelo (GPR) Multicanal ofrece una potente solución para realizar evaluaciones rápidas, precisas y proactivas de los tableros de puentes que mejora drásticamente la productividad, la seguridad y la asignación de recursos.

Desafío

La eficiencia económica y operativa de nuestras redes de transporte depende de la durabilidad de la infraestructura de puentes. Los tableros de los puentes se degradan con el tiempo debido a la corrosión de las barras de refuerzo, la intrusión de humedad y la descomposición del hormigón. Los efectos de estos problemas amenazan directamente la vida útil y el rendimiento de los tableros de los puentes.

La detección temprana de cualquier tipo de deterioro es fundamental para una gestión segura y rentable de las infraestructuras. Una supervisión proactiva basada en datos garantiza puentes más seguros y un mantenimiento más inteligente. Por lo tanto, la clave para un mantenimiento predictivo, no reactivo, es la cartografía a lo largo del tiempo (monitorización) con una solución sencilla.

Solución

La monitorización es clave para evaluar el estado estructural. Los radares de penetración en el suelo montados en vehículos son cada vez más populares para evaluar áreas extensas como grandes puentes y carreteras.

El [GM8000](#), una plataforma móvil de cartografía del subsuelo que utiliza una combinación de tecnología GPR multicanal de última generación para obtener imágenes de resolución completa en tiempo real y software de computación en la nube junto con herramientas de análisis de IA. Dicha plataforma tiene como objetivo proporcionar una solución escalable para el escaneo continuo de activos, lo que representa un importante salto adelante para la inspección inteligente de tableros de puentes y una oportunidad única para la monitorización de la salud estructural.

Además de obtener imágenes precisas de la armadura del tablero, los datos del GM8000 pueden generar mediciones en 3D de resolución completa, georreferenciadas y con intervalos de tiempo que proporcionan mapas con información crítica sobre los cambios relacionados con el deterioro del asfalto y el hormigón (agrietamiento, desprendimiento, retención de humedad). Las tendencias sobre cómo cambian estos mapas pueden seguirse a lo largo del tiempo para la evaluación de la gestión de riesgos. De este modo se garantiza la adquisición de información completa y práctica que puede combinarse con otras fuentes de información para la toma final de decisiones sobre el estado estructural del tablero del puente.

Adquisición de datos a alta velocidad

Una ventaja clave del GM8000 reside en su capacidad para funcionar a la velocidad del tráfico, proporcionando imágenes 3D de resolución completa en tiempo real. Esto minimiza drásticamente la necesidad de cierres de carreteras, lo que reduce los costes asociados y los riesgos para la seguridad derivados de las obras prolongadas. A diferencia de los métodos de inspección tradicionales, que a menudo requieren importantes restricciones de carriles y gestión del tráfico, el GM8000 puede recopilar información crítica del subsuelo con un impacto mínimo en el flujo de tráfico diario. Esto acelera el proceso de evaluación, haciéndolo más eficiente. Por otra parte, la exclusiva visualización en tiempo real aumenta significativamente la eficacia durante el escaneado, minimizando el riesgo de tener que volver al campo para recopilar más datos.

Cobertura de área amplia exhaustiva y rápida

El GM8000 está diseñado para proporcionar una cobertura de datos amplia y precisa en grandes áreas de tableros de puentes en un plazo de tiempo excepcionalmente corto. Utilizando su avanzada antena multicanal GX1, el sistema adquiere una nube de puntos de datos GPR de alta densidad sin precedentes con cada pasada, ofreciendo imágenes de claridad inigualable que proporcionan una comprensión mucho más completa del subsuelo en comparación con los estudios GPR tradicionales. Esta rápida cobertura de áreas amplias permite una evaluación eficaz de tableros de puentes enteros, identificando posibles anomalías y áreas de interés que podrían pasar desapercibidas con métodos menos exhaustivos.

Sistema de posicionamiento integrado

Para una supervisión eficaz de la salud estructural, las exploraciones deben ser comparables a lo largo del tiempo y esto requiere repetibilidad con el fin de seguir la progresión del deterioro del tablero del puente, evaluar la eficacia de las intervenciones de mantenimiento y hacer predicciones informadas sobre el rendimiento estructural futuro. Por lo tanto, es imprescindible un posicionamiento preciso en todo momento, incluso en zonas sin GNSS.

El sistema de posicionamiento visual basado en odometría GM8000 aprovecha la fusión avanzada de sensores, combinando datos de GPS RTK, cámara con seguimiento automático de características, unidades de medición inercial (IMU) y otros sensores a bordo (por ejemplo, sensores de velocidad precisos) para proporcionar una cartografía precisa y fiable. Este enfoque de fusión profunda mejora la precisión de la localización y, gracias a los algoritmos de ajuste de paquetes, puede compensar algunos errores de deriva que se producen habitualmente en los cañones urbanos, garantizando que los datos del GPR se alineen con precisión con las coordenadas geográficas, incluso en entornos difíciles (figura 6).



Figure 5. Visual odometry-based system for data positioning.

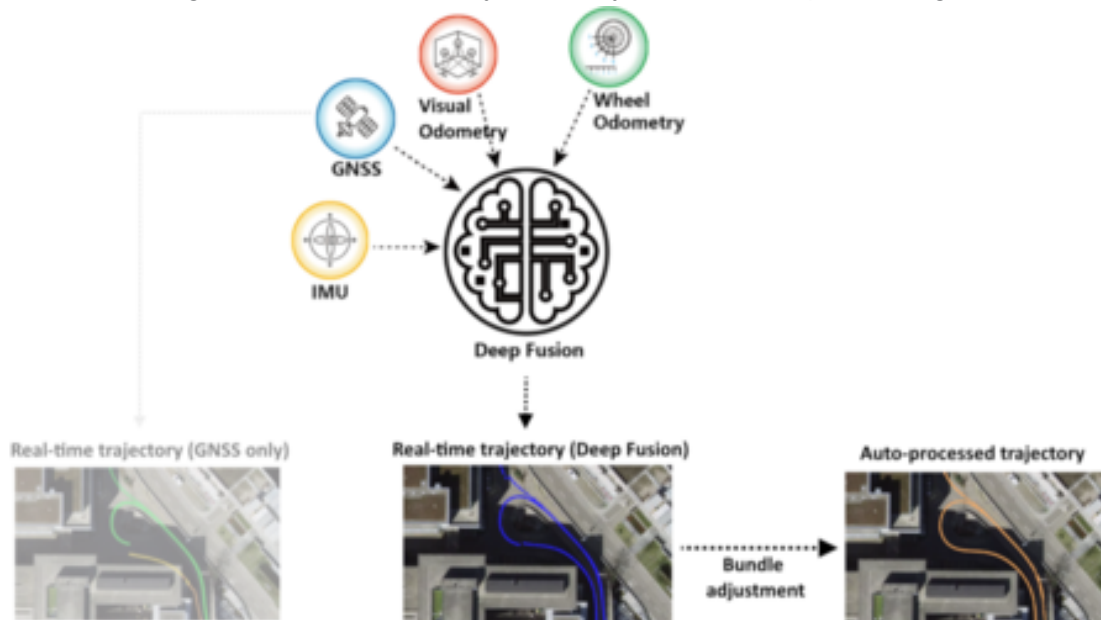


Figure 6. Advanced sensor fusion for accurate trajectory calculation

La precisión de este sistema de posicionamiento garantiza que las adquisiciones de datos posteriores puedan referenciarse con precisión a los estudios anteriores. Esto es crucial para la repetibilidad de los programas de vigilancia a largo plazo.



Información avanzada de alta resolución sobre la integridad del hormigón

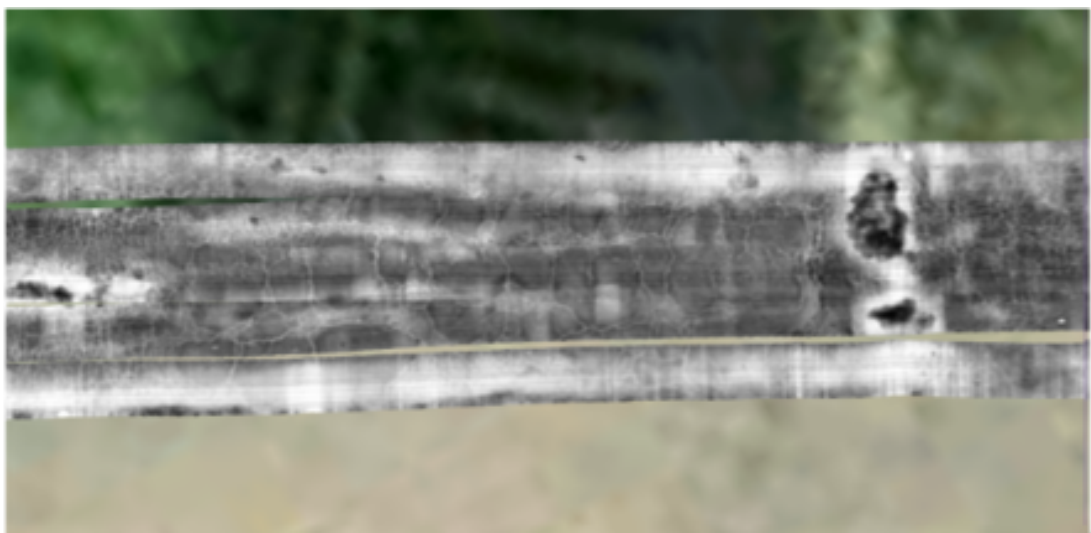
Gracias al software GPR Insights, el GM8000 proporciona imágenes de alta resolución sin precedentes del tablero del puente. La información detallada del subsuelo permite la identificación precisa de diversos defectos (por ejemplo, grietas, despegues, huecos). Además, la lectura de las respuestas y atributos de la señal en todo el tablero puede proporcionar información cualitativa relacionada con las primeras etapas de la corrosión de las barras de refuerzo, el espesor de la cubierta o el grado de intrusión de humedad.

Aprovechamiento de la IA para el análisis preliminar rápido y automatizado de conjuntos de datos masivos mediante el software GPR Insights para generar resultados procesables para el mantenimiento predictivo:

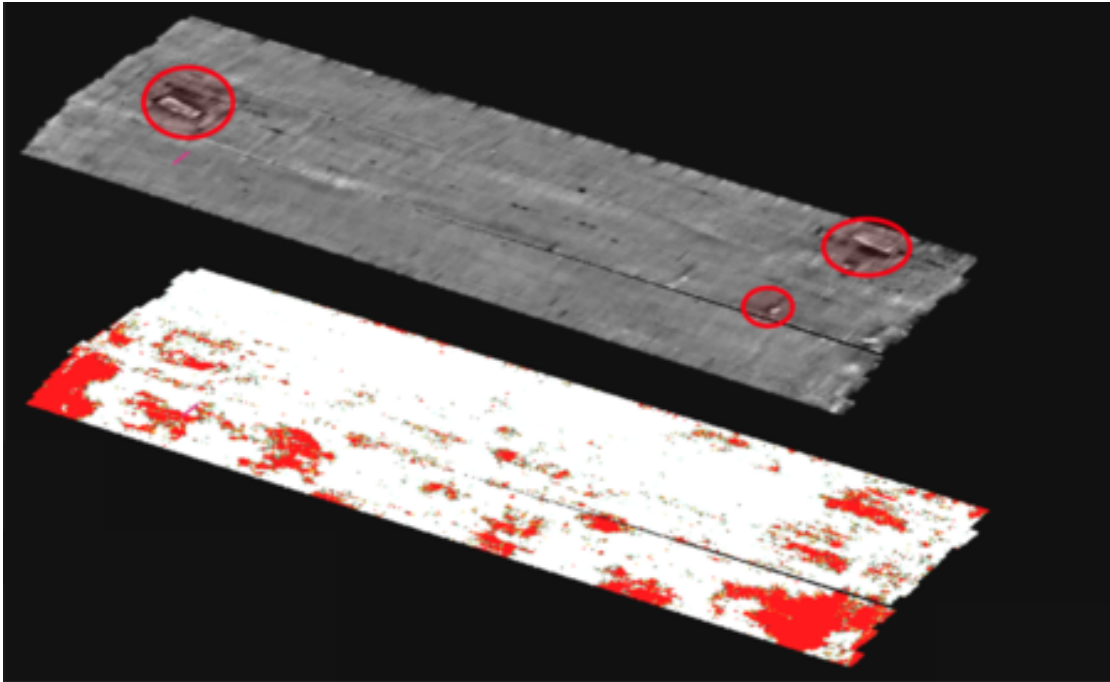
- Cálculo rápido para lograr una resolución de imagen inigualable que muestra grietas de tamaño centimétrico en el asfalto.
- Detección de barras de refuerzo superiores: Cartografía automática de la primera capa de armadura
- Mapas de deterioro: Mapas visuales del estado que cumplen la norma ASTM D6087
- Mapas dieléctricos/de velocidad: Indicadores de probabilidad de presencia de humedad por encima de la primera capa de armaduras
- Mapas de recubrimiento del hormigón: Visualizan la profundidad de la protección sobre el acero

Mapa del estado del tablero del puente

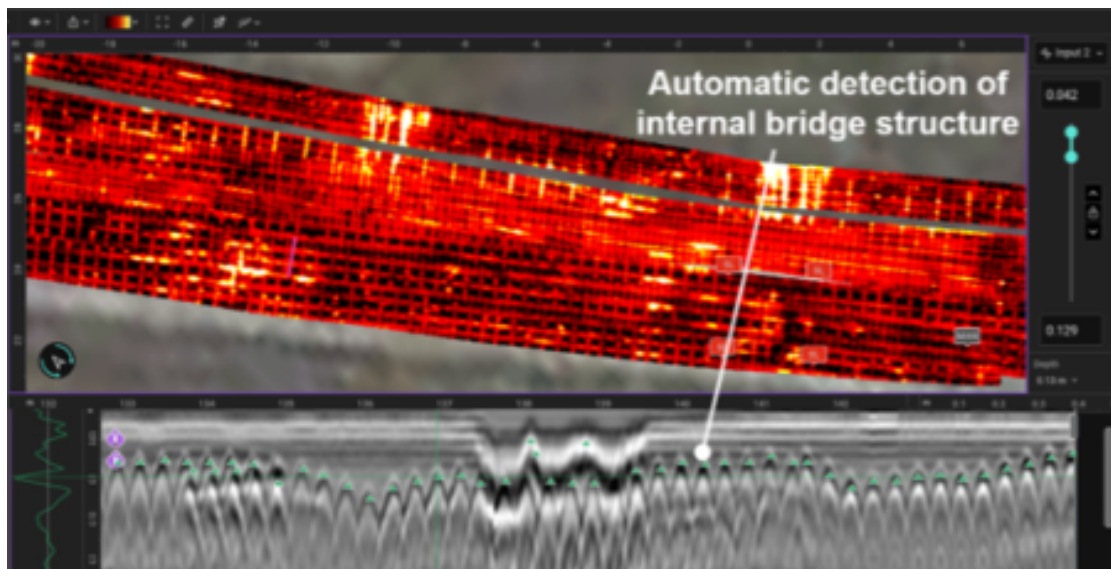
Este análisis parte de la superficie en busca de defectos como grietas:



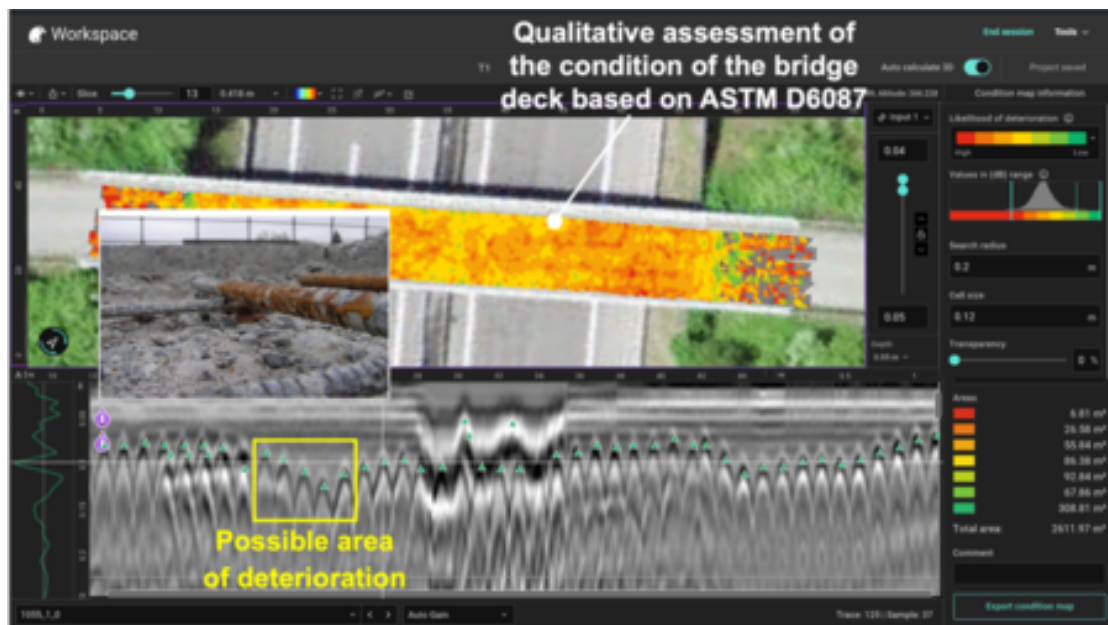
Otros defectos como baches (imagen superior) o despegues en la interfaz asfalto-hormigón (zonas de color rojo en la imagen inferior)



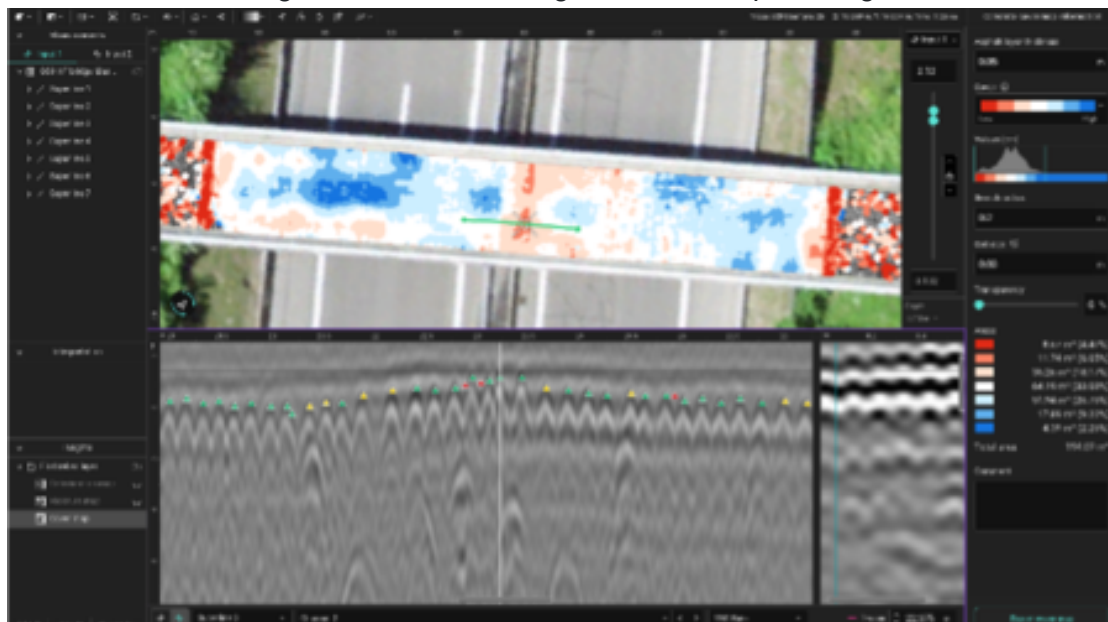
El siguiente nivel es el refuerzo superior. Imágenes precisas con pases en una sola dirección.



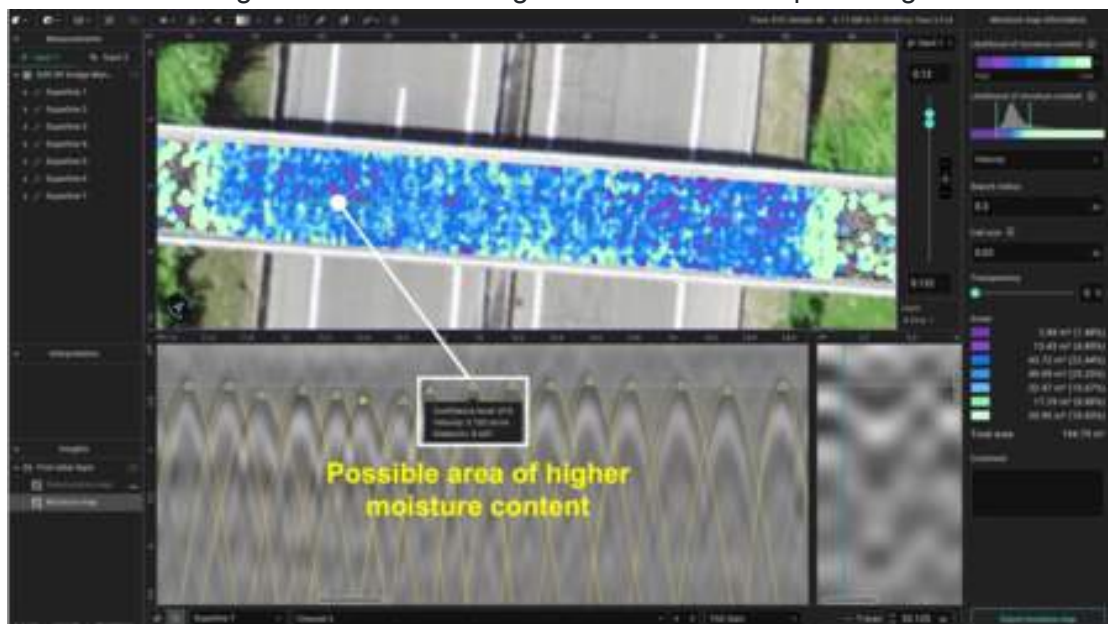
Y mapas térmicos cualitativos para una rápida cartografía preliminar del estado de la primera capa de armaduras y del hormigón situado encima



GPR Insights software showing Condition Map of bridge deck



GPR Insights software showing Concrete Cover Map of bridge deck



GPR Insights software showing Moisture Map of bridge deck

Para un análisis más detallado, toda esta información debe supervisarse e interpretarse utilizando toda la información proporcionada. Por ejemplo, combinando la información de las grietas poco profundas y la probabilidad de deterioro:

