



Lab Computer Vision: laboratorio digital de aplicaciones de visión por computador en la operación del ciclo del agua

La visión por computador se ha convertido en los últimos años en uno de los ámbitos de la inteligencia artificial que más impacto genera en todas las áreas de actividad socioeconómica. Los avances en el desarrollo del Deep Learning (con nuevas arquitecturas de redes neuronales profundas) y en la construcción y democratización de nuevos procesadores para computación distribuida han impulsado la visión por computador exponencialmente hasta capacidades que permiten abordar problemas de alta complejidad.

Así, la aplicación del Deep Learning a la visión por computador está permitiendo encontrar soluciones eficientes a problemas no resueltos en torno a la detección y reconocimiento de objetos, la segmentación de imágenes, el análisis de imágenes aéreas, el procesamiento de vídeo o la clasificación de escenas. Esta evolución constante convierte la visión por computador en un gran vector de transformación digital en nuevos entornos de aplicación, como es el de la gestión del ciclo del agua.

Lab Computer Vision: digital laboratory for computer vision applications in urban water cycle operations

In recent years, computer vision has become one of the areas of artificial intelligence with the greatest impact on all aspects of socio-economic activity. Breakthroughs in the development of Deep Learning (with new deep neural network architectures) and in the construction and democratisation of new processors for distributed computing have driven exponential advances in the capabilities of computer vision, enabling highly complex problems to be addressed.

The application of Deep Learning to computer vision is facilitating efficient solutions to problems that previously could not be addressed in areas such as object detection and recognition, image segmentation, aerial image analysis, video processing and scene classification. This constant evolution makes computer vision a great driver of digital transformation in new areas of application, such as water cycle management.



EL PROYECTO

Aigües de Barcelona ha impulsado en los últimos años la visión por computador como una de las líneas de actividad prioritarias para desplegar la inteligencia artificial en el ciclo del agua, desarrollando soluciones disruptivas, aplicables y escalables que ayuden a mejorar la gestión del agua y a reforzar la resiliencia frente al cambio climático.

De esta manera surge Lab Computer Vision, un proyecto desarrollado en colaboración con Cetaqua Centro Tecnológico del Agua, que tiene como objetivo la puesta en marcha y operación de un laboratorio digital dedicado a evaluar la aplicación de la visión por computador a distintas necesidades operacionales de Aigües de Barcelona en dos casos de uso.

En este sentido, Lab Computer Vision permitiría aumentar la frecuencia de monitorización de procesos y reducir el tiempo de respuesta ante ciertos eventos dentro de los procesos de las plantas de tratamiento de Aigües de Barcelona, así como ser más eficientes en la dosificación de reactivos. Una solución transformadora que contribuye a posicionar a Aigües de Barcelona como actor relevante en el ámbito de la investigación y la innovación digital.

PROBLEMÁTICA QUE RESUELVE

Con una visión claramente focalizada en la generación de resultados de impacto, el proyecto se centra en dos casos de uso relacionados con la aplicación de la visión por computador a la gestión del ciclo del agua. Para cada uno de ellos se ha realizado la toma de requerimientos, el diseño y puesta en marcha del sistema de captación de imágenes, la aplicación de los modelos

THE PROJECT

In recent years, Aigües de Barcelona has identified computer vision as one of the priority areas in the deployment of artificial intelligence in the urban water cycle. The goal is to facilitate the development of disruptive, applicable, scalable solutions that help improve water management and increase resilience to climate change.

This has given rise to the advent of Lab Computer Vision, a project undertaken in collaboration with Cetaqua Water Technology Centre. The aim is to set up and operate a digital laboratory dedicated to evaluating the application of computer vision to the different operational needs of Aigües de Barcelona in two use cases.

Lab Computer Vision would enable increased frequency of process monitoring and a reduction in the response time to certain events in the processes of Aigües de Barcelona's treatment plants, in addition to more efficient chemical dosing. This constitutes a transformative solution that would contribute to positioning Aigües de Barcelona as a major player in the field of research and digital innovation.

THE PROBLEM SOLVED

With a clear goal of generating impactful results, the project focuses on two use cases associated with the application of computer vision to urban water cycle management. For each use case, the requirements have been gathered, the image capture system has been designed and implemented, and the computer vision models have been applied and validated in pilot tests undertaken in real-world environments.



FIGURA 1. Ejemplos de decantadores en estado normal (izquierda) y roto (derecha)

FIG 1. Clarifiers in normal situation (left) and with scum layer breakup (right)

La visión por computador es una de las líneas de actividad prioritarias para Aigües de Barcelona para aplicar la inteligencia artificial en el ciclo del agua.

For Aigües de Barcelona, Computer vision is one of the priority areas in the application of artificial intelligence in the urban water cycle.

de visión por computador y su validación en pilotos en entornos reales de aplicación.

El primer caso de uso se centra en la clasificación del escurrido resultante del proceso de centrifugación de fangos en el tratamiento de lodos mediante digestión anaerobia, utilizando visión por computador, en una Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR). La monitorización que se realiza habitualmente en cualquier EDAR consiste en la inspección visual de este escurrido por parte del operario de fangos, de manera que este decide si el fluido es apto o no apto en base a su experiencia y criterio. Esta monitorización se realiza diariamente en las rondas de control que realiza el operador y va asociada a la modificación de parámetros de la centrífuga como son el par de la máquina, la carga de fangos o la dosificación de polielectrolito.

Este proceso, que se realiza manualmente, puede optimizarse gracias al uso de la visión por computador, que permite realizar una monitorización continua de la calidad del escurrido y, por tanto, posibilita la detección temprana de errores y anomalías en los procesos. Poder responder rápidamente a estos errores tiene un importante impacto operacional, ya que permite a los operadores ser más eficientes en sus tareas al contar con este sistema de ayuda a la toma de decisiones basado en imágenes y datos.

El segundo caso de uso se centra en la detección de la rotura del manto en los decantadores de una Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP). Actualmente la estación de tratamiento en estudio dispone de varias matrices de decantadores. La matriz en estudio cuenta con tres canales de agua clarificada para 48 decantadores, y la detección de rotura en alguno de ellos se activa cuando aumenta la turbidez en uno de los canales principales.

Sin embargo, aunque se da este proceso mecánico, el operador debe buscar visualmente e identificar cuál

The first use case focuses on the use of computer vision for the classification of centrate from sludge centrifugation in the anaerobic digestion process at a Wastewater Treatment Plant (WWTP). The monitoring typically carried out at WWTPs consists of visual centrate inspection by the sludge operator, who decides whether the liquid is fit or unfit based on experience and other criteria. This daily monitoring carried out during the operator's inspection rounds is associated with the modification of centrifuge parameters such as machine torque, sludge loading and polyelectrolyte dosing.

This manually conducted process can be optimised through the implementation of computer vision, which allows continuous monitoring of centrate quality, thus enabling early detection of errors and anomalies in the processes. The ability to respond quickly to these errors has a significant operational impact and the availability of this image- and data-driven decision support system enables operators to work more efficiently.

The second use case focuses on scum layer breakup in the clarifiers at a Drinking Water Treatment Plant (DWTP). The DWTP in the study has several clarifier configurations. The configuration in the study consists of three clarified water channels for 48 clarifiers, and scum layer breakup in the clarifiers is detected through increased in turbidity in one of these main channels.

However, despite the implementation of this mechanical process, the operator is forced to visually identify which of the sixteen clarifiers that discharge water into the clarified water channel is experiencing this problem in order to carry out the necessary purging operations.

This process can be optimised by continuous monitoring of the clarifier configuration using computer vision, which can provide faster detection of scum layer breakup than the turbidimeter in the main channel and easier identification of the clarifier causing the problem.



FIGURA 2. Equipamiento para monitorizar el escurrido

FIG 2. Equipment to monitor draining



Lab Computer Vision tiene como objetivo la puesta en marcha y operación de un laboratorio digital dedicado a evaluar la aplicación de la visión por computador a distintas necesidades operacionales de Aigües de Barcelona.

The goal of Lab Computer Vision is to commission and operate a digital laboratory dedicated to the evaluation of the application of computer vision to the different operational needs of Aigües de Barcelona

es el decantador que presenta problemas de entre los dieciséis que vierten agua al canal de clarificado y así poder realizar las tareas de purga necesarias.

Por ello, este proceso también puede ser optimizado gracias a la monitorización continua de la matriz de decantadores utilizando la visión por computador, ya que ello permitiría la detección de la rotura del manto más rápidamente que la que permiten realizar los turbidímetros de los canales principales, así como identificar más fácilmente el decantador que causa el problema.

PILOTO EXPERIMENTAL

Actualmente Lab Computer Vision cuenta con dos pilotos, uno para cada caso de uso, en dos estaciones de tratamiento de Aigües de Barcelona.

El primer piloto está ubicado en la centrífuga de la EDAR Gavà y cuenta con un aparato de derivación, con unos leds y una cámara en su interior, que recibe el escurrido directamente desde un picaje hecho en la salida de la centrífuga, y que permite monitorizar bajo condiciones de iluminación controladas. Esto posibilita entrenar fácilmente un algoritmo de visión por computador para poder clasificar el escurrido en distintos estados: apto o no apto. Cuando la clasificación es de no apto, el operador recibe un aviso y es entonces cuando este decide ajustar los parámetros necesarios de la centrífuga para su correcto funcionamiento.

El segundo piloto está ubicado en la central de decantadores de la ETAP Sant Joan Despí y cuenta con una cámara con distintos presets que permite monitorizar parte de la central de decantadores. Esto proporciona imágenes que pueden ser etiquetadas para entrenar un algoritmo que posteriormente sea capaz de segmentar los decantadores y de clasificarlos en distintos estados,

EXPERIMENTAL PILOT PLANT

Lab Computer Vision currently has two pilot plants, one for each use case, located at two Aigües de Barcelona treatment plants.

The first pilot plant is located in the Gavà WWTP centrifuge facility and has a bypass arrangement, with LEDs and a camera fitted in the interior. This bypass receives the centrate directly from a tapping point created in the centrifuge outlet and this centrate can then be monitored under controlled lighting conditions. This set-up makes it easy to train a computer vision algorithm to classify the centrate as either fit or unfit. When the centrate is deemed unfit, the operator receives an alert and can then make the necessary adjustments to the relevant centrifuge parameters to ensure correct operation.

The second pilot plant is located in the Sant Joan Despí DWTP settling tank area and is equipped with a camera with different presets to enable a section of the clarification facility to be monitored. This camera provides images that can be labelled to train an algorithm, which will subsequently be capable of segmenting the clarifiers and classifying them by status and also of alerting the operator of clarifiers with unfit statuses so that the necessary maintenance operations (purging of the settling tank) can be undertaken.

TRAINING AND EXPECTED RESULTS

Lab Computer Vision has developed the complete lifecycle of a computer vision project.

The first step was to select the installation points where the use of computer vision was considered to have the greatest potential impact. The installation of

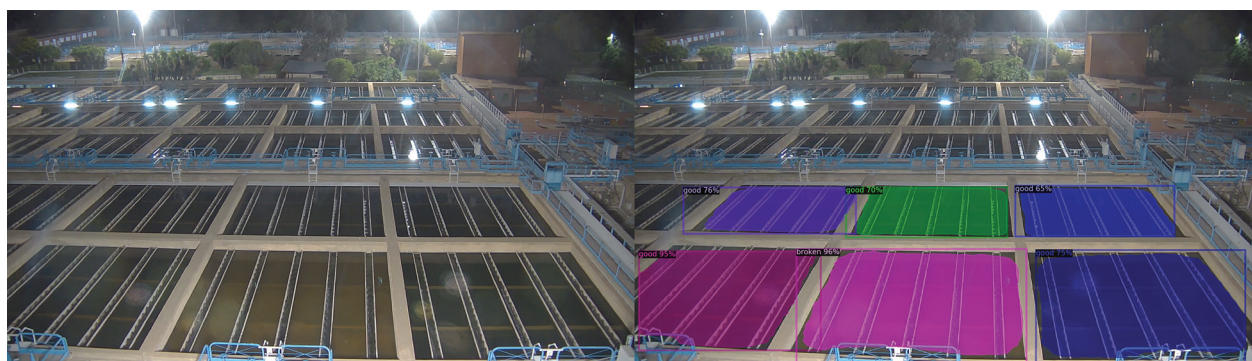


FIGURA 3. Resultado del algoritmo de segmentación y clasificación de decantadores

FIG 3. Results of clarifier segmentation and classification algorithmn



FIGURA 4. Piloto clasificación del escurrido (EDAR Gavà

FIG 4. Pilot classification of centrate (Gavà WWTP)

avisando también al operador de los estados no aptos para que pueda activar las tareas de mantenimiento necesarias (purga del decantador).

ENTRENAMIENTOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Lab Computer Vision ha desarrollado el ciclo de vida completo de un proyecto de visión por computador.

Empezando por la elección del punto de instalación, se han escogido aquellos donde se considera que el uso de la visión por computador pueda generar un mayor impacto. Se ha llevado a cabo la instalación del equipamiento necesario y la construcción de dos datasets completos mediante pruebas forzadas en las que se obtienen imágenes representativas de los distintos estados que pueden mostrar tanto el escurrido como los decantadores.

Además, se han entrenado distintos modelos de Deep Learning que se han puesto en funcionamiento durante varios meses en continuo, dando avisos por correo electrónico a los operadores de ambas plantas en caso de detectarse un estado no apto. Estos avisos han permitido validar con los usuarios finales (operarios) la utilidad del sistema desarrollado y promueven seguir aumentando y mejorando con los desarrolladores los datasets construidos para así obtener mejores resultados en cuanto a precisión del algoritmo.

RESULTADOS ESPERADOS:

A través de Lab Computer Vision se pretende evaluar la aplicación de la visión por computador a distintas necesidades operacionales de Aigües de Barcelona en dos casos de uso, lo que permite poner en valor la

the necessary equipment and the construction of two complete datasets was carried out using stress tests in which representative images were obtained of the different possible statuses of both the centrate and the clarifiers.

In addition, different Deep Learning models were trained and put into continuous operation for several months, providing email alerts to the operators of each plant in the event of the detection of an unfit status. These alerts enabled the utility of the system developed to be validated with the end users (operators), thus facilitating continued work with the developers to further expand and enhance the datasets created in order to obtain better algorithm accuracy.

EXPECTED RESULTS:

The goal of Lab Computer Vision is to evaluate the application of computer vision to the different operational needs of Aigües de Barcelona in two use cases, enabling the value of implementing this technology and integrating it into different urban water cycle processes to be highlighted.

Lab Computer Vision seeks to optimise water treatment plant operations by providing operators with new tools to improve process efficiency, thereby reducing the need for visual inspections and improving response times, while demonstrating that chemical dosing can be made more efficient through continuous 24-hour monitoring.

In the centrate classification use case, the validation tests show that the algorithm can correctly detect an unfit centrate status in 75% of the alerts delivered.



aplicación de esta tecnología y su incorporación a distintos procesos que ocurren en el ciclo del agua.

Lab Computer Vision persigue optimizar la operativa de las plantas de tratamiento de aguas dando nuevas herramientas a los operadores que permitan mejorar la eficiencia de los procesos, reduciendo las inspecciones visuales que realizan y mejorando los tiempos de respuesta, y demuestra que se puede efficientar la dosificación de reactivos gracias a una monitorización continua las 24 horas del día.

Por un lado, las pruebas de validación del caso de clasificación del escurrido han demostrado que el algoritmo es capaz de detectar correctamente un estado no apto del escurrido en el 75 % de los avisos entregados.

Por otro lado, las pruebas de validación del caso de uso de detección de la rotura del manto en los decantadores de la ETAP han demostrado que el algoritmo de visión por computador es capaz de detectar el 87 % de las roturas de manto y que en el 75% de los casos se advierte a los operadores con un preaviso superior a diez minutos de margen respecto a la alarma recibida con el turbidímetro de los canales principales.

Lab Computer Vision demuestra la capacidad que tiene la visión por computador para mejorar la operativa de las plantas de tratamiento, gracias a una monitorización continua que permite reducir los tiempos de detección de errores y optimizar la dosificación de reactivos.

Lab Computer Vision demonstrates the capacity of computer vision to improve treatment plant operations through continuous monitoring, resulting in shorter error detection times and optimising chemical dosing.

In the use case for the detection of scum layer breakup in the DWTP clarifiers, the validation tests show that the computer vision algorithm is capable of detecting 87% of breakup incidents and that in 75% of the cases, operators receive alerts 10 minutes sooner than those provided by the turbidimeters in the main channels.



FIGURA 5. Piloto segmentación y clasificación de decantadores (ETAP Sant Joan Despí)/

FIG 5. Pilot segmentation and classification of clarifiers (Sant Joan Despí DWTP)