

Identificación y clasificación de hidrogeles durante la descarga de una tolva con redes neuronales

Joel Gottfried - 102498

Abstract:

La identificación y clasificación de esferas de hidrogeles nos permite obtener sus posiciones para posteriormente estudiar sus trayectorias y su dinámica. Esto resulta de interés para caracterizar su comportamiento durante el flujo de los mismos. En este trabajo se propone el uso de la red neuronal YOLO la cual se entrenara con un dataset creado artificialmente, utilizando fotografías obtenidas a través de experiencias de laboratorio. Se desea mejorar las performances obtenidas mediante algoritmos de procesamiento de imágenes, cuyos resultados no fueron satisfactorios.

1. Introducción

Este trabajo surge en el marco de una colaboración que realizo con investigadores del Grupo de Medios Porosos de la FIUBA. Este grupo realiza experiencias para estudiar diferentes fenómenos físicos utilizando perlas de hidrogeles. Estos son, básicamente, materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético. La definición más común es que se trata de un material que exhibe la capacidad de expandir su volumen y retener una fracción significativa del agua dentro de su estructura, pero no se disuelve en la misma.

En las experiencias que se utilizaron para la realización de este trabajo se usaron perlas transparentes comerciales de hidrogel de poliacrilamida hidratadas previamente en una solución acuosa 0.25 M de NaCl, las cuales alcanzaron un diámetro de (8 ± 1) mm. Las mismas se colocaron dentro de una tolva bidimensional transparente, construida con dos placas planas de vidrio distanciadas 1 cm entre ellas. Durante la descarga de la tolva se adquirieron imágenes de intensidad de luz transmitida a través de la

apertura de la celda. Para ello, una porción de los hidrogeles se colorearon en azul para mejorar el contraste con el fondo y, además, diferenciarlos de los transparentes. A través de este trabajo, se espera encontrar una solución que pueda identificar las posiciones de los hidrogeles y de ser posible, distinguir el color de los mismos.

2. Red YOLO

El algoritmo You Only Look Once (YOLO) es una red neuronal de código abierto, ampliamente utilizada para la detección de objetos en tiempo real. La red y sus diferentes versiones fueron diseñadas para resolver un problema de detección en particular basado en el dataset PASCAL VOC. En la figura 1 puede verse una comparación del average precision en función del tiempo de entrenamiento para algunas versiones, en particular de la versión 7, que es la que se empleará en este trabajo. Además de tener distintas versiones creadas por distintos autores, la red YOLO cuenta con distintos modelos que requieren más o menos recursos computacionales a cambio de mermas en la performance del detector.

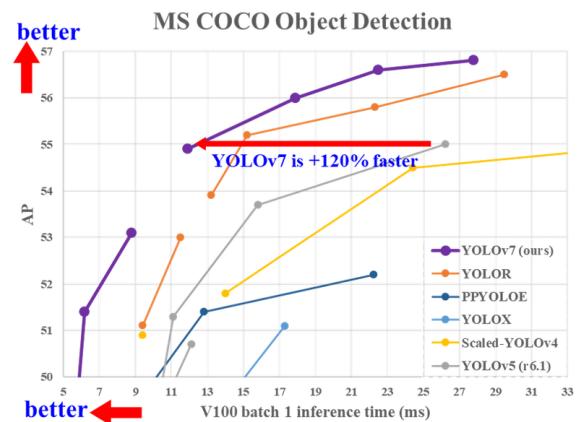


Figura 1: Comparación de distintas versiones de la red YOLO

3. Dataset

Dado que no se contaba con un dataset ya disponible, se buscó la forma de conformar uno en base a las imágenes disponibles de las experiencias de los hidrogeles. Se descartó identificar la posición y la bounding box a mano uno por uno a los hidrogeles de las imágenes, ya que cada imagen podría tener cientos de hidrogeles haciendo la idea impracticable. Por lo tanto, se optó por crear un dataset artificial implementando mediante el recorte de imágenes de los hidrogeles y su posterior posicionado en forma aleatoria en una imagen de la tolva vacía. Para la conformación de las imágenes, se desarrolló un algoritmo en python, al que se le pueden configurar parámetros de interés, a saber, la cantidad de imágenes a generar, las cantidades máximas y mínimas de hidrogeles y la distancia mínima permitida entre dos hidrogeles. En la figura 2 puede verse una comparación de una imagen real con una generada artificialmente. Si bien es notable que las imágenes carecen de naturalidad, se espera que logren resultados satisfactorios al momento de entrenar la red neuronal.

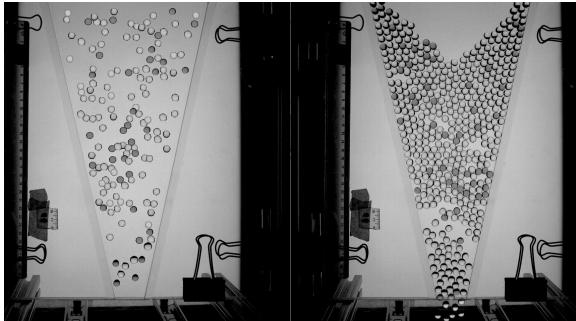


Figura 2: Comparación de una imagen real (derecha) y una generada artificialmente (izquierda)

4. Implementación

En este trabajo se implementó la red neuronal YOLOv7 en un notebook de google colab dado que no se contaba con el hardware necesario para correr el algoritmo de forma nativa en una PC. La misma se inicializó con los pesos predefinidos para lograr una convergencia más rápida del algoritmo. Para el entrenamiento se utilizaron 300 imágenes artificiales y para la validación 50 adicionales. Se realizaron en total 100 epochs con un batch size de 16 imágenes. El entrenamiento de la red neuronal tomó 56 minutos y se obtuvo un average precision final de 99,6 %.

5. Resultados

Se entrenó a la red neuronal de forma satisfactoria. En la figura 3 pueden verse distintas curvas de entrenamiento del algoritmo. En particular puede identificarse que a partir de la iteración 60, el algoritmo estabiliza su average precision. En la figura 4 puede verse la matriz de confusión realizada durante el proceso de validación. Puede verse que prácticamente no hubo falsos negativos, es decir, no detectar un hidrogel donde sí lo había. También puede apreciarse que no hubo errores significativos en la clasificación de los hidrogeles por color. En las figuras 5 y 6 pueden verse los resultados de aplicar el algoritmo de detección sobre imágenes reales, a las que se les quitaron los labels para lograr una mayor legibilidad. Se puede apreciar que el algoritmo ha dado resultados satisfactorios, tanto en la identificación como en la clasificación de los hidrogeles. A diferencia de la validación sobre imágenes artificiales, en este caso si se pueden apreciar falsos negativos.

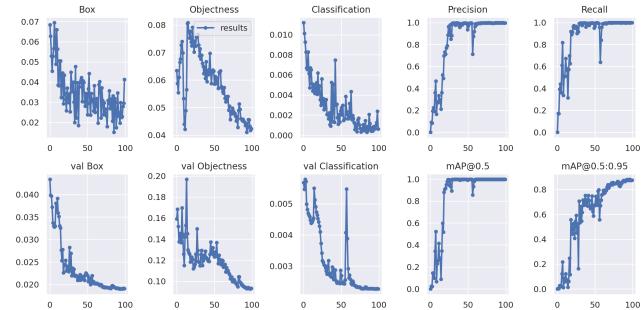


Figura 3: Resultados obtenidos del entrenamiento de la red neuronal

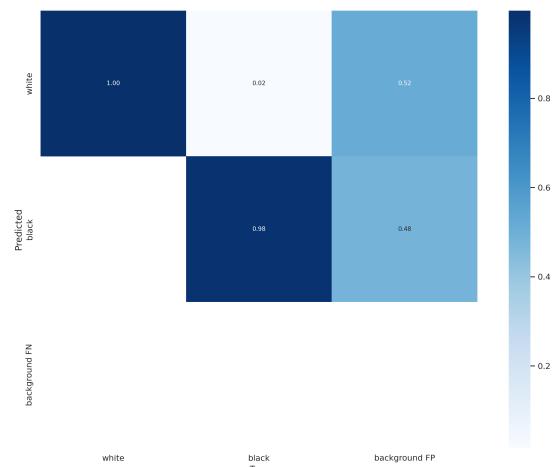


Figura 4: Matriz de confusión de la red neuronal

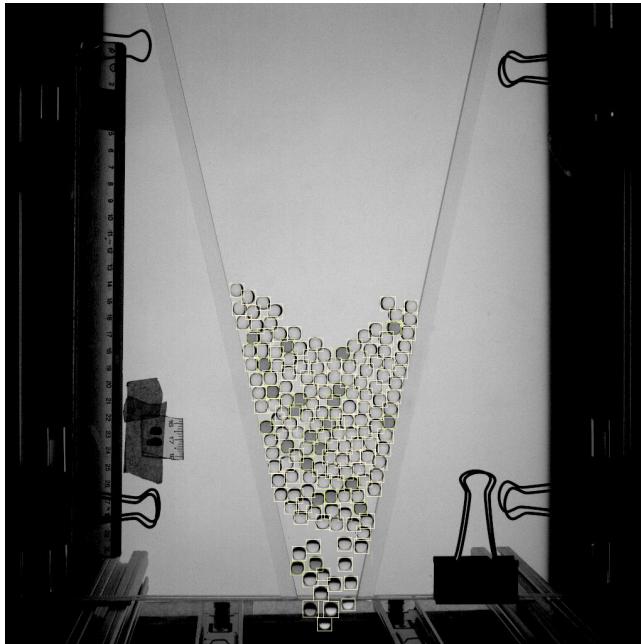


Figura 5: Detección realizada sobre una imagen real



Figura 6: Detección realizada sobre una imagen real

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos fueron increíblemente satisfactorios. Se encontró una solución que logra identificar y clasificar a los hidrogeles, que logró mejoras significativas frente a los intentos previos de identificación mediante algoritmos de procesamiento de imágenes. Sin embargo, hay lugar a mejoras, entre las que se incluyen:

- Utilizar otras versiones de la Red YOLO dentro de la misma familia.
- Incrementar la cantidad de imágenes de recortes de hidrogeles, creando así un dataset mas variado.
- Aplicar transformaciones a los hidrogeles recortados, como ser estiramientos y rotaciones o adicionado de ruido, para entrenar a la red con un dataset mas robusto.
- Posicionar los hidrogeles recortados de forma ya no aleatoria, de forma de crear imágenes mas parecidas a las reales.
- Realizar un preprocesamiento de las imágenes, como por ejemplo, realizar un filtrado pasa-altos.

Referencias

- [1] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi: **You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection**
- [2] Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao: **YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors**