

Aprendizaje Automático para la Identificación de Objetos en Robótica Móvil

Luis Ángel Mejía, Jesús Elías Almaguer Reyes, Jonathan Villanueva Tavira

Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos

División Académica de Mecánica Industrial

Laboratorio de Internet de las Cosas

Emiliano Zapata, Morelos, México

20183mc192@utez.edu.mx, 20173mc150@utez.edu.mx, jonathanvillanueva@utez.edu.mx

Abstract - En el siguiente proyecto se diseñó con el fin de participar en el Torneo Mexicano de Robótica donde cada año se dan cita diferentes instituciones de Educación Superior con el objeto de participar en la competencia de Robots Playeros. La finalidad que tiene este concurso es dotar a las playas de autómatas que permitan la identificación y recolección de los desechos. Para lograr lo anterior, se hace uso de la visión asistida por computadora aplicando técnicas de aprendizaje automático.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el océano se ha convertido en un contenedor gigante de basura, lo que ocasiona severos problemas ambientales y daños en la fauna y flora marina. De acuerdo con la Promotora y Administradora de Playas de Acapulco, tan solo en las vacaciones decembrinas del 2018, el turismo en dicha playa generó 100 toneladas de basura diarias.

Así mismo, en las vacaciones de Semana Santa del 2017, en Zihuatanejo se recolectaron alrededor de 50 mil toneladas de basura en las playas, según datos del municipio de Zihuatanejo, Guerrero [1].

Por lo anteriormente esbozado, la Federación Mexicana de Robótica en el Torneo Mexicano de Robótica celebra la competencia de Robots Limpiadores de Playa. En dicha competencia se busca desarrollar e implementar un robot capaz de identificar latas en ambiente controlado para su recolección para ayudar a solucionar el problema de acumulación de basura en las playas de México y de todo el mundo, concientizar a la sociedad de este grave problema, e invitarla a tomar acciones concretas para su solución.

Para realizar las tareas encomendadas, se emplea el aprendizaje automático, considerada una buena herramienta para resolver un problema cuando no se cuenta con un modelo matemático o una ecuación adecuada. El aprendizaje automático es una técnica que utiliza múltiples datos para crear un programa y realizar una tarea específica [2].

II. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo a la literatura revisada, se constató que se desarrolló diversos trabajos como el desarrollado por [3] donde se construyó un robot compacto para limpieza de playas denominado “Hirottaro 3”. El proyecto tiene como

objetivo recolectar desechos pequeños en superficies arenosas de forma autónoma. El robot está equipado con un mecanismo tipo escoba y un recogedor. En la figura 1 se observa el robot “Hirottaro 3”.



Figura 1. Robot Hirottaro v.3.0[3].

Por otro lado, en el trabajo desarrollado por los autores [4] se propone el diseño de un robot que posee orugas para mejorar la tracción sobre la arena acoplando un par de llantas. Adicionalmente el robot posee un gripper que le permite realizar la recolección de las latas empleando dos servomotores para el eje principal que levanta el gripper del suelo, y los otros dos para completar la acción de apertura y cierre del mismo (Ver Figura 2).

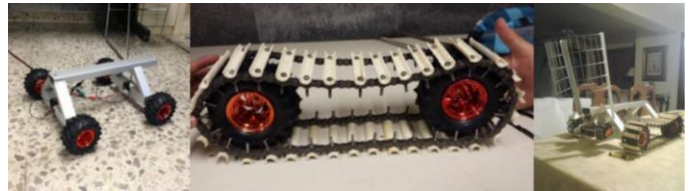


Figura 2. Robot Open IEEE [4].

Finalmente, en el Proyecto realizado por [5], fue realizado en tres etapas distintas, y se trabajó en tres equipos, uno encargado de construir el chasis y dotar del sistema mecánico que permite el movimiento del robot en la arena; el segundo equipo se encargó de diseñar el brazo y la garra que permitiese recolectar los objetos una vez identificados. El tercer equipo diseñó el sistema de visión que identifique los objetos. (Ver Figura 3).

Es importante destacar que para que el robot lograra su movilidad se empleó un kit comercial de la marca VEX; y para el caso del depósito de las latas, se construyó un paralelepípedo hueco sin sus dos caras de aluminio [5].

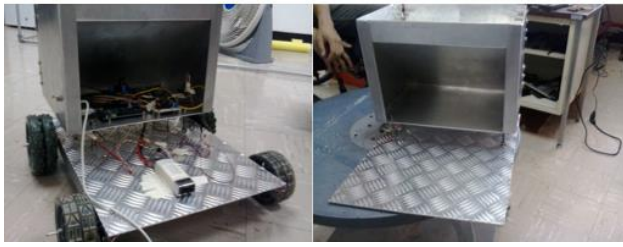


Figura 3. Robot Autónomo [5].

III. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar en un robot que permita la identificación y recolección de objetos en un ambiente controlado.

IV. DESARROLLO

Con la revisión del estado del arte se compararon los distintos prototipos realizados y se determinó que una primera fase se realizaría el diseño del robot en un programa de diseño asistido por computadora (CAD) (Ver Figura 4).

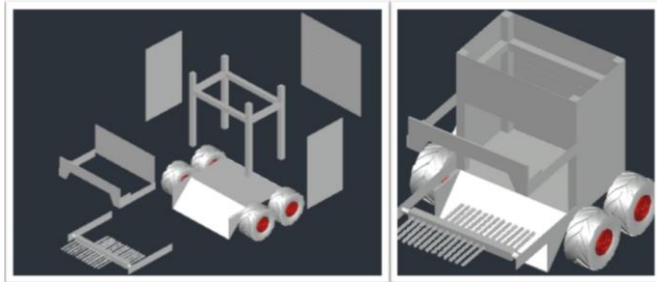


Figura 4. Diseño del Robot Playero en AutoCAD.

Posteriormente, al diseño se construyó el prototipo (Ver Figura 5), el cual contiene diversos sensores infrarrojos para detectar los objetos. No obstante, no es suficiente debido a que pueden existir algunas fallas en este tipo de sensores. Por lo fue necesario implementar una herramienta que a través de una cámara pueda detectar los objetos. Para esta función, se desarrolló un algoritmo de aprendizaje automático con la ayuda del software MATLAB. Para la implementación de este algoritmo se dividió el trabajo en tres etapas que se detallan a continuación (Ver Figura 6):

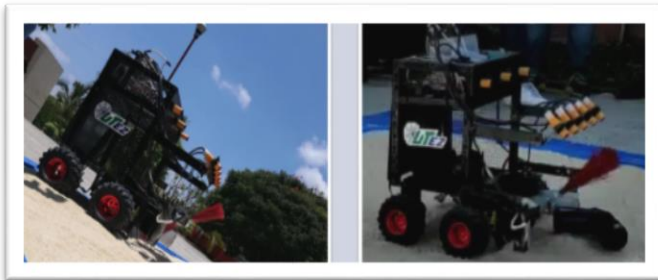


Figura 5. Prototipo de Robot Limpiador de Playa.

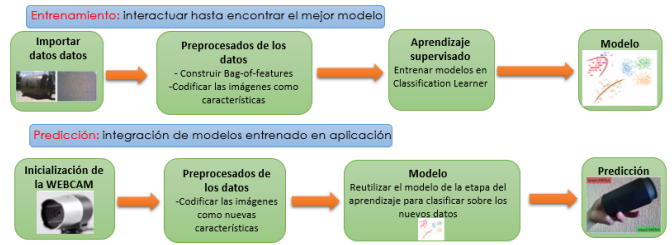


Figura 6. Diagrama a Bloques de la Etapa de Reconocimiento [6].

En lo que respecta al algoritmo en MATLAB se emplearon diversas herramientas. La primera herramienta *Classification learner*, entrena modelos para clasificar datos, en un segundo momento se utilizó la herramienta *Computer Vision Toolbox*, la cual proporciona algoritmos, funciones y aplicaciones para diseñar y probar sistemas de visión por computadora y procesamiento de video. Puede realizar detección y seguimiento de objetos, así como detección de características, extracción y coincidencia y finalmente, *Statistics and Machine Learning Toolbox*, que proporciona funciones y aplicaciones para describir, analizar y modelar datos. Puede usar estadísticas y gráficos descriptivos para el análisis exploratorio de datos, ajustar distribuciones de probabilidad y generar números aleatorios para simulaciones y realizar pruebas de hipótesis. Esta herramienta proporciona algoritmos de aprendizaje automático supervisados y no supervisados, que incluyen máquinas de vectores de soporte (SVM), árboles de decisión y algoritmos para clasificación. Para realizar el reconocimiento de los objetos se realizó en tres fases con el apoyo de las herramientas de MATLAB [6].

a) Extracción de características básicas.- Para esta parte del algoritmo se tuvieron que tomar distintas fotografías en múltiples posiciones del objeto a reconocer. Las fotografías son los datos de entrada base para el entrenamiento del modelo (Ver Figura 7). Con ello, pretende que el modelo identifique en tiempo real los objetos a partir del video capturado por la cámara. Las subcarpetas deben estar en la misma dirección donde se encuentra el script principal y deben de existir tantas carpetas como clases se tengan. Para este ejercicio consideramos únicamente dos clases, una para la presencia de objeto y otra para la ausencia.



Figura. 7 Carpeta de los objetos a clasificar

Es importante destacar que con la función `imshow` (Figura 8) se realiza la carga de los datos anteriormente agregados.

```
PROYECTO.m x +
1 %% Load image data
2
3 imset = imageSet('PLAYERO','recursive');
4
```

Fig. 8 Carga de datos de imagen.

Posteriormente, se emplea la herramienta Computer Vision Toolbox para facilitar la tarea de extracción de imágenes, para ser más específico se utilizó la clase `imageSet Class`, que devuelve un vector de conjuntos de imágenes a través de una búsqueda recursiva de la carpeta principal a partir de `imgFolder` (Ver Figura 9).

Constucción de `imageSet class` en forma de vector:

```
imgSetVector = imageSet(imgFolder,'recursive')
```

Figura 9. Arquitectura de `imageSet Class`.

Una ventaja de `imageSet` es que no carga todas las imágenes en la memoria, esto facilita la tarea debido a que el procesamiento de las mismas puede ser tardado debido a la gran cantidad de información con la que se puede contar, además de las imágenes. En lo que respecta al pre-procesado de los datos se utilizó la función `bag of Features` (Ver Figura 10) con las imágenes de los objetos a clasificar, el cual extrae las características básicas de las imágenes.

```
PROYECTO.m x +
5 %% process Training Data: *Feature Extraction*
6
7 bag = bagOfFeatures(imset, 'VocabularySize',200,...
8 'PointSelection','Detector');
9
10 imageFeatures = encode(bag,imset);
11
```

Figura. 10 Extracción de características mediante bolsa de palabras.

El objeto `bag of Features` define las características, o palabras visuales, mediante el uso del algoritmo que se encarga del agrupamiento en los descriptores de características extraídas de los grupos de entrenamiento. El algoritmo agrupa iterativamente los descriptores en grupos mutuamente excluyentes. Los grupos resultantes son compactos y están separados por características similares. Cada centro de clúster representa una característica o palabra visual (Ver Figura 11).



Figura 11. Pre-procesado de imágenes (bag of Features) [6].

En consecuencia, se debe crear una tabla con todas las etiquetas de las características y las respuestas como se muestra en Figura 12.

```
PROYECTO.m x +
11
12 %% Create a Table using the encoded features
13
14 PLAYERO = array2table(imageFeatures);
15 PLAYERO.carType = getImageLabels(imset);
16
```

Figura 12. Creación de una tabla usando las características codificadas [6].

b) Entrenamiento y comparación de clasificadores.- Para esta actividad se emplea la función `classificationLearner` (Ver Figura 13).

Figura 13. Ejecución de la función `classificationLearner` [6].

En consecuencia, se selecciona la carpeta en donde se encuentran las imágenes que se van a utilizar como datos de entrada y se elige `Holdout Validation` (Ver Figura 14).

Figura 14. Carga de datos de entrada [6].

Esta herramienta brinda la facilidad de entrenar los datos con múltiples clasificadores como: máquinas de soporte vectorial, el vecino más cercano, entre otros. Para finalizar con este proceso de entrenamiento, se puede exportar el modelo con mayor porcentaje de precisión, para esta parte se realizaron pruebas con diferentes algoritmos obteniendo los siguientes resultados (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los Clasificadores.

| Clasificador | Precisión |
|---------------|-----------|
| SVS Linear | 100 % |
| SVS Quadratic | 100 % |
| KNN Fine | 98.1 % |
| KNN Medium | 87.0 % |
| KNN Coarse | 53.7 % |

En la figura 15 se observa la aplicación de los diversos algoritmos de clasificación aplicados a los datos de entrada proporcionados por las diferentes imágenes [6].

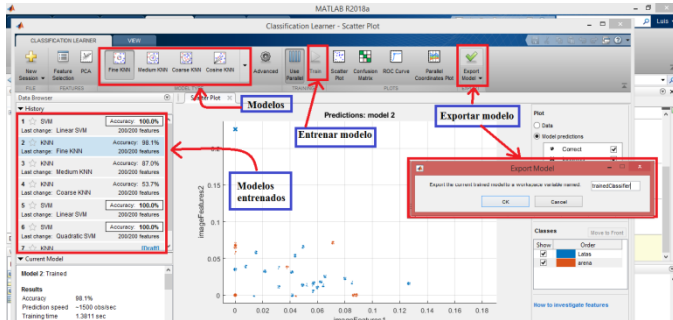


Figura 15. Entrenamiento y Exportación de modelos

c) **Reconocimiento en tiempo real.**- Finalmente, para reconocer los objetos se debe de emplear el modelo que mayor porcentaje de precisión obtuvo. La imagen 16 muestra la ejecución de la Web Cam donde en la parte de arriba se observa el objeto y en la parte de abajo el porcentaje de reconocimiento del mismo (Ver Figura 16).

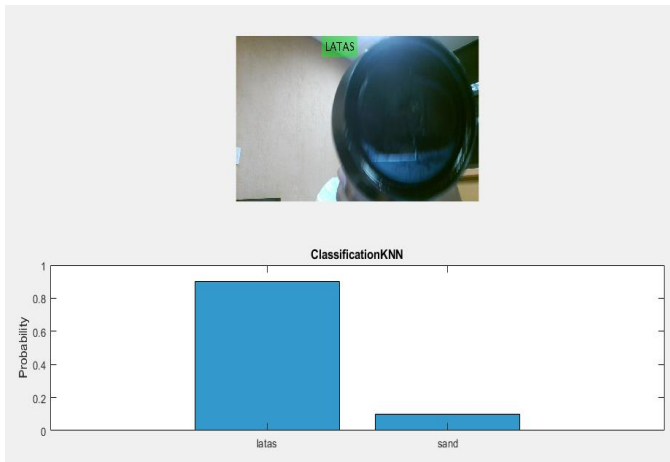


Figura 16. Reconocimiento en línea con el algoritmo KNN Fine.

Adicionalmente, se realizó la prueba con el algoritmo SVM Linear que obtuvo mayor porcentaje de precisión para comparar la etapa de reconocimiento en línea con ambos (Ver Figura 17).



Figura 17. Reconocimiento empleado los dos modelos SVS Linear y KNN Fine.

CONCLUSIONES

En este artículo se muestra el procedimiento para realizar el reconocimiento de objetos mediante técnicas de aprendizaje automático empleando el programa MATLAB y sus herramientas. Es importante destacar, que los resultados fueron satisfactorios, no obstante, en un segundo proyecto es necesario llevar ese algoritmo hacia una placa para prescindir de una computadora en el robot.

REFERENCIAS

- [1] Heraldo de México, "Basura en playas mexicanas aumenta en vacaciones; el plástico es el mayor residuo", El Heraldo de México, 2019.
- [2] J. A. Anderson. *La Era de las máquinas inteligentes*. Buenos Aires. Cambridge: MIT Press. Briega, R. E., 2017.
- [3] Performance Evaluation of a Beach Cleaning Robot "Hirottaro 3" in an Actual Working Environment, Tomoyasu Ichimura, 2018.
- [4] Saúl Mijael Ibaven Bueno, María del Pilar Solórzano Velasco, Emmanuel Cortés Martínez, Joel Pérez Orona, Alicia Elizabeth Hernández Juan, Open IEEE: Robot Limpiador de Playas Latin American Robotics Competition 2013, X Latin American Robotics Symposium, LARC, Arequipa, Perú, 2013.
- [5] Jennifer Dos Reis, María Leonor Pacheco, Juliana León, José Lezama, Danilo Díaz e Irene López, Robot Autónomo de Recolección de Latas en Arena, X Latin American Robotics Symposium, LARC, Arequipa, Perú, 2013.
- [6] Paz Tárrega, *Aprendizaje Automática de forma sencilla en MATLAB*, MathWorks, 2015.