

Curso de visión computacional con aprendizaje basado en proyectos

L. Enrique SUCAR¹, J. Julieta NOGUEZ², Blanca A. VARGAS¹ y Marco A. LÓPEZ¹

¹Campus Cuernavaca. Paseo de la Reforma 182-A Col. Lomas de Cuernavaca
C.P. 62589, Temixco Morelos, México.
Tel. (+52) 777 329 7169

²Campus Ciudad de México. Calle del Puente 222,
Col Ex Ejidos de Huipulco, México D.F. CP14380 México D.F.
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

E-mail: esucar@itesm.mx, jnoguez@itesm.mx, blanca.vargas@itesm.mx, marco.lopez@itesm.mx

Resumen – El propósito principal de este trabajo es mostrar las contribuciones docentes de un curso de visión computacional para estudiantes de un postgrado en ciencias computacionales (maestría y doctorado). Los objetivos del curso son que el estudiante conozca las principales técnicas para el procesamiento y análisis de imágenes y las aplique a un proyecto real. El curso está basado en la técnica Project Oriented Learning. El trabajo del estudiante se basa en la construcción progresiva de un laboratorio de visión en el que desarrolla diferentes algoritmos basados en las técnicas vistas en clase. Al final del curso se pide al estudiante que desarrolle un proyecto integrador de los conocimientos del curso para resolver un problema de visión computacional. Se muestran algunos ejemplos de los proyectos finales que presentan los estudiantes y las ventajas que representa la aplicación de la técnica didáctica en el desarrollo de habilidades de síntesis, análisis, lecturas críticas y resolución de problemas, así como actitudes de honestidad, trabajo en grupo, innovación, creatividad y respeto.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas didácticas son estrategias globales e integrales que representan un conjunto de actividades ordenadas y articuladas dentro del proceso del enseñanza-aprendizaje.

A través de su aplicación se estimula en los alumnos la participación en el proceso mediante el cual se obtiene el conocimiento. Esto es, se promueve que investiguen por cuenta propia, que analicen la información que han obtenido, estudien cómo un conocimiento se relaciona con otro, sugieran conclusiones, etcétera.

La participación en una técnica didáctica permite hacer énfasis en el conocimiento de la realidad y el compromiso con el entorno, en la medida en que se resuelven ciertas situaciones y se integran problemas, casos o proyectos; permitiendo que el aprendizaje de la materia sea más relevante y profundo.

La mayor parte de las técnicas didácticas promueven el desarrollo del aprendizaje colaborativo. Estas actividades estimulan la generación de grupos colaborativos entre estudiantes, ya sea de forma

presencial o virtual, de la misma institución, e incluso con otras instituciones nacionales o internacionales.

El sistema ITESM inició una búsqueda del uso de nuevas metodologías y técnicas didácticas. Esto le permitió definir un modelo educativo basado en técnicas didácticas reconocidas a nivel internacional, entre las que destacan el aprendizaje basado en problemas, basado en casos y basado en proyectos [1].

En dichas técnicas, el docente pone en práctica un nuevo rol: el de facilitar el aprendizaje y hacer que el alumno profundice en los conocimientos. Este cambio en el papel del profesor conlleva una modificación en el papel del alumno: convertirlo en un sujeto activo que construye su conocimiento y adquiere mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

¹ Julieta Noguez es profesora de planta del ITESM-CCM, estudiante de Doctorado del ITESM Campus Cuernavaca y recibe apoyo de Beca por parte del programa SUPERA, ANUIES y del ITESM-CCM

Publicado en: Education and Practice in Artificial Vision. Universat Politècnica de Catalunya. Eds. Grau A., Sanfeliu A., Oliver G., Pérez de las Blancas. Palma, de Mallorca, España. Pp. 1-6. 3-6 de junio, 2003.

La participación del alumno en el proceso de evaluación de su aprendizaje se hace de una manera responsable, donde le permite desarrollar su autonomía, su capacidad de tomar decisiones y de asumir la responsabilidad de las consecuencias de sus actos. En particular la técnica didáctica llamada “Aprendizaje basado en proyectos” ha sido de gran utilidad en la formación de estudiantes de ingeniería y de postgrado.

En este trabajo se describirán las características de POL, su aplicación a un curso introductorio de visión computacional, dos ejemplos de proyectos elaborados por estudiantes y las ventajas que ha representado este enfoque en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

La técnica didáctica aprendizaje basado en proyectos (POL, *Project Oriented Learning*) fue propuesta originalmente por la universidad de Aalborg, Dinamarca y posteriormente adoptada por la universidad de Twente, Holanda [2].

POL es una técnica que permite a los estudiantes construir su aprendizaje a partir de la planeación y desarrollo de actividades que dan como resultado un **proyecto** tangible aplicado a una situación problemática real [3]. Esta técnica involucra a los estudiantes en un proceso de aprendizaje activo a fin de desarrollar actitudes y habilidades deseables en investigación y en la industria, así como aplicaciones estructuradas para resolver problemas

La elección del alcance, duración y complejidad del proyecto es responsabilidad de los profesores. Debe considerarse la ubicación del curso en el curriculum de la carrera, el grado de control del profesor y la autonomía del estudiante de acuerdo a la madurez o grado de avance en sus estudios.

Las características más importantes de los proyectos en esta técnica [4] son:

- Se pide que el alumno aprenda a resolver problemas no resueltos utilizando conocimiento relevante independientemente de la disciplina de que provenga.
- El trabajo se centra en explorar y trabajar un problema práctico con una solución desconocida.
- Los proyectos deben ser diseñados de tal manera que abarquen al menos un curso y pueden involucrar desde varios contenidos de una misma disciplina, hasta la interacción de varias de ellas.
- El proyecto se diseña de tal manera que implica la aplicación de varios conocimientos interdisciplinarios para que el alumno pueda apreciar la relación existente entre las diferentes disciplinas en el desarrollo de un proyecto en particular.

- El proyecto debe también permitir la búsqueda de soluciones abiertas de tal manera que el alumno tenga la libertad de generar nuevo conocimiento

En este trabajo se describirán las características de un curso de visión para estudiantes de postgrado (maestría y doctorado) basado esta técnica, se describirán los tipos de proyectos que desarrollan los estudiantes, se reflexionará sobre las ventajas y beneficios que reciben los estudiantes a través de este diseño pedagógico y se planteará el trabajo futuro.

3. CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

3.1 Objetivos

Los objetivos generales del curso consideran que al término del curso el estudiante deberá:

- Conocer los fundamentos de sistemas de visión por computadora.
- Analizar las diferentes perspectivas tanto físicas como fisiológicas, de la formación e interpretación de imágenes y su impacto en visión por computadora.
- Conocer las técnicas básicas para el análisis e interpretación de imágenes por computadora, incluyendo visión de bajo, medio y alto nivel; en dos y tres dimensiones.
- Aplicar las técnicas de visión por computadora en problemas prácticos.

3.2 Contenido temático

Este es un curso introductorio a la visión computacional en el cual se imparten los elementos básicos del procesamiento y análisis de imágenes. A continuación se muestran los temas más importantes que se imparten en este curso:

1. Fundamentos

- Formación de la imagen
- Captura y digitalización
- Arquitectura de un sistema de visión
- Niveles de visión

2. Mejoramiento de Imágenes

- Operaciones puntuales
- Filtrado
- Detección de orillas

3. Análisis de Imágenes

- Color
- Textura
- Visión tridimensional
- Movimiento

4. Segmentación

- Agrupamiento de Orillas
- Segmentación basada en regiones

5. Representación y Reconocimiento

- Modelos geométricos en 2 y 3 dimensiones
- Modelos basados en conocimiento
- Técnicas para reconocimiento

3.3 Actividades de aprendizaje

El material y notas del curso están disponibles para los estudiantes en la página Web:

<http://dns1.mor.itesm.mx/~vision>

También se elaboró un libro con los temas del curso. El libro está disponible en línea, organizado por capítulos [5].

El trabajo del estudiante se basa en el siguiente conjunto de actividades:

- Exposiciones de los conceptos básicos y ejemplos por el profesor,
- Realización de ejercicios en clase con participación de los alumnos,
- Lectura por los alumnos sobre los fundamentos del curso en libros y artículos, incluyendo el análisis de los mismos,
- Realización de ejercicios por los alumnos, construyendo varias de las técnicas en programas de java sobre un “laboratorio de visión”. La construcción es progresiva y se va desarrollando conforme avanzan los temas del curso. Se parte de un programa básico para leer y desplegar las imágenes a través de un laboratorio en Java.
- Desarrollo de un proyecto por los alumnos en que se apliquen los conocimientos adquiridos a la solución de un problema.

3.4 Proyecto de curso

Se pide al estudiante que desarrolle un proyecto integrador de los conocimientos del curso para resolver un problema de visión computacional, el cual se presentará al final del curso. Se muestran algunos ejemplos de los proyectos finales y las ventajas que representan para los estudiantes desarrollar habilidades de síntesis, análisis, lecturas críticas y resolución de problemas, así como actitudes de honestidad, trabajo en grupo, innovación y creatividad y respeto.

Se eligen los proyectos más adecuados, de tal manera que se apeguen lo más posible a los contenidos del curso de visión. Al principio del semestre se presenta a los alumnos los requerimientos del proyecto y son ellos quienes hacen la planeación de la forma de trabajar para entregar los resultados del mismo al final del periodo.

Los proyectos definidos en el curso presentan las siguientes características:

- Permiten a los estudiantes aprender a resolver problemas de visión utilizando conocimiento relevante.
- El trabajo se centra en explorar y trabajar un problema práctico de visión, con una solución desconocida.
- Consideran en su diseño la aplicación de varios conocimientos interdisciplinarios para que el alumno pueda apreciar la relación existente entre las diferentes disciplinas en el desarrollo de un proyecto en particular.
- Permite la búsqueda de soluciones abiertas de tal manera que los estudiantes tengan la libertad de generar nuevo conocimiento <http://dns1.mor.itesm.mx/~esucar>

3.5 Evaluación

La evaluación del curso considera las actividades de aprendizaje del laboratorio de Java, un examen de medio término, el examen final y el proyecto integrador final, los cuales se muestran en la tabla 1.

Concepto	Peso
Tareas de laboratorio en Java	30%
Examen medio término	30%
Proyecto final	30%
Participación en clase	10%

Tabla 1. Evaluación total del curso

3.6 Formación de actitudes, habilidades y valores

Las habilidades técnicas que se promueven en este curso son:

- Capacidad de analizar críticamente información actualizada.
- Capacidad para comparar y seleccionar adecuadamente alternativas de solución de problemas de visión.
- Análisis, síntesis y solución de problemas de visión.
- Capacidad de escribir reportes de investigación.

En este curso se promueven los siguientes habilidades formativas:

- Honestidad.
- Trabajo en grupo.
- Responsabilidad.
- Innovación y creatividad.
- Respeto.
- Superación personal.

4. EJEMPLOS DE PROYECTOS

A continuación se describirán brevemente dos proyectos elaborados por estudiantes del curso para ilustrar los tipos de proyectos que presentan al final del curso.

4.1 Sistema de visión para un robot móvil

Un número importante de robots móviles para fines educativos, por razones de economía, realizan la labor de percepción a través de sensores, que son dispositivos que les permiten percibir el medio ambiente y su estado interno. Las cámaras y sistemas de visión pueden dar mucha más información a un robot para decisiones de control e inteligencia a fin de mejorar su actuación, pero debe considerarse el costo, el procesamiento y los recursos computacionales que esto implica. La capacidad de visión dota al robot con un sofisticado método de percepción que le permite responder a su entorno de una forma inteligente y flexible [6].

4.1.1 Objetivo

Construir un sistema de visión, para robots móviles, que a futuro a través de la comparación de este sistema, con el desempeño de un estudiante, que manipula los robots con base en sensores, pudiese ayudar a evaluarlo, detectar su eficiencia, errores u omisiones y brindar servicios de tutorío inteligente a los estudiantes.

4.1.2 Descripción del sistema

En la figura 1 se muestra la arquitectura general del sistema, en el que la parte crítica del sistema de visión son los primeros tres módulos que se describirán en este trabajo. Se eligió como ambiente de pruebas las pistas con discontinuidades y bifurcaciones de diversos concursos de velocidad de robots móviles, debido a que bajo estas condiciones el tiempo de respuesta del sistema de visión y del cambio de dirección oportuna en su movimiento son factores críticos.

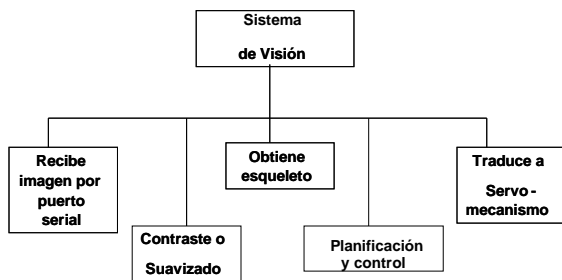


Figura 1. Arquitectura general del sistema

A continuación se describen brevemente los tres primeros módulos del sistema de visión.

- Para la recepción de imágenes por puerto serial se utilizó una cámara digital diseñada en la Universidad de Carnegie Mellon [7], diseñada

especialmente para robots móviles. La cámara digital capta las imágenes y se aplican algoritmos de sincronía para dar el tiempo suficiente a la labor de procesamiento de la imagen.

- El contraste o suavizado se aplica sólo si la imagen presenta ruido o brillo excesivo.
- Se procesan las imágenes de entrada para la obtención de un esqueleto de la pista o segmentos de la pista visibles para ayudar a determinar la dirección que deberá tomar el robot. Dicha ventana se utiliza como fuente de información para las labores de planificación y control

4.1.3 Técnicas de visión utilizadas

La parte crítica de este sistema de visión es la velocidad a la que se pueden procesar las imágenes y dar el tiempo suficiente para que el robot pueda efectuar las labores de planeación y control oportunamente, acorde a las metas o tareas planteadas.

Un esqueleto de un región permite obtener la forma estructural de una región de una imagen, reduciéndola a un grafo [8]. Esto se lleva a cabo con frecuencia, empleando algoritmos de adelgazamiento. Existen diversos algoritmos de este tipo, pero requieren un número importante de iteraciones que consumen un tiempo considerable y por lo tanto no se consideraron adecuados para esta aplicación.

En la búsqueda de un algoritmo más eficaz, se encontró un algoritmo de adelgazamiento propuesto por Zhang y Suen, que aunque está planteado como un algoritmo paralelo, se adaptó en este trabajo a una versión secuencial que resultó altamente eficiente y superior a otros métodos [9].

4.1.5 Pruebas

Se adaptó con éxito el algoritmo de Zhang y Suen para obtención de esqueletos, en un proceso secuencial iterativo y con un tiempo de respuesta aceptable para el sistema para imágenes sin ruido.

La trayectoria sugerida actualmente por el sistema está basada en los puntos medios del esqueleto, pero se sugiere modificar el sistema, para que trabaje con los puntos del esqueleto más alejados, a fin de prever con una mayor anticipación el siguiente movimiento del robot y darle ventaja.

4.1.6 Conclusiones

El desarrollo completo de este sistema de visión para robots móviles puede mejorar significativamente el desempeño de los robots en este tipo de concursos, los cuales actualmente se basan en sensores.

4.2 Sistema de reconocimiento de frutas

El reconocimiento de imágenes es uno de los objetivos fundamentales en el área de visión. Desarrollar sistemas que tengan una capacidad de reconocimiento cercana a la del humano es uno de los principales retos a los que el

hombre se ha enfrentado y se ha dedicado a buscar soluciones.

4.2.1 Objetivo

En este trabajo se presenta un sistema que permite reconocer, con diferente nivel de exactitud, siete clases de frutas: plátano, fresa, manzana, naranja, kiwi, frambuesa y uva. El sistema permite efectuar la fase de entrenamiento y clasificación de imágenes de frutas integrando técnicas de visión y aprendizaje.

4.2.2. Descripción del sistema

El sistema permite efectuar las fases de entrenamiento y reconocimiento de la imagen. La obtención del modelo de reglas utilizado se realiza de forma externa; el modelo obtenido se integra al sistema, de esta manera se facilita probar diferentes modelos y seleccionar el que proporciona mejores resultados.

4.2.3 Técnicas de visión utilizadas

- **Momentos y Modelos de Color.**

El reconocimiento se basa en los 4 primeros momentos del histograma para descripción de texturas; es un método estadístico de descripción de regiones que proporciona características tales como suavidad, rugosidad, granulosidad y otras similares. Para aplicar este método al problema de reconocimiento se utiliza el concepto de vector de características, el cual es un conjunto de medidas que reúnen la descripción de propiedades relevantes de la textura de una imagen [10].

Para el reconocimiento de frutas, se considera que este método es útil ya que la textura de cada clase presenta características muy particulares, además, otro atributo importante es el color, por lo que se utilizan los modelos RGB y HSI.

- **Atributos y Clases.**

A partir de cada ejemplo, se obtienen los 4 primeros momentos para cada plano de ambos modelos de color, de esta manera, se obtienen 12 atributos para el modelo RGB y 12 para el HSI. La tabla final consiste en 24 atributos y 7 clases o tipos de fruta.

4.2. 4 Modelo de reglas

El archivo de atributos y clases obtenido en la fase de entrenamiento se procesa en RIPPER [12] y el modelo obtenido se prueba en la clase desarrollada para ese fin. RIPPER es un programa para inducción de reglas de clasificación a partir de un conjunto de ejemplos preclasificados. A partir del conjunto de ejemplos de

entrada RIPPER encuentra el conjunto de reglas que predecirá la clase de nuevos ejemplos.

Inicialmente se obtuvo un conjunto de reglas para el modelo de color RGB, posteriormente se agregaron los atributos para el modelo HSI. Se observó que la incorporación del modelo HSI mejora la exactitud del conjunto de reglas; su número aumenta, aunque en forma poco significativa por lo que se decidió combinar ambos modelos de color [11]. Las reglas obtenidas son sencillas y fáciles de integrar al sistema.

4.2.5 Pruebas con imágenes

Se usaron imágenes con formato JPG. En la tabla 2 se muestra el número de ejemplos por fruta para la fase de entrenamiento.

Fruta	No. Ejemplos
Plátano	19
Manzana	18
Fresa	17
Frambuesa	12
Kiwi	13
Naranja	11
Uva	6
Total de Ejemplos	96

Tabla 2. Número de imágenes para entrenamiento

En la tabla 3 se muestran resultados de clasificación por fruta y archivo. Se muestran en orden descendente de exactitud. Se observa que el porcentaje de error está estrechamente vinculado al número de ejemplos de entrenamiento utilizados. Un aspecto importante es también la diversificación de los mismos, por ejemplo, en el caso del plátano, fresa y frambuesa, se usaron ejemplos de entrenamiento con diversos tonos de color, sombra y textura.

La uva, al tener la menor cantidad de ejemplos de entrenamiento es la clase con mayor porcentaje de error en su proceso de reconocimiento.

Fruta	Ejemplos Nuevos	% Error	Observaciones en caso de error
Plátano	10	10	Naranja, manzana, no Sabe
Fresa	10	20	Manzana
Frambuesa	10	30	Fresa, no sabe
Manzana	10	40	Fresa, no sabe
Naranjas	10	50	Plátano, no sabe, manzana
Kiwi	10	60	Plátano, no sabe
Uvas	10	90	No sabe
Total	70		

Tabla 3. Resultados obtenidos en el proceso de reconocimiento

4.2.6 Conclusiones

En esta aplicación se muestra que el aprendizaje inductivo de reglas es una técnica útil para clasificar imágenes a partir del vector de momentos.

5. IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

A través de los ejercicios teórico-prácticos del curso, del laboratorio en Java y del proyecto final integrador, el estudiante obtiene los siguientes beneficios:

- Destreza en la construcción de algoritmos de visión.
- Profundizar en el entendimiento de las técnicas vistas en clase.
- Identificar las limitaciones de la aplicación de las técnicas.
- Desarrollar un ejercicio integrador que permita combinar diferentes técnicas para resolver problemas reales.
- Mejorar la habilidad en la elaboración de reportes técnicos y de investigación.

Desde el punto de vista de la aplicación de la técnica didáctica se pueden mencionar las siguientes ventajas:

- Se eleva la calidad de los proyectos.
- Los estudiantes adquieren habilidades técnicas y formativas que les serán de gran utilidad en su trabajo profesional.
- Los alumnos son conscientes de que realmente han desarrollado un conjunto de habilidades técnicas y formativas durante el curso.
- Se eleva la calidad del aprendizaje de los estudiantes, debido al efecto integrador del proyecto.

Algunos problemas y desventajas que actualmente se presentan durante la impartición del curso son las siguientes:

- Se requiere una mayor dedicación por parte del profesor responsable del curso.
- Los alumnos tienen una mayor carga de trabajo.
- Si no se detecta a tiempo el estado de conflicto de un equipo, el equipo puede fracasar en la elaboración del proyecto o desintegrarse antes de concluir el proyecto.
- Requiere una doble labor del profesor, como tutor y como consultor.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La aplicación de la técnica didáctica POL y la metodología empleada en este curso ha dado excelentes resultados en la mejora de las habilidades cognitivas y formativas de los estudiantes. La calidad de los proyectos también mejoró sensiblemente.

Es importante mencionar que actualmente se está trabajando en mejorar los aspectos pedagógicos del esquema colaborativo y el uso de herramientas de reflexión como el uso del portafolio individual y grupal, así como la documentación del proceso de análisis de grupo, en el que los estudiantes analicen los aspectos de planeación del proyecto, los aspectos de colaboración y organización interna del equipo y sus conclusiones generales del trabajo en equipo.

REFERENCIAS

- [1] M. Martín “ El modelo educativo del Tecnológico de Monterrey”. ITESM. Julio, 2002.
- [2] J. W. Thomas. A Review on Project Oriented Learning. PhD Thesis. 2000
- [3] H. Algreen-Ussing and E. Moesby. Assessment Guide for Students. Aalborg University, Denmark. 2001
- [4] J. Noguez and E. Espinosa “Using a Portfolio for the Didactical Technique Project Oriented Learning in some Computer Systems Subjects at ITESM-CCM”. 47th World Assembly. Teacher Education and the Achievement Agenda. Amsterdam. Julio, 2002.
- [5] L.E. Sucar, G. Gómez, Procesamiento de Imágenes y Visión Computacional (por publicarse). 2002.
- [6] K. Fu, R. González y C. Lee “Robótica, control detección, visión e inteligencia”. Ed. Mc. Graw Hill. 1989.
- [7] Cámara Digital diseñada por la Universidad de Carnegie Mellon
<http://www-2.cs.cmu.edu/~cmucam/>
Consultado el 15 de marzo del 2002
- [8] P. Dimitrov, C. Phillips, K. Siddiqi “Robust and Efficient Skeletal Graphs”. IEEE 2000. 1063-6919.
- [9] T. Zhang, C. Suen “A fast parallel algorithm for thinning digital patterns”. Communication of ACM. Marzo, 1984. Volumen 27. Número 3. pp. 236- 239.
- [10] H. Ballard, D. Brown and M. Christopher “Computer Vision”, Prentice-Hall, 1982
- [11] R. Gonzalez, R. Woods “Digital Image Processing”. Ed. Addison Wesley. 1993. pp. 518-524.
- [12] W. Cohen. “Fast Effective Rule Induction” .Machine Learning: Proceedings of the Twelfth International Conference. Morgan Kaufmann (1995).