

Procesamiento Inteligente de Imágenes: Posicionamiento de vértebras mediante Landmarks y Redes Neuronales

Departamento de Informática Sede Puerto Madryn, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional
de la Patagonia San Juan Bosco

Blvd. Brown 3150 - Puerto Madryn (9120) – Chubut
Tel-Fax: (2804) 472885 / 450272

Cintas Celia
cintas.celia@gmail.com

Delrieux Claudio
cad@uns.edu.ar

Bianchi Gloria
gloria.bianchi@gmail.com

Defossé Nahuel
nahuel.defosse@gmail.com

1. Resumen

El proyecto “Procesamiento Inteligente de Imágenes” enfoca el desarrollo y la aplicación de metodologías de la inteligencia artificial y el reconocimiento de patrones en el procesamiento digital de imágenes, para la segmentación, búsqueda de descriptores e identificación de características en imágenes digitales de diverso origen, en particular en imágenes satelitales, aéreas, imágenes médicas, etc. así como en video en formato digital. En dichos contextos el objetivo consiste en encontrar métodos no supervisados de reconocimiento de características, identificación de objetos, acciones o características, describir el contenido, y en general automatizar las tareas cognitivas que usualmente requieren supervisión humana.

En el marco del mismo se lleva adelante el desarrollo de la tesina de grado “Posicionamiento de vértebras mediante Landmarks y Redes Bayesianas”, cuyo objetivo primario es desarrollar una base para actuales y futuros trabajos de clasificación de fósiles, para lo cual se previó diseñar e implementar una base de conocimiento de imágenes, sin necesidad de almacenar las mismas sino determinados parámetros, y desarrollar un agente clasificador aplicando Redes Bayesianas.

Durante la investigación, centrada especialmente

en la clasificación de vértebras, en particular de Saurópodos, se definió como variante la implementación de una solución aplicando Redes Neuronales.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Procesamiento de Imágenes, Fósiles, Redes Bayesianas, Redes Neuronales, Landmarks, Reconocimiento de Objetos.

2. Contexto

El procesamiento de imágenes y video tiene actualmente gran trascendencia por la cantidad de usos científicos y tecnológicos que se habilitan gracias a la evolución de los diferentes tipos de sensores y procesadores, así como su abaratamiento y flexibilidad de programación. En la región de influencia de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco existe una gran demanda de resultados relacionados con estas tecnologías, tanto en el sector productivo como en el gubernamental y académico. Esto concita naturalmente la atención de un grupo creciente de estudiantes, graduados jóvenes, y docentes, para quienes es una oportunidad importante la posibilidad de participar en un proyecto de investigación en esta temática con la colaboración de investigadores formados y activos de otros centros académicos.

El proyecto de investigación está acreditado por la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB, y surge como trabajo colaborativo de los Departamentos de Informática de las Sedes Puerto Madryn y Trelew. Para el desarrollo de este trabajo de tesina de grado de Licenciatura en Informática en particular se cuenta además con el interés y la colaboración de profesionales del Museo Paleontológico Egidio Feruglio y se han iniciado actividades de transferencia junto con investigadores del Cenpat.

3. Introducción

El reconocimiento de objetos mediante procesamiento de imágenes se encuentra en una época de auge, se pueden observar a diario aplicaciones orientadas a la detección de matrículas, ISBN, textos en general, reconocimiento de rostros y personas, etc.

La aplicación de técnicas y métodos de la inteligencia artificial a las imágenes se basa en implementar computacionalmente una secuencia de procedimientos metodológicamente establecida:

- **Obtención de descriptores:** Para cada uno de los elementos a reconocer en las imágenes, es posible obtener descriptores que, en la mayoría de los casos, se pueden evaluar por medio de la clasificación de las características locales (color, reflectancia de la zona en cada una de las bandas, dimensión fractal, etc.). Esta clasificación puede hacerse en espacios ad-hoc, o por componentes principales, o por otras transformadas.
- **Segmentación:** Este procedimiento implica la construcción de una zona en la imagen procesada cuyos descriptores pertenezcan a una clasificación común, y cuya geometría sea lo más sencilla de representar posible. Las técnicas adecuadas para esta tarea se basan en la detección de discontinuidades y su linking por medio de algoritmos de tracking inteligente.
- **Reconocimiento:** Las diferentes zonas segmentadas deben ponerse en correspondencia con objetos o características previamente reconocidas en una etapa de entrenamiento y almacenadas en una base de conocimiento. Para ello se requiere de procesamiento inteligente de alto nivel

(inferencia lógica, marcos conceptuales, sistemas expertos).

- **Extracción y medición de características:** Una vez reconocidos en las imágenes los distintos elementos que se desea clasificar, se establece para cada uno de ellos la medición de sus características que se requieren para la evaluación de parámetros en los modelos. Para ello se utilizan técnicas de estimación estadística con diversas distribuciones, dimensión fractal, y otros modelos matemáticos.

En el ámbito de desarrollo de software paleontológico las aplicaciones suelen orientarse en especial a:

- Cálculo del tiempo de crecimiento de un espécimen.
- Implementación de bases de datos para el almacenamiento ordenado por población de individuos.
- Manipulación de imágenes para la obtención (manual) de contornos, landmarks y su posterior análisis. (Shape, MorphoJ, PhotoModeler).
- Reconstrucción 3D.
- Simulación de posibles capacidades motrices de un espécimen.
- Mediciones de masa corporal, longitudes, etc.

La mayoría de estas aplicaciones son de carácter privativo y costoso para los grupos de investigación. Además, el usuario debe ingresar manualmente una numerosa cantidad de datos en forma iterativa, aumentando de esta manera la probabilidad de cargar erróneamente ciertos datos, y en general se requiere una persona que tome las decisiones al final del proceso, cuando sería posible implementar cierta inteligencia de clasificación en el software para agilizar el trabajo del individuo, reduciendo así la necesidad de su presencia para realizar tareas repetitivas o determinísticas bajo un conjunto cerrado de decisiones.

Otro aspecto destacable es que existen métodos y tecnologías para obtener representaciones digitales de un objeto físico, como es el caso del tomógrafo, escaner laser, ultrasonido, los que están disponibles con un costo medianamente accesible, pero un método más económico aún sería la utilización de

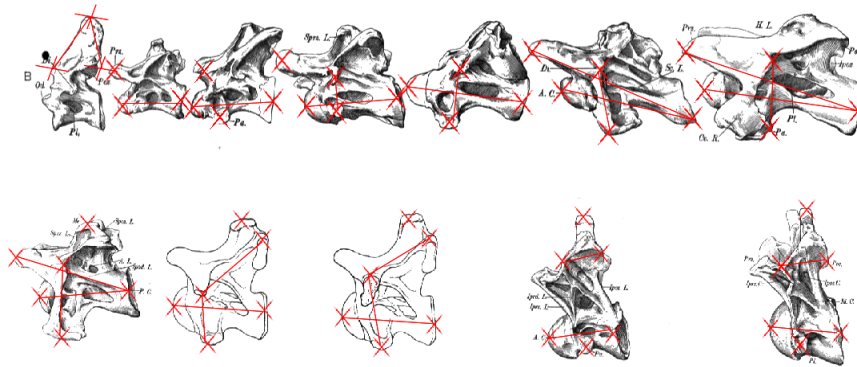


Figura 1: Landmarks y sus distancias observadas en vértebras cervicales.

cámaras fotográficas con pie para realizar tomas fijas. Es decir, si se pudieran adquirir varias fotos desde distintas perspectivas de un mismo objeto, y procesarlas, se podría llegar a un nivel de detalle interesante con un costo mucho más bajo, tanto monetario como de trabajo a la hora de tomar los datos del objeto físico.

En la actualidad, el caso particular del posicionamiento de vértebras, entre otros fósiles, está estrechamente ligado a la mirada del paleontólogo que intenta clasificar ya que no existen métodos formales y automatizados que permitan obtener una aproximación de cuál sería la posición de una determinada pieza. Esto conlleva la desventaja de que el paleontólogo toma como referencia las variaciones que conoce empíricamente, cuando sería posible evaluar una pieza con mucha mayor precisión y eficacia a partir de una base de conocimiento común y cierta inteligencia de clasificación en el software.

La distribución de las vértebras en una columna no es fácilmente discretizable para el ojo humano, su disposición es más bien continua, con leves variaciones. Estas variaciones deben ser determinadas por el experto en el tema y se ven reflejadas en una imagen mediante distintas distancias entre landmarks.

En morfometría un punto de referencia (*landmark*) es un punto en la forma de un objeto en el que

las correspondencias entre objetos y dentro de las poblaciones se preservan. Los landmarks pueden definirse manualmente o en forma automática, por medio de un programa computacional.

El trabajo de tesina pone el foco en una mejora del método tradicional, de observación de la vértebra a clasificar por parte del paleontólogo. El objetivo es automatizar la clasificación vía aplicaciones de la visión artificial, tales como el reconocimiento de objetos y patrones, como se puede observar en trabajos previos realizados por [Fergus 2006].

Es así que este trabajo se centra en el aprendizaje con clasificación supervisada desarrollado en [Forcada 2003], a partir del cual es posible realizar matching [Mery 2002] de nuevas imágenes con las preexistentes y asumir medidas de similitud para incrementar la base de conocimiento con nuevos valores.

Los datos de la base de conocimiento son proporcionados por landmarks tomados de imágenes que han sido previamente procesadas, y el clasificador tiene como herramientas ciertas transformaciones que pueden aplicarse a los datos existentes, para determinar si el dato entrante pertenece o no a cierta ubicación en una espina dorsal.

4. Líneas de Investigación y Desarrollo

Las líneas de I/D que surgen del proyecto de investigación se fundamentan en los objetivos planteados para el mismo: el desarrollo de métodos avanzados de procesamiento de imágenes y video digitales utilizando metodologías de la inteligencia artificial y el reconocimiento de patrones.

Dentro del proyecto se plantean varias casuísticas diferentes en las que se requiere el procesamiento inteligente de imágenes, basadas en situaciones específicas y donde los resultados son de aplicación directa en diferentes contextos.

En esta investigación en particular los ejes fundamentales han sido: Redes Neuronales, Procesamiento de Imágenes y Morfometría Geométrica.

Cada uno de estos pilares de la investigación pasó por un proceso de estudio teórico, implementaciones de prueba, el desarrollo de una aplicación, y posteriormente el análisis de sus resultados. La secuencia de los pasos realizados se muestra a continuación:

1. Investigación bibliográfica:
 - a) Redes Neuronales: estructura, construcción y aprendizaje.
 - b) Procesamiento de imágenes: conceptos, transformaciones, segmentación, matching, etc., y tecnologías.
2. Definición de landmarks, sus variaciones y reglas de conocimiento para determinar la ubicación de las vértebras en un clado.
3. Diseño de la red neuronal y el agente aprendiz.
4. Diseño del flujo de trabajo para el procesamiento de las imágenes.
5. Implementación de la solución.
6. Análisis de los resultados.
7. Conclusiones.

5. Resultados y Objetivos

El trabajo desarrollado hasta el momento no sólo ha logrado una propuesta de aplicación de landmarks y Redes Bayesianas para asistir al paleontólogo en el posicionamiento de vértebras sino que, así mismo, mediante Redes Neuronales, se logró desarrollar un agente que a partir de imágenes puede discriminar inteligentemente a qué posición pertenece una determinada vértebra.

Además se remarca que para la clasificación no es necesario almacenar imágenes anteriores, sólo basta con retener valores específicos, tales como posiciones y distancias.

En la Figura 2 se muestran los resultados del posicionamiento de las 23 vértebras correspondientes a un Saurópodo mediante la aplicación desarrollada, *PyBones*, y se deja constancia del grado de confianza proporcionado por un humano en relación con los valores estimados por la red y el límite de confianza.

Si bien *PyBones* enfoca la clasificación de vértebras

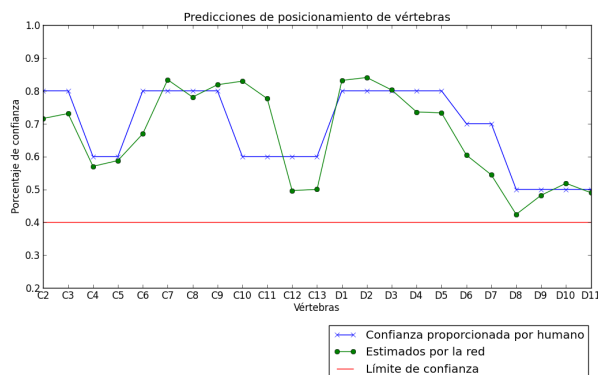


Figura 2: Resultados del posicionamiento de vértebras mediante *PyBones*.

en particular, se destaca que se ha logrado definir un esquema de desarrollo y múltiples herramientas reutilizables para la clasificación de otros fósiles o elementos que generan las mismas dificultades a la hora de ser clasificados, como por ejemplo

los dientes, ya que los landmarks y variaciones serán diferentes pero el sistema de almacenamiento de éstos y la utilización de la red neuronal para clasificarlos será la misma.

Los objetivos planteados se han alcanzado con éxito y se pretende continuar esta línea enfocando la reconstrucción y manipulación computacional de estructuras 3D para Morfometría Geométrica basada en landmarks, en el marco de una propuesta de tesis doctoral de Celia Cintas.

6. Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo del proyecto de investigación cuenta con el Director Dr. Claudio Delrieux, de la Sede Puerto Madryn, el Subdirector Ing. Gloria Bianchi, de la Sede Trelew, tres Licenciados docentes, dos de Puerto Madryn y el Lic. Nahuel Defossé de Trelew, y cuatro estudiantes avanzados de la carrera de Licenciatura en Informática, uno de la Sede Puerto Madryn y tres de la Sede Trelew.

Celia Cintas y un segundo estudiante se encuentran actualmente desarrollando su tesina de grado en líneas de I/D en el marco del proyecto, si bien se prevén otras propuestas de desarrollo de tesinas a corto plazo.

En particular Celia Cintas se encuentra además desarrollando su propuesta de tesis doctoral, que iniciará a corto plazo, una vez concluida su carrera.

Además de las publicaciones y comunicaciones científicas, por su actividad y temática el proyecto tiene grandes posibilidades de transferencia a diferentes instituciones de la zona y en efecto existen ya actividades de I/D y transferencia junto con investigadores del Cenpat en temas de imágenes médicas, a través de un subsidio de la Provincia del Chubut, y se han iniciado otras relacionadas a la identificación de ballenas por medio de fotografías para la Fundación Ecocentro.

Se menciona que el grupo de trabajo está naturalmente vinculado con el Laboratorio de Ciencias de las

Imágenes, a través de la participación del Dr. Claudio Delrieux, director de los proyectos de investigación en el mismo. Los proyectos de investigación desarrollados en dicho laboratorio (los vigentes actualmente son 24/K046 - procesamiento inteligente de imágenes y 24/K047 - visualización científica) son de reconocida trayectoria en las áreas de inteligencia artificial, procesamiento de imágenes, y computación gráfica.

Y se destacan además las actividades de interacción entre las dos Sedes del Departamento de Informática de la Facultad de Ingeniería, así como con otras instituciones de la zona y la posibilidad de futuros vínculos con otros grupos de investigación de la misma UNPSJB como otras universidades del país y centros de investigación, acciones que dan lugar a una enriquecida formación de recursos humanos.

Referencias

- [Fergus 2006] Weakly Supervised Scale-Invariant Learning of Models for Visual Recognition. R. Fergus, P. Perona, A. Zisserman, 2006.
- [Steger 2002] Occlusion, Clutter, and Illumination Invariant Object Recognition. Carsten Steger, 2002.
- [Szeliski 2010] Computer Vision: Algorithms and Applications. Richard Szeliski, 2010. pp 655-731.
- [Ramoni 1997] Efficient Parameter Learning in Bayesian Networks from Incomplete Databases. M. Ramoni, P. Sabastiani, 1997.
- [Mery 2002] Visión Artificial. Domingo Mery, 2002. pp 85-99.
- [Forcada 2003] Clasificación Supervisada basada en redes Bayesianas. Aplicación en Biología Computacional. Víctor Robles Forcada, 2003.
- [Ashraf 2011] Computational Paleontology, 2011.
- [Britos 2005] Britos, Hossian, García Martínez, Sierra, Minería de Datos, 2005.
- [Osborn 1921] Osborn & Mook 21 - Camarasaurus Amphicoelias and other cope sauropods, 1921
- [Gonzalez 2011] Introducción a la Morfometría Geométrica (Apuntes de curso), Silvina Van der Molen, Rolando González.
- [Slice 2005] Chapter One, Modern Morphometrics, Dennis E. Slice.