

## Desarrollo e implementación de un sistema informático para el análisis del movimiento humano orientado al estudio de la marcha con procesamiento digital de imágenes.

Sampallo G.M., Cleva M.S., González Thomas A.O., Acosta C.A.  
 Grupo de Investigación Sobre Inteligencia Artificial  
 Facultad Regional Resistencia  
 Universidad Tecnológica Nacional  
 French 414 -H3500CHJ- Resistencia, Chaco, Argentina  
 gsampallo@gmail.com

### Resumen

El objetivo del proyecto es desarrollar e implementar un sistema informático para analizar el movimiento humano con énfasis en la marcha sin requerimiento de marcadores para la posición de los centros articulares en un ambiente no necesariamente de laboratorio con procesamiento digital de imágenes.

El método propuesto se basa en el procesamiento digital de la secuencia de imágenes de la marcha, con el objeto de determinar las sucesivas posiciones y orientaciones de los segmentos que representan las extremidades inferiores del cuerpo.

Se emplearán cámaras web conectadas a una PC, para registrar el movimiento del sujeto desde distintos puntos de vista.

A partir de las imágenes secuenciales de video, se realizará un preprocesamiento de imágenes para extraer la figura humana en cada imagen. Con esta información se implementarán y/o desarrollarán algoritmos para determinar la posición y orientación espacial de los segmentos representativos de las extremidades, con los cuales se obtendrán los parámetros cinemáticos del movimiento.

Los resultados logrados se validarán con datos referenciales obtenidos por los métodos convencionales.

Como aplicación del sistema se prevé emplearlo para la comparación de la marcha (movimiento de extremidades) en diferentes condiciones físicas, y correlacionar los resultados con diagnósticos conocidos.

**Palabras clave:** Procesamiento de imagen. Cinemática. Biomecánica

### Contexto

La línea de I+D presentada es una continuación y profundización de proyectos desarrollados previamente por el grupo. Todos dentro de la temática de procesamiento digital de imágenes y la utilización de Inteligencia Artificial para la

interpretación de los datos obtenidos por ese medio.

### Introducción

El análisis del movimiento es importante para los estudios en biomecánica y se usa habitualmente para el diagnóstico de trastornos musculoesqueléticos y mecánicos del movimiento (1, 2). También se usa para la evaluación de tratamientos de rehabilitación (3).

A pesar de ser ampliamente conocido el uso clínico del análisis de movimiento, su uso rutinario no ha sido adoptado exitosamente, debido principalmente a varios factores como la accesibilidad de la tecnología requerida, y el tiempo que demanda la obtención de los datos experimentales, su procesamiento y posterior interpretación (4).

Un avance importante en el análisis del movimiento sería el desarrollo de un sistema que no esté basado en el uso de marcadores. Un sistema con estas características ayudaría a que el análisis de la marcha se haga más rutinario al eliminar el tiempo de preparación del paciente y no induciría cambios en la marcha natural. Elimina además el problema de la oclusión parcial de los marcadores durante el movimiento cuando se trabaja con una sola cámara.

Si bien el campo de la visión por computadora provee las bases conceptuales y herramientas para llevar a cabo esta tarea, este tipo de sistemas no está ampliamente difundido. Tienen la ventaja de ser no invasivos y permiten la captura del movimiento de los sujetos en su entorno natural.

El campo del análisis del movimiento sin el uso de marcadores tiene otras áreas de aplicación como vigilancia inteligente (smart surveillance), control por identificación (identification control), animación de personajes (character animation), realidad virtual (virtual reality) e interpolación visual (visual interpolation)(5,6).

En estos últimos 20 años, las técnicas de visión por computadora aplicadas a la detección y seguimiento del movimiento humano (human

tracking movement) se han desarrollado continuamente y han sido propuestos numerosos sistemas. Varían en la cantidad de cámaras usadas, la representación de los datos obtenidos, los tipos de algoritmos, los modelos empleados, y el estudio de una parte específica o de todo el cuerpo.

Mundermann y col (7) citan en un review diferentes tipos de algoritmos propuestos para estudiar el movimiento humano: constraint propagation (8), optical flow (9,10), medial axial transformation (11), stochastic propagation (12), search space decomposition based on cues (13), statistical model of background and foreground (14) silhouette contours (15), annealed particle filtering (16), silhouette based techniques (17,18), shape-encoded particle propagation (19) y fuzzy clustering process (20). Moeslund y col (5) hacen una revisión de más de 130 papers relacionados con la captura de movimiento publicados entre 1980 y 2000. Realizan una taxonomía basada en las fases del proceso de determinación de la postura. Wang L y col (6), hacen un estudio de papers publicados entre 1997 y 2001 clasificándolos según el sistema de visión empleado.

Los contenidos teóricos de la técnica de visión por computadora son suficientes para su aplicación al análisis del movimiento sin marcadores. Sin embargo, no hay un desarrollo apropiado en el área que se propone en el proyecto. En general los trabajos y/o aplicaciones desarrolladas están orientados al campo de la vigilancia (surveillance) y con una sola cámara. Estos sistemas sacrifican precisión por rapidez.

El sistema que se pretende desarrollar en este proyecto proveerá de una herramienta de bajo costo, que podrá ser empleada en estudios del movimiento humano en áreas viciadas con la medicina, y con potenciales aplicaciones en otras como ser: vigilancia, animación de personajes, deportología, etc. También se prevee su empleo como herramienta didáctica.

Permitirá además, la formación de recursos humanos en un área de vacancia a nivel regional, con un enfoque multidisciplinario del problema.

### **Líneas de investigación y desarrollo**

A partir de una secuencia de imágenes obtenida de un video se realizará el seguimiento de las sucesivas posiciones y orientaciones espaciales de los segmentos representativos de las extremidades del sujeto en el movimiento de marcha.

Los ejes temáticos sobre los que se trabajará son básicamente:

1. La segmentación de la imagen. Es un tema sensible porque presenta varios niveles de dificultad:
  - a. Diferenciación entre el fondo y el sujeto.
  - b. Individualización de cada segmento.
  - c. En cada segmento se debe detectar las características propias.
2. Implementar diferentes algoritmos para el seguimiento de los segmentos que constituyen las extremidades sin el uso de marcadores que entorpezcan la marcha
3. Los descriptores de la trayectoria de los segmentos.
4. Estandarizar la forma en que se analiza el movimiento de distintos segmentos articulares
5. Construcción de una base de conocimiento a partir de los descriptores, de modo que cada vez que una nueva secuencia de imágenes se procese, incorpore y actualice los datos en forma eficiente.
6. Construcción de un sistema experto basado en reglas que use la base para realizar una evaluación de la marcha.
7. Generación de informes.

### **Objetivos**

- Desarrollar un sistema experto de visión que no requiera el uso de marcadores para el análisis de la cinemática del movimiento orientado a la marcha humana, que podrá ser utilizado en áreas de la Medicina: Traumatología, Ortopedia, Kinesiología, Medicina Deportiva, etc.

- Que el mismo sea de bajo costo, de implementación sencilla y sin el empleo de una infraestructura compleja.

- Establecer protocolos y criterios de normalización para el proceso de adquisición de los videos y su procesamiento.

- Desarrollo de un software amigable para la adquisición de la secuencia de marcha, que permita presentar los resultados en un formato que facilite su interpretación.

### **Formación de Recursos Humanos**

En la implementación del proyecto se prevee la incorporación de becarios que sean alumnos avanzados de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, y si fuera posible becarios graduados.

Actualmente integran el equipo de trabajo cuatro investigadores categorizados estables, tres becarios de grado y uno posgrado. La relación con otros grupos del país se realiza a través de presentaciones a Congresos y vinculación a través

de convenios institucionales. Integrantes del grupo han dictado cursos de posgrado acreditados por la UTN y de capacitación en procesamiento digital de imágenes.

### Referencias

- 1 - Andriacchi TP, Alexander EJ: Studies of human locomotion: Past, present and future. *Journal of Biomechanics* 2000, 33(10):1217-1224.
- 2 - Harris GF, Smith PA: *Human Motion Analysis: Current Applications and Future Directions*. New York: IEEE Press; 1996.
- 3 - Mündermann A, Dyrby CO, Hurwitz DE, Sharma L, Andriacchi TP: Potential strategies to reduce medial compartment loading in patients with knee OA of varying severity: Reduced walking speed. *Arthritis and Rheumatism* 2004, 50(4):1172-1178.
- 4 - Simon RS: Quantification of human motion: gait analysis benefits and limitations to its application to clinical problems. *Journal of Biomechanics* 2004, 37:1869-1880.
- 5 - Moeslund G, Granum E: A survey of computer vision-based human motion capture. *Computer Vision and Image Understanding* 2001, 81(3):231-268.
- 6 - Wang L, Hu W, Tan T: Recent Developments in Human Motion Analysis. *Pattern Recognition* 2003, 36(3):585-601.
- 7 - Mündermann L, Corazza S, Andriacchi T: The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2006, 3, 6.
- 8 - O'Rourke J, Badler NI: Model-based image analysis of human motion using constraint propagation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1980, 2:522-536.
- 9 - Bregler C, Malik J: Tracking people with twists and exponential maps. *Computer Vision and Pattern Recognition* 1997:568-574.
- 10 - Yamamoto M, Koshikawa K: Human motion analysis based on a robot arm model. *Computer Vision and Pattern Recognition* 1991.
- 11 - Bharatkumar AG, Daigle KE, Pandy MG, Cai Q, Aggarwal JK: Lower limb kinematics of human walking with the medial axis transformation. *Workshop on Motion of Non-Rigid and Articulated Objects: Austin, TX 1994*.
- 12 - Isard M, Blake A: Visual tracking by stochastic propagation of conditional density. *4th European Conference on Computer Vision: Cambridge, UK 1996:343-356*.
- 13 - Gavrilu D, Davis L: 3-D model-based tracking of humans in action: a multi-view approach. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition: San Francisco, CA 1996*.
- 14 - Wren CR, Azarbayejani A, Darrel T, Pentland AP: Pfunder: Realtime tracking of the human body. *Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1997, 19(7):780-785
- 15 - Legrand L, Marzani F, Dusserre L: A marker-free system for the analysis of movement disabilities. *Medinfo* 1998, 9(2):1066-1070.
- 16 - Deutscher J, Blake A, Reid I: Articulated body motion capture by annealed particle filtering. *Computer Vision and Pattern Recognition: Hilton Head, SC 2000*.
- 17 - Bottino A, Laurentini A: A silhouette based technique for the reconstruction of human movement. *Computer Vision and Image Understanding* 2001, 83:79-95.
- 18 - Cheung G, Baker S, Kanade T: Shape-from-silhouette of articulated objects and its use for human body kinematics estimation and motion capture. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition: Madison, WI: IEEE* 2003:77-84.
- 19 - Moon H, Chellappa R, Rosenfeld A: 3D object tracking using shape-encoded particle propagation. *Intl Conf on Computer Vision: Vancouver, BC 2001*.
- 20 - Marzani F, Calais E, Legrand L: A 3-D marker-free system for the analysis of movement disabilities – an application to the legs. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2001, 5(1):18-26.