**Universidad Autónoma de Ciudad Juárez**

**Instituto de Ingeniería y Tecnología**

**Protocolo de Investigación**

**Propuesta de tema para Proyecto de Titulación**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nombre: Fernanda Mercadante Vanegas** | **Matrícula: 121010** | |
| **Programa Académico: Ingeniería Biomédica** | |
| **Departamento: Ingeniería eléctrica y computación.** | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Título**  Desarrollo de un software de rastreo del movimiento ocular como ayuda de tratamiento ortóptico prequirúrgico para niños con estrabismo. | |
| **Contexto**  El presente trabajo se encuentra supervisado por el Dr. Ricardo Rodriguez Jorge y el Dr. José Manuel Mejía Muñoz, en el que se elaborará un software que a través de un algoritmo de redes neuronales tenga la capacidad de rastrear el movimiento ocular para ser visualizado en una interfaz. En el proyecto actual se utilizará como recurso el empleo de bases de dato de ojos y la implementación de redes neuronales para el aprendizaje de los patrones morfológicos del ojo humano para detectarlo y así mismo analizar sus movimientos oculares, posteriormente se registrará la trayectoria realizada por el ojo para que ésta se visualice en la pantalla de un dispositivo móvil, retroalimentando con una interfaz la dirección en la que el ojo apunta, obteniendo una tecnología de rastreo ocular (RO). La elaboración de este trabajo se llevará a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), basándose en trabajos anteriores por alumnos de la misma institución. | |
| **Antecedentes**  La inteligencia artificial (IA) es un campo de las ciencias computacionales que le permite a las tecnologías emular el comportamiento de la inteligencia humana en computadoras [1]. A lo largo de los años, las diferentes aplicaciones de la IA han permitido que los dispositivos de uso cotidiano tales como computadoras, celulares y tabletas, entre otros, sean capaces de aprender, reconocer, identificar e interpretar bases de datos y conjuntos de datos digitales [2]. Lo que incluye diferentes áreas de ciencia, tecnología, arte, ingeniería, negocios, economía y la medicina. El concepto de IA se ha abierto camino en el campo de la ciencia e ingeniería, hasta el punto en el que se ha convertido en una importante rama de la medicina dedicada al análisis de datos complejos [1].  Los avances tecnológicos tanto en hardware como software han brindado la oportunidad de capturar y analizar datos fisiológicos cada vez más completos del cuerpo humano, por lo que también se han desarrollado algoritmos que permitan el análisis de la información a diferentes niveles de complejidad [3]. Las redes neuronales se han convertido en una de las técnicas más populares para el estudio de información en la medicina. Su habilidad para aprender de distintos tipos de muestras, analizar información no lineal y lidiar con datos imprecisos las ha convertido en una herramienta muy práctica en distintas áreas de la medicina [1], tal como lo es la visión. Se ha encontrado que las redes neuronales tienen una amplia demanda en las tecnologías para la detección, cuidado y tratamiento en padecimientos relacionados con la visión [2].  Inicialmente, se habían implementado técnicas de seguimiento ocular con propósitos dentro de la psicología y la lectura, sin embargo, en la última década, se ha logrado realizar exploraciones más completas del estudio de los movimientos oculares con aplicaciones biomédicas, esto gracias a que las técnicas de recopilación de datos han avanzado a la par con la tecnología cotidiana [3].  En una investigación realizada por los autores, Katarzyna Harezlak y Pawel Kasprowski durante el pasado 2018, se determinaron los parámetros a considerar cuando se habla de tecnologías del rastreo ocular [4]:   * Determinar la posición del ojo: Se registra la posición natural del ojo. * Estimar la dirección de la mirada: Se registra el punto de interés en el que el ojo apunta. * Calibración: Por medio del aprendizaje el software registra los parámetros visuales de un individuo. * Calibración exacta: Por medio de la retroalimentación en el individuo, el software ajusta el registro conforme a los parámetros proporcionados por el individuo. * Detección de eventos: El software registra el movimiento ocular tomando como referencia los parámetros establecidos en las calibraciones. * Visualización del movimiento ocular: En este punto el software ya es capaz de rastrear y registrar el movimiento ocular.   En el 2016, el rastreo ocular fue utilizado para evaluar y cuantificar las funciones visuales en 126 niños que padecían de alguna discapacidad visual [5]. Para ello se compararon dos métodos, por un lado, uno que se basaba en la observación estándar del comportamiento ocular, mientras que en el otro se estudiaron grabaciones de video de los niños, encontrando similitudes en los resultados de ambos métodos. Durante este estudio se determinó que las grabaciones realizadas sobre el seguimiento ocular son una herramienta prometedora para evaluar el rendimiento oculomotor y comportamiento ocular.  Posteriormente, para 2017, en Japón se implementó un sistema de rastreo ocular para evaluar la lectura silenciosa de 50 pacientes con glaucoma [6]. Los participantes estuvieron leyendo en silencio artículos japoneses escritos de manera horizontal mientras que un sistema de seguimiento ocular monitoreaba y calculaba la velocidad de lectura en distintos parámetros de caracteres. Para este estudio se utilizó la tecnología de Tobii TX300, un dispositivo de rastreo ocular.  Durante el pasado 2018, se realizó un análisis de convergencia fusional ocular utilizando el rastreo ocular y SacLab Toolbox en 26 sujetos con visión normal [7]. El propósito del estudio fue proporcionar un enfoque cuantitativo y objetivo para analizar la respuesta de convergencia fusional mediante el seguimiento ocular y análisis automático de datos proporcionado por SacLab. El análisis implementado en tiempo real de las grabaciones de RO permitió identificar fácil y rápidamente a los respondedores de fusión para el prisma utilizado, en lugar de confiar en la retroalimentación subjetiva de los participantes o de un tercer participante como observador.  A finales de 2018, se evaluó la efectividad de un tratamiento estimulador binocular en niños que padecían de ambliopía residual por oclusión [8]. Durante la estimulación se utilizaron juegos de video en un dispositivo montado en la cabeza y láminas protectoras de visión en combinaciones aleatorias durante 2 meses. En el estudio se concluyó que sí es posible encontrar beneficios en los tratamientos de estimulación ocular con RO en pacientes con ambliopía residual. | |
| **Planteamiento del problema**  El estrabismo y la ambliopía son padecimientos bastantes comunes que afectan a la población infantil mundial con un 4.7% y 6.2% de resiliencia, correspondientemente [9]. Los infantes que sufren de estrabismo suelen presentar déficit en su percepción de la profundidad, afecciones en su visión y consecuencias en su apariencia física, impactando en la calidad de vida de los niños, mostrando problemas en el trabajo escolar, deportes, relaciones interpersonales y daños en el autoestima y confianza [9]. Se ha determinado que hasta un 17.5% de los niños con estrabismo pueden llegar a padecer trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) como resultados de sus afecciones psicológicas [10].  Es necesario recurrir a realizar un tratamiento temprano para alcanzar un paralelismo ocular, sin embargo, un estudio realizado en el 2016 comprobó que son pocos los padres que conocen los diferentes tratamientos que existen para tratar a los niños que padecen de estrabismo, comprobando que sólo un 17.1% de los encuestados conocían que en muchos casos los ejercicios ortópticos son suficiente para curar o disminuir el estrabismo [11].  La intervención quirúrgica, durante la infancia ha comprobado ser eficiente para optimizar la visión binocular, sin embargo, ha habido pocos avances en su metodología y es un procedimiento más difícil de realizar en niños que en adultos [10]. La idea de la cirugía en un niño hace que los padres se sientan aprensivos y evasivos, atrasando los resultados en los tratamientos, afectando también de forma negativa en la calidad de vida de los padres [9]. Por lo que es necesario implementar nuevas herramientas no invasivas que ayuden al tratamiento de esta condición. | |
| **Solución propuesta**  Elaborar una aplicación de rastreo ocular que a través de la cámara de un dispositivo móvil permita al infante entrenar sus músculos oculares en las direcciones más convenientes según sean sus necesidades oculares. Para la realización de este proyecto se conseguirá una base de datos de imágenes de ojos de infantes con lo que se diseñará un software de aprendizaje que por medio de redes neuronales sea capaz de identificar el ojo humano, así como la actividad motora del ojo. Posteriormente, se propone generar una interfaz de retroalimentación que permita visualizar el rastro que deja el ojo con su movimiento en un plano 2D. | |
| **Objetivos**  **Objetivo general**  Desarrollar un sistema de reconocimiento del movimiento y dirección del ojo humano como ayuda de tratamiento prequirúrgico para niños con estrabismo.  **Objetivos específicos**   * Adquirir bases de datos de imágenes de ojos. * Preprocesar los datos a modo que el diseño del sistema aprenda los patrones morfológicos de imágenes oculares. * Generar un algoritmo que por medio de redes neuronales sea capaz de detectar el ojo humano y realizar un rastreo del movimiento ocular. * Entrenar y validar la red de datos para un sistema de RO. * Implementar la red en un dispositivo móvil. * Crear una interfaz para dispositivos móviles que sea capaz de retroalimentar el rastro del movimiento ocular. | |
| **Justificación**  Los tratamientos ortópticos, o bien, de ejercicios oculares se utilizan para educar a la visión binocular cuando un paciente padece de ciertas enfermedades oculares tales como estrabismo, ambliopía y divergencia ocular, entre otras [3]. Las aplicaciones móviles de imagenología tienen la capacidad de abrir un nuevo campo para la oftalmología, ya que los celulares y tabletas no solamente tienen buenas cámaras, sino que también muchas de las pantallas están diseñadas para ser amigables con el ojo humano [12], por lo que proponer un sistema capaz de ayudar a los infantes a ejercitar sus músculos oculares es viable para tratar su condición con recursos al alcance de sus manos.  La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos declaró que los teléfonos móviles tienen la capacidad de convertirse en dispositivos médicos [12]. Considerando que gran parte de la población tiene acceso a estas tecnologías, implementarlas como ayuda para tratamientos de padecimientos oculares tales como el estrabismo, auxiliaría a los padres en mejorar la condición de sus hijos, así como tendría un efecto positivo en su calidad de vida. | |
| **Impactos**  El estudio proporcionará un prototipo para las tecnologías de detección ocular y rastreo de movimientos oculares; así como aportará nueva información para las tecnologías móviles enfocadas al cuidado de la visión. Se pretende que el diseño de la aplicación sea una novedosa herramienta para los padres que deseen mejorar la apariencia y funcionabilidad del órgano ocular desviado de sus hijos; además de ofrecer al infante un medio tecnológico e interactivo para tratar su condición. | |
| **Metodología propuesta**   1. Conseguir una o varias bases de datos que contengan en su información imágenes de ojos de infantes. 2. Enseñar al sistema por medio del procesamiento de los datos a interpretar y reconocer el ojo humano con la información de la base de datos. 3. Generar un algoritmo que por medio de redes neuronales sea capaz de detectar el ojo humano y realizar un rastreo del movimiento ocular. 4. Entrenar y validar la red neuronal. 5. Incorporar el software en un dispositivo móvil. 6. Probar sistema en diferentes personas. 7. Crear una interfaz que sea capaz de retroalimentar el rastro del movimiento ocular. | |
| **Alcances y delimitaciones**   * Se desarrollará un sistema de aprendizaje para reconocimiento de la morfología ocular. * Se diseñará un algoritmo capaz de registrar la trayectoria y dirección del movimiento ocular. * Se creará una interfaz en el dispositivo móvil capaz de retroalimentar el movimiento ocular. * No se dará seguimiento a la efectividad terapéutica. | |
| **Cronograma**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Actividad** | **Ene** | | **Feb** | | **Mar** | | **Abr** | | **May** | | **Jun** | | **Jul** | | **Ago** | | **Sep** | | **Oct** | | **Nov** | | **Dic** | | | **Revisión bibliográfica** |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | | **Realización e investigación del protocolo de investigación** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Presentar protocolo de investigación** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Realizar las correcciones correspondientes** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Trabajar en el escrito de los 2 primeros capítulos del proyecto de titulación** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Conseguir una o varias bases de imágenes de ojos de infantes** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Enseñar al sistema a interpretar y reconocer el ojo humano** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Diseñar un algoritmo capaz de detectar el ojo humano y realizar un rastreo del movimiento ocular** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Entrenar y validar la red** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Validar la red** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Incorporar el software en un dispositivo móvil** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Probar sistema en diferentes personas** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Crear una interfaz que sea capaz de retroalimentar el rastro del movimiento ocular** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Trabajar en el documento escrito** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | **Presentar proyecto de titulación** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| **Referencias**  [1] A. Ramesh, c. Kambhampati, J. Monson y P. Drew, “Artificial intelligence in medicine”, *Ann R Coll Surg Engl*, vol. 86, pp. 334-338, Sep. 2014.  [2] L. Catania y E. Nicolitz, “Artificial Intelligence and Its Applications in Vision and Eye Care”, *Adv Ophthalmol Optom*, vol. 3, pp. 21-38, Ago. 2018.  [3] M. Shojaeizadeh, S. Djamasbi, R. Paffenroth y A. Trapp, “Detecting task demand via an eye tracking machine learning system”, *Decis Support Syst*, vol. 116, pp. 91-101, Oct. 2018.  [4] K. Harezlak y P. Kasprowski, “Application of eye tracking in medicine: A survey, research issues and challenges”, *Comput Med Imaging Graph*, vol. 65, pp. 176-190, Abr. 2018.  [5] M. Kooiker, J. Pel, H. Verbunt, G. Wit, M. van Genderen y J. van der Steen, “Quantification of visual function assessment using remote eye tracking in children: validity and applicability”, *Acta Ophthalmol*, vol. 94, pp. 599-608, Abr. 2016.  [6] N. Murata, D. Miyamoto, T. Togano y T. Fukuchi, “Evaluating Silent Reading Performance with an Eye Tracking System in Patients with Glaucoma”, *PLoS ONE*, vol. 1, pp. 1-12, Ene. 2017.  [7] L. Cercenelli, M. Fresina, B. Bortolani, G. Tiberi, G. Giannaccare, E. Campos y E. Marcelli, “Quantitative Approach for the Analysis of Fusional Convergence Using Eye-Tracking and SacLab Toolbox”, *J Healthc Eng*, vol. 1, pp. 1-8, Jul. 2018.  [8] H. Lee y S. Kim, “Effectiveness of binocularity-stimulating treatment in children with residual amblyopia following occlusion”, *BMC Ophthalmol*, vol. 18, pp. 1-8, Dic. 2018.  [9] A. Singh, V. Rana, V. Patyal, S. Kumar, S. Mishra y V. Sharma, “To assess knowledge and attitude of parents toward children suffering from strabismus in Indian subcontinent”, *Indian J Ophthalmol*, vol. 65, pp. 603-606, Jul. 2017.  [10] S. Chung, Y. Chang, S. Rhiu, H. Lew y J. Lee, “Parent-Reported Symptoms of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children with Intermittent Exotropia before and after Strabismus Surgery”, *Yonsei Med J*, vo. 52, pp. 806-811, Jul. 2012.  [11] J. Ebeigbe y C. Emedike, “Parents’ awareness and perception of children’s eye diseases in Nigeria”, *J Optom*, vol. 10, pp. 104-110, Jul. 2016.  [12] A. Rodin, A. Shachak, A. Miller, V. Akopyan y N. Semenova, “Mobile Apps for Eye Care in Canada: An Analysis of the iTunes Store”, *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 5, pp. 1-6, Jun. 2017. |
| **Observaciones del evaluador**  **Aprobado Aprobado con condición Rechazado** |
| **Fecha de terminación del proyecto**  Noviembre de 2019 |
| **Nombre del asesor(es) y coasesor(es)**  Dr. Ricardo Rodriguez Jorge  Dr. José Manuel Mejía Muñoz |

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Fernanda Mercadante Vanegas**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Dr. Ricardo Rodriguez Jorge Dr. José Manuel Mejía Muñoz**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Evaluador Evaluador**