

Propuesta de un sistema difuso jerárquico haciendo uso de reglas para la integración de un sistema de estimulación y el estado

Proposal for a hierarchical fuzzy system using rules for the integration of a stimulation system with emotional states in people with cognitive impairment

Isis del Razo Hernández¹, Carlos Lino Ramírez¹, David Asael Gutierrez Hernández¹, Victor Manuel Zamudio Rodríguez¹, Diego Martínez Castro²

1) División de Estudios de Posgrado e Investigación/Tecnológico Nacional de México/I.T. León, Av. Tecnológico S/N Fracc. Industrial Julián de Obregón, León Guanajuato, México, C.P. 37290

2) Universidad Autónoma de Occidente/Calle 25, Vía Cali - Puerto Tejada ##115-85 Km 2, Jamundí, Cali, Valle del Cauca, Colombia

Correo-e: isisdrh@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

Lógica difusa, Computo afectivo, Análisis emocional, Deterioro cognitivo.

RESUMEN

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) la población de adultos mayores es equivalente al 10.8% del total de la población en México, además de ser uno de los países latinoamericanos con mayor prevalencia, con un 7.3%, en enfermedades relacionadas al deterioro cognitivo afectando de manera directa la calidad de vida del adulto mayor (Secretaría de Salud., 2018). Se espera que para el año 2030 el número de personas con demencia aumente a poco más de 1.5 millones. Debido a dicha prevalencia es relevante desarrollar plataformas y herramientas basadas en tecnología que permitan atender la demanda de necesidades en la población con deterioro cognitivo. En este trabajo se propone un sistema jerárquico difuso que usa reglas creadas para lograr una integración entre el estado emocional y el resultado de un plan de estimulación en personas con deterioro cognitivo para de esta manera generar una mejor propuesta de tratamiento tomando en cuenta la salida correspondiente al sistema propuesto.

KEYWORDS:

Affective computing, Emotional analysis, Cognitive impairment.

ABSTRACT

According to the National Survey of Occupation and Employment (ENOE), the population of elderly is equivalent to 10.8% of the total population in Mexico, in addition to being one of the Latin American countries with the highest prevalence, with 7.3%, of diseases related to cognitive impairment directly affecting the quality of life of elderly [1]. It is expected that by 2030 the number of people with dementia will increase to just over 1.5 million. Due to such prevalence it is relevant to develop platforms and tools based on technology that allow to attend the demand of needs in the population with cognitive impairment. In this work, it is proposed a diffuse hierarchical system that uses rules created to achieve an integration between the emotional state and the result of a stimulation plan in people with cognitive impairment in order to generate a better treatment proposal taking into account the output corresponding to the proposed system.

Recibido: 01 de septiembre del 2020 • Aceptado: 07 de enero del 2021 • Publicado en línea: 26 de febrero del 2021

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el World Alzheimer Report 950,000 adultos mayores viven con algún tipo de deterioro cognitivo en México [2], el deterioro cognitivo es un síndrome que afecta la memoria, el pensamiento, el comportamiento y la capacidad para realizar las actividades cotidianas. Entre las enfermedades causadas por el deterioro cognitivo se encuentra el Alzheimer, que es un trastorno neurológico que provoca la muerte de las células nerviosas del cerebro, aparece con el envejecimiento normal y a medida en que avanza, se van deteriorando las capacidades cognitivas, entre ellas la capacidad para tomar decisiones y llevar a cabo las tareas cotidianas, y pueden surgir modificaciones de la personalidad, así como conductas problemáticas. En sus etapas avanzadas, la Enfermedad de Alzheimer conduce a la demencia y finalmente a la muerte [3].

Según el estudio realizado por León [4] es importante estudiar la emoción presentada en el adulto mayor con Alzheimer con la finalidad de entender cómo la adaptación del paciente a través de las emociones se ve deteriorada. Las emociones son respuestas o reacciones fisiológicas que genera nuestro cuerpo ante cambios que se producen en nuestro entorno, estos cambios se basan en experiencias que a su vez dependen de percepciones y actitudes, las usamos para percibir y valorar una situación concreta [5].

El computo afectivo [6] define la emoción como un factor que influye en la forma en que se usan las computadoras. Esta área es explicada como el análisis y la creación de sistemas y artefactos que pueden ser reconocidos, interpretados, procesados o estimulados por las emociones humanas, en otras palabras, la Computación Afectiva busca que las computadoras interactúen de forma natural e inteligente con las personas, teniendo la capacidad de al menos reconocer y expresar un afecto. Actualmente los sistemas y herramientas que se usan para el tratamiento del deterioro cognitivo no toman en cuenta la variable de la emoción al momento de realizar una recomendación para tratamiento.

Por este motivo, nuestra propuesta de un sistema difuso jerárquico permitirá incluir variables emocionales respecto a la conexión de salidas de un

sistema difuso que evalúa el estado emocional del paciente y el resultado de un plan de estimulación cognitiva para de esta manera lograr ofrecer al usuario un plan de tratamiento integral, es decir, que se considere tanto la parte cognitiva como la parte emocional.

II. ANTECEDENTES

Dentro del trabajo de Liu se propone un enfoque de etapas múltiples del aprendizaje de reglas mixtas, que implica una combinación estratégica de enfoques tradicionales y difusos para manejar de manera efectiva varios tipos de atributos. Se comparó el enfoque propuesto con los algoritmos existentes de aprendizaje de reglas. Los resultados experimentales muestran que el enfoque propuesto conduce a avances significativos en el rendimiento en comparación con los algoritmos existentes [7].

Otro planteamiento acerca de la estimulación cognitiva en adultos mayores, es el trabajo de Navarro en el cual se diseñó e implementó un módulo inteligente cuya función es analizar y retroalimentar el desempeño de los adultos mayores con ayuda de un sistema basado en juegos para la estimulación cognitiva; para esto se generaron modelos de clasificación basados en un aprendizaje a través de conjuntos de información sobre distintas respuestas ante los mismos estímulos para evaluar el desempeño del usuario, en este caso, el adulto mayor. Al realizar el análisis de los resultados de dicho sistema en conjunto con información adicional con valor para psicólogos y de esa manera poder sugerir nuevos planes de estimulación basándose en reglas difusas, con el fin de lograr que personas de la tercera edad con deterioro cognitivo mejoren su estado [8].

De acuerdo con Rodríguez el avance tecnológico que se ha producido en los últimos años el cual ha dado lugar a la creación de nuevos programas dirigidos a la rehabilitación del deterioro cognitivo a través del ordenador y la manera en que se ha establecido como uno de los métodos de tratamiento en más de un centro de rehabilitación. Entre las ventajas encontradas se encuentra la flexibilidad en la elaboración de los programas, lo cual reduce el hecho del que paciente se habituó en un solo programa, otro beneficio mencionado es que se permite graduar el tiempo, número de estímulos y los diferentes parámetros de estos en función de la necesidad que presentan los pacientes y por último la

retroalimentación del sistema con relación a los errores y fracasos es inmediato [9].

III. MARCO TEÓRICO

Sistema de lógica difusa

Se trata de una estructura basada en conocimiento definida a través de un conjunto de reglas difusas del tipo si-entonces, las cuales, contienen una cuantificación lógica difusa de la descripción lingüística del experto de cómo realizar un control adecuado.

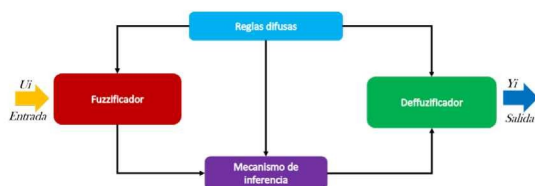


Figura 1: Esquema general del control difuso [11].

En la figura 1 se muestra un diagrama a bloques y los componentes básicos de un sistema difuso en donde los conjuntos clásicos U_i y Y_i son llamados el universo del discurso para u_i y y_i respectivamente. En particular, $u_i \in U_i$ con $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y $y_i \in Y_i$ con $i = 1, 2, \dots, M$, definen las entradas y salidas correspondientes del sistema difuso; es importante observar que el sistema difuso utiliza conjuntos difusos, definidos por la base de reglas difusa, para cuantificar la información en la base de reglas y que el mecanismo de inferencia opera sobre estos conjuntos difusos para producir nuevos conjuntos difusos, por tanto, es necesario especificar como el sistema convertirá las entradas numéricas $u_i \in U_i$ en conjuntos difusos, con ayuda de un proceso llamado "fuzzificación", tales que ellos puedan ser utilizados por el sistema difuso. De igual forma, el proceso llamado defuzzificador describe el mapeo de un espacio de acciones de control difuso en acciones de control no difuso. El defuzzificador por tanto, genera una acción de control no difusa la cual denotamos generalmente por $y_q \text{ crisp}$ y es la mejor representación de una salida difusa inferida.

Fuzzificador

Consiste en una transformación de un dato o de un conjunto clásico a su correspondiente conjunto difuso, o

se produce mediante el uso del operador de fuzzificación F , Passino, definido por $F: u_i \rightarrow u_i^*$ en donde $F(u_i) = A_{ifuz}$ [12].

Mecanismo de inferencia difusa

Es el núcleo de cualquier controlador difuso. Su comportamiento dinámico es en general caracterizado por un conjunto de reglas difusas de la forma:

Si x es A entonces y es B

en donde A y B son valores lingüísticos definidos por un conjunto difuso en un universo X y Y respectivamente. La cláusula Si, un antecedente, es una condición en el dominio de aplicación; la cláusula entonces, una consecuencia, es una acción de control dado al proceso bajo control.

DEFFUZIFICADOR

Presentado como un mapeo de un conjunto difuso B' en $v \in R$ (que es la salida de la inferencia difusa) a un elemento de un conjunto clásico $y_q \text{ crisp} = y^* \in v$. Conceptualmente, la tarea de defuzzificar es especificar un punto, elemento de v , que refleje la mejor representación del conjunto difuso B'

Reglas difusas

Permiten crear relación entre las variables, regularmente creadas por expertos; es un conjunto de reglas SI-ENTONCES que pueden ser expresadas de la siguiente manera:

$PR_m: \text{SI } u_1 \text{ es } A_{1m} \text{ y } u_2 \text{ es } A_{2m} \text{ y... up es } A_{pm}, \text{ ENTONCES } v \text{ es } B_m$

Con $m = 1, 2, 3, \dots, M$ y donde A_{im} y B_m son conjuntos difusos en $U_i \subset R$ y $V \subset R$

Sistema difuso jerárquico

La emoción es un proceso psicofisiológico desencadenado por percepción consciente y/o inconsciente de un objeto o situación y a menudo se asocia con el estado de ánimo, el temperamento, personalidad y disposición, y motivación [14].

Según Scherer las emociones son definidas como:

"Episodios de cambios coordinados en varios componentes (incluyendo al menos activación neuropsicológica, expresión motriz, y sentimientos subjetivos,

pero posiblemente también tendencias a la acción y procesos cognitivos) en respuesta a eventos externos o internos de mayor significancia para el organismo”, [15].

Agente inteligente

Un agente inteligente es un sistema (hardware o software) situado en un determinado entorno, capaz de actuar de forma autónoma y razonada en dicho entorno para llevar a cabo unos objetivos predeterminados [16].

IV. METODOLOGÍA

La propuesta presentada consiste de 3 partes importantes para su funcionamiento, mostrado en la Figura 3; como primer lugar se cuenta con los resultados de un módulo, llamado Mente Activa, el cuál es un software desarrollado por el grupo de investigación del Tecnológico de León [8] usado para la prevención, detección, evaluación y monitoreo de adultos mayores con deterioro cognitivo y demencia, permitiendo la estimulación cognitiva a través del uso de juegos interactivos con distintos niveles de dificultad diseñados por psicólogos, se ejecuta en una computadora con pantalla táctil y elementos multimedia; como segunda instancia se cuenta con un modelado de emociones cuya idea principal es encontrar una manera de interpretar el estado emocional de una persona en un momento determinado. Para esto se usa un agente inteligente que ayude a realizar un reconocimiento de emociones en forma de conversación, usando los servicios de IBM Watson el cual está compuesto por una colección de herramientas de servicios en la nube que analizan el lenguaje, el habla y la visión para crear aplicaciones [17], en este caso se hace uso de 3 servicios: Speech-to-text, Language Translator y ToneAnalyzer; donde se involucra el usuario y el agente inteligente para lograr la interacción

en conjunto con el sistema propuesto.

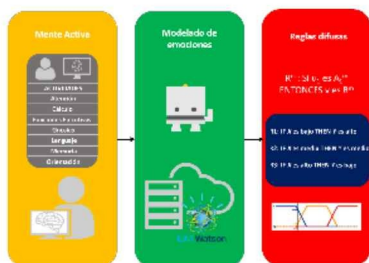


Figura 3: Representación de los elementos del sistema difuso jerárquico.

Finalmente, se cuenta con 100 reglas difusas las cuales mantienen la manera de interpretar las variables de ambos sistemas, obteniendo así una afinación más precisa para la variable de salida, llamada Nivel recomendado, del sistema propuesto; en la Tabla1 se muestran algunas de las 100 reglas difusas creadas para el funcionamiento del sistema.

Tabla 1: Reglas difusas propuestas (Elaboración propia)

IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is MEDIUM and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is LOW and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is MEDIUM and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is HIGH and Pleasantness is LOW and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is MEDIUM and Pleasantness is VERYLOW and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is HIGH and Pleasantness is VERYLOW and OutputLevel is HARD then RecommendedLevel is ML
IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is MEDIUM and OutputLevel is MEDIUM then RecommendedLevel is EL
IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is LOW and OutputLevel is MEDIUM then RecommendedLevel is EL
IF Energy is VERYHIGH and Pleasantness is VERYLOW and OutputLevel is MEDIUM then RecommendedLevel is EL
IF Energy is HIGH and Pleasantness is LOW and OutputLevel is MEDIUM then RecommendedLevel is EL

Para la creación de las reglas propuesta se tomaron en cuentas las variables mostradas en la Tabla 2, donde se puede apreciar la manera en que se manejan los atributos de cada una de las variables, así como una breve descripción de cada una de ellas

Tabla 2: Variables que integran el sistema propuesto

Variable	Atributos	Descripción
Energía	[Muy fácil, fácil, medio, difícil, muy difícil]	Valor lingüístico que se obtiene de las 5 emociones que son representados en el medidor Emocional del Modelo de Ruler.
Agrado	[Muy fácil, fácil, medio, difícil, muy difícil]	Valor lingüístico que se obtiene de las 5 emociones que son representados en el medidor Emocional del Modelo de Ruler.
Dificultad	[Muy fácil, fácil, medio, difícil, muy difícil]	Valor resultante de evaluación del rendimiento del usuario con base al nivel de dificultad de interacción con el sistema.
Nivel recomendado	[Muy fácil, fácil, medio, difícil, muy difícil]	Nivel que se recomienda al paciente, con base a los valores de Dificultad, Energía y Agrado, al finalizar sus evaluaciones.

En la Figura 4 se muestra una representación del funcionamiento del sistema propuesto. Tomando en cuenta las salidas de los dos sistemas difusos de baja dimensión (FLS 1 y FLS 2) energía, agrado y nivel actual en el que se encuentra usuario al hacer uso del sistema de Mente Activa, funcionan como entradas directas para la ejecución y funcionamiento del sistema difuso jerárquico propuesto, obteniendo como salida un nivel recomendado para el usuario tomando en cuenta la emoción predominante en la que se encuentra.

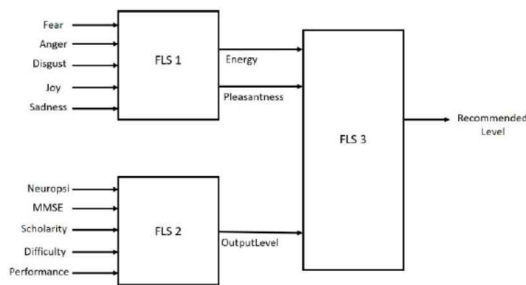


Figura 4: Representación del sistema propuesto

Para la operación del sistema propuesto haciendo referencia a la manera en que se valora el nivel de dificultad actual respecto a la emoción predominante, como se observa en la Figura 5, se cuenta con la variable dificultad, obtenida mediante el sistema Mente Activa y al relacionarla con la emoción, obtenida con el modelado de emociones, resulta un nivel de recomendado, ya sea mantener, bajar o subir el nivel de dificultad, tomando en cuenta el estado emocional en el que se encuentra el usuario.

PROCESO NIVEL-EMOCIÓN
 Leer: Dificultad, Emoción predominante
CAMBIAR (Emoción predominante)
CASO Feliz:
 Subir nivel de dificultad
CASO Miedo y Enojo:
 Mantener nivel de dificultad
CASO Sin emoción predominante:
 Mantener nivel de dificultad
CASO Disgusto y tristeza:
 Bajar nivel de dificultad
FIN CAMBIAR

Figura 5: Pseudocódigo de proceso nivel – emoción (Elaboración propia)

V. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Para los resultados preliminares, se efectúan pruebas con usuarios del Instituto de la Memoria, una institución que atiende adultos mayores que presentan deterioro cognitivo para retrasar su proceso degenerativo, contando con programas que favoreciendo la calidad de vida de los pacientes y sus familiares.

En la Figura 6, se puede observar los cuadrantes del sistema para identificar el estado emocional; el usuario con ayuda de un agente inteligente llamado TJbot utilizado como receptor de audio, expresa mediante una oración su estado de ánimo, ya sea

diciendo algún hecho importante que le sucedió recientemente o alguna oración simple, para posteriormente usando el Modelo de Ruler, mostrado en la Figura 5, que es una herramienta que nos ayuda a identificar distintas emociones según su nivel de energía (alto / bajo) y agrado (agradable / desagradable) [18] y haciendo uso de los servicios de IBM Watson se identifica y etiqueta la emoción prominente del usuario.



Figura 6: Cuadrantes del medidor emocional [18]

Como siguiente paso, como se muestra en la Figura 7, el usuario procede a realizar la prueba cognitiva con ayuda del sistema Mente Activa, en alguna de sus 7 áreas de estimulación. Una vez terminada la prueba de usará nuevamente el TJbot para preguntar el estado de ánimo del paciente al término de la prueba.



Figura 7: Usuario haciendo uso del sistema Mente Activa (Elaboración propia)

Finalmente se usarán los datos obtenidos anteriormente, la emoción prominente del paciente y su resultado en la prueba cognitiva para que con ayuda del sistema difuso jerárquico propuesto se establezca la conexión entre dichos valores y de esta manera poder recomendar al paciente un nivel adecuado dependiendo la conexión encontrada.

Como se muestra en la Figura 8, se tiene la pantalla principal del sistema propuesto, creado en el software MATLAB, donde se pueden observar las entradas al sistema, el bloque difuso con las reglas, observar Figura 9, y por último el nivel recomendado como salida del sistema, pudiendo ser este: Mantener nivel, subir nivel o bajar nivel.

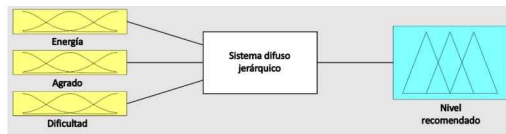


Figura 8: Sistema difuso jerárquico propuesto (Elaboración propia)

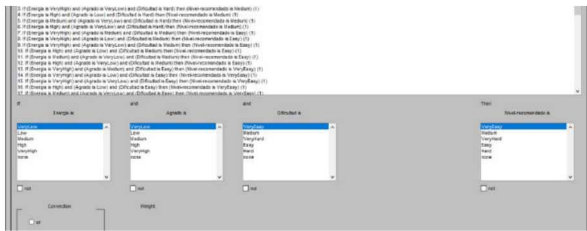


Figura 9: Reglas difusas del sistema (Elaboración propia)

Para hacer el uso correcto del sistema el usuario declara con una oración algo relevante de su día, por ejemplo, el usuario manifiesta la Frase 1: “Aturdida porque me dieron muchos regalos en mi cumpleaños”, paso siguiente el agente inteligente, los servicios de IBM Watson y el modelado de las emociones nos devuelven los valores correspondientes a la energía y agrado del usuario.

A continuación, en la Figura 10, 11 y 12, se observa el sistema propuesto con los valores obtenidos de la Frase 1, 2 y 3, energía, agrado y dificultad del usuario, logrando mapear la emoción dominante para así obtener el nivel de dificultad recomendado para el usuario tomando en cuenta tanto la parte cognitiva como la emocional. Todos los datos obtenidos en las pruebas se muestran en la Tabla 3, 4 y 5.

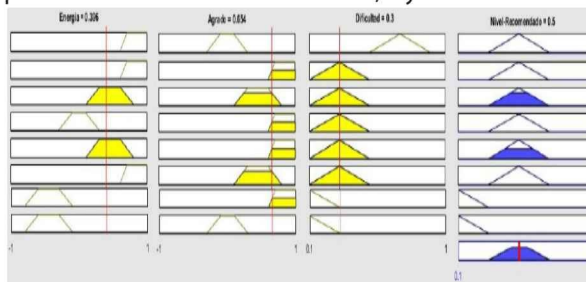


Figura 10: Sistema propuesto con valores obtenidos de la Frase 1 (Elaboración propia)

Tabla 3: Resultados según la Frase 1

Usuario	Entrada	Salida
Energía	0.396	
Agrado	0.654	
Dificultad	0.3	
Emoción predominante	Felicidad	
Nivel recomendado		0.5

Frase 2: “Mi amigo me dijo mentiras el día de hoy”

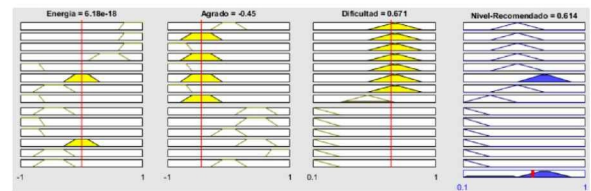


Figura 11: Sistema propuesto con valores obtenidos de la Frase 2 (Elaboración propia)

Tabla 4: Resultados según la Frase 2

Usuario	Entrada	Salida
Energía	6,81 e-18	
Agrado	-0.45	
Dificultad	0.671	
Emoción predominante	Miedo y enojo	
Nivel recomendado		0.614

Frase 3: “Moralmente pues ayer veces a ratos en que me ataca la tristeza porque recuerdo todos los momentos en que trabajaba y yo me sentía agusto”

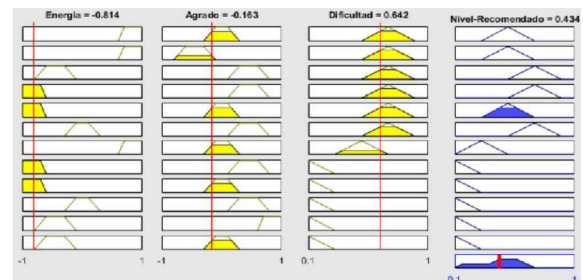


Figura 12: Sistema propuesto con valores obtenidos de la Frase 3 (Elaboración propia)

Tabla 5: Resultados según la Frase 2

Usuario	Entrada	Salida
Energía	6,81 e-18	
Agrado	-0.45	
Dificultad	0.671	
Emoción predominante	Miedo y enojo	
Nivel recomendado		0.614

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El deterioro cognitivo es uno de los factores que más contribuyen a la discapacidad y a la dependencia en las personas adultas mayores. La Enfermedad de Alzheimer (EA), es el tipo de demencia más frecuente, afectando a 1,000 personas al año de la población adulta mayor mexicana. La EA provoca una disminución en el rendimiento de al menos una de las capacidades mentales tales como memoria, orientación, pensamiento abstracto, lenguaje, capacidad de juicio y razonamiento, así como un deterioro progresivo en el estado afectivo desde la etapa asintomática hasta la etapa terminal.

En este trabajo se presenta una propuesta de sistema jerárquico difuso, integrado por un agente inteligente y el uso de un software que ayuda a la rehabilitación del deterioro cognitivo a través del ordenador, el cual permite a los profesionales encargados de proporcionar un tratamiento para disminuir el impacto de EA, tomar en cuenta el estado emocional predominante del paciente, basándose de esta manera no solo en el resultado de una prueba de estimulación sino también en la situación emocional del paciente.

Como trabajo futuro se espera publicar más resultados en artículos futuros tomando en cuenta una cantidad mayor de pruebas para de esta manera obtener datos e información de múltiples usuarios y así añadir valor a la información proporcionada a los encargados de suministrar el tratamiento y nivel de dificultad a los usuarios.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de León por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo.

REFERENCIAS

1. [1] Gonzalez, K. D. Envejecimiento demográfico en México: análisis comparativo entre las entidades federativas. Recuperado el 18 de Julio del 2020, http://www.omi.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/2701/1/images/06_envejecimiento.pdf
2. [2] Alzheimer's Disease International. World Alzheimer Report 2019. Recuperado el 10 de Julio del 2020, <https://www.alz.co.uk/research/WorldAlzheimerReport2019.pdf>
3. [3] Cummings, J. L., & Cole, G. Alzheimer disease. *Jama*. 2002, 287(18), 2335-2338.
4. [4] León, F. G., Hernández, L. M., Martínez, J. M. A., & Meilán, J. J. G. La influencia de la emoción en la memoria como índice para el diagnóstico temprano del Alzheimer. *Alzheimer: Realidades e investigación en demencia*. 2011, (48), 33-38.
5. [5] Morris, C. G., & Maisto, A. A. Introducción a la Psicología. Pearson Educación. 2005.
6. [6] Picard, R. W. Affective computing. MIT press. 2000.
7. [7] Liu, H., & Chen, S. M. Multi-stage mixed rule learning approach for advancing performance of rule-based classification. *Information Sciences*. 2019, 495, 65-77.
8. [8] Navarro, J. Zamudio, V., Baltazar, R., Lino, C., D'íaz, C., & Doctor, F. Towards Game Based Monitoring and Cognitive Therapy for Elderly using a Neural-Fuzzy approach. Mexican International Conference on Computer Science. 2013
9. [9] Rodríguez, B., Marrón, E. Estimulación cognitiva por ordenador. 2009.
10. [10] Matiko, J. W., Beeby, S. P., & Tudor, J. Fuzzy logic based emotion classification. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2014.
11. [11] Pawar, P. M., & Ganguli, R. Fuzzy-logic-based health monitoring and residual-life prediction for composite helicopter rotor. *Journal of Aircraft*, 44(3), 981-995. 2007.
12. [12] Passino, K. M., Yurkovich, S., & Reinfrank, M.). Fuzzy control (Vol. 42, pp. 15-21). Menlo Park, CA: Addison-wesley.1998.
13. [13] Cruz-Parada, P., Zamudio, V., Navarro, J., Doctor, F., Lino, C., Hernández, D. A. G., & Baltazar, R. Identification and Analysis of Emotions in a Game Based Therapy for Patients with Cognitive Impairment. In *Intelligent Environments (Workshops)* (pp. 506-515). Therapy for Patients with Cognitive Impairment. 2018.
14. [14] Ekman, P. An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, 6(3-4), 169-200. 2008.

15. [15] Scherer, K. R. Emotions as episodes of subsystem synchronization driven by nonlinear appraisal processes. *Emotion, development, and self-organization: Dynamic systems approaches to emotional development*, 7099. 2000.
16. [16] Freudenberger, H. J., & Richelson, G. *Burn-out: The high cost of high achievement*. Bantam Books. 1981.
17. [17] Mostafa, M., Crick, T., Calderon, A. C., & Oatley, G. Incorporating emotion and personality-based analysis in user-centered modelling. In *International conference on innovative techniques and applications of artificial intelligence* (pp. 383-389). 2016.
18. [18] Nathanson, L., Rivers, S. E., Flynn, L. M., & Brackett, M. A. Creating emotionally intelligent schools with RULER. *Emotion Review*, 8(4), 305-310. 2016.

Acerca de los autores



Isis del Razo Hernández, obtuvo el título de Ingeniero en Tecnologías de la Información y Comunicaciones por el Tecnológico Nacional de México Campus Roque en el 2019. Actualmente cursa la Maestría en Ciencias de la Computación en su segundo año dentro de la División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Tecnológico Nacional de México Campus León. Recientemente se encuentra trabajando con lógica difusa y reconocimiento de emociones.



Carlos Lino Ramírez, profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) del Tecnológico Nacional de México / I. T. de León. Doctorado en Arquitectura y Tecnología de los Sistemas Informáticos por la Universidad de Valencia, España (2012). Maestro en Ciencias en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico de León (1999). Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de León (1996). Ha tenido varios cargos administrativos en el Instituto Tecnológico de León, como: jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (2015-2017), subdirector académico del (2006-2007), jefe del departamento académico de Sistemas y Computación (2004-2006), entre otros. Ha publicado sus trabajos de investigación en diversos congresos internacionales en España, Italia, Alemania y México. Sus áreas de investigación son Inteligencia de Ambiente, Algoritmos de Encaminamiento y Redes de Sensores Inalámbricas.



Diego Martínez Castro, Profesor Investigador del Departamento de Automática y Electrónica de la Universidad Autónoma de Occidente. Doctor en Automática, Robótica e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Magister en Automática de la Universidad del Valle, Colombia. Ingeniero Electrónico de la Universidad Autónoma de Occidente, Colombia. Sus aportes de investigación han sido principalmente en arquitecturas para cómputo distribuido, balanceando potencia de consumo y retrasos en la generación de acciones en aplicaciones de tiempo real. Las aplicaciones de sus trabajos se han orientado principalmente al desarrollo de sistemas de procesamiento digital de señales y de control en contextos industriales y de la salud. Los resultados de estos trabajos han sido publicados en más de 30 artículos científicos y la oficina de patentes colombiana le concedió patente de invención a dos de sus desarrollos



Víctor Manuel Zamudio Rodríguez, profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) del Tecnológico Nacional de México / I. T. de León. Doctorado en Ciencias de la Computación por la Universidad de Essex, Reino Unido. Maestro en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico de Monterrey, México. Licenciado en Física y Matemáticas por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Sus áreas de interés es la aplicación de métodos de Inteligencia Artificial como la inteligencia ambiental, robótica, informática móvil, educación, salud, realidad mixta, etc. También está interesado en la innovación y el emprendimiento, el aprendizaje basado en proyectos, el prototipado de ciencia ficción y las artes más la tecnología.



David Asael Gutiérrez Hernández, ha tenido varios cargos administrativos en el Instituto Tecnológico de León, como: jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación y profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) del Tecnológico Nacional de México / I. T. de León. Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la Universidad de Guanajuato, Maestro en Ciencias (óptica) por el Centro de Investigaciones en Óptica, Doctor en Física por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Investigador Nacional Nivel 1 y Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de León. Investigador en el área de metrología óptica con trabajos realizados referentes a pruebas ópticas no destructivas para caracterización de propiedades mecánicas de materiales, procesamiento digital de imágenes y en optoelectrónica aplicada al monitoreo no invasivo de enfermedades crónico-degenerativas y neuro-degenerativas. Ha sido ganador del premio de innovación tecnológica Guanajuato 2010 y 2012, así como del premio Nacional de la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica 2013 por sus trabajos de optoelectrónica aplicada a la ingeniería biomédica.