



## Sistema de apoyo al diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos

### Support system for remote diagnosis of genetic diseases based on diffuse cognitive maps

Yadira Barroso Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera en Ciencias Informáticas. Máster en Informática Aplicada. Profesor Asistente. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. [ybarroso@uci.cu](mailto:ybarroso@uci.cu)

**Recibido:** 27 de abril de 2017

**Aprobado:** 17 de agosto de 2017

## RESUMEN

**Introducción:** el proceso de toma de decisiones médicas es complejo, ya que, a menudo, los datos médicos y la información pueden ser imprecisos, contradictorios, ausentes o no fáciles de interpretar.

**Objetivo:** desarrollar un sistema de apoyo al diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos que permita mejorar la calidad de los servicios de salud en la Red Nacional de Genética Médica.

**Método:** es una investigación aplicada con intervención tecnológica que implementa un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en mapas cognitivos difusos.

**Resultados:** se presenta un sistema para la toma de decisiones, que facilita el análisis de diagnóstico médico, como parte de los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto.

**Conclusiones:** se obtuvo un sistema que permitió evaluar signos clínicos presentados en los pacientes, mayor organización de la información a recoger, mejorar la rapidez de los diagnósticos y la conducta a seguir, pudiendo recibir la atención en centros de salud distantes sin necesidad de ser trasladados, lo cual conllevaría a una reducción en los costos por concepto de transporte, gastos de viaje, combustible y del tiempo en que recibe los beneficios de la atención sanitaria.

**DeCS:** DIAGNÓSTICO; GENÉTICA;  
BASES DE DATOS GENÉTICAS;  
INVESTIGACIÓN GENÉTICA.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** the medical decision-making process is complex, since medical data and information can often be inaccurate, contradictory, absent or not easy to be interpreted.

**Objective:** to develop a support system for the remote diagnosis of genetic diseases based on diffuse cognitive maps that allow improving the quality of health services in the National Network of Medical Genetics.

**Method:** it is an applied research with technological intervention that implements a system of decision-making support based on diffuse cognitive maps.

**Results:** a system for decision-making is presented, which facilitates the analysis of medical diagnosis, as part of the results obtained with the development of the project.

**Conclusions:** a system was obtained that made possible to evaluate clinical signs presented in the patients, greater organization of the information to be collected, to improve the speed of the diagnoses and the procedures to be followed, being able to give care in distant health centers without needing to be transferred, which would lead to a reduction in transportation costs, travel expenses, liquid fuels, as well as the time the benefits of health care are provided.

**DECS:** DIAGNOSIS; GENETICS;  
DATABASES, GENETIC; GENETIC  
RESEARCH.

---

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de tomar decisiones en un mundo cada vez más complejo y en continua transformación, puede llegar a ser muy desconcertante, por la imposibilidad de asimilar toda la información necesaria para adoptar la decisión más adecuada. El proceso de toma de decisiones médicas es complejo, ya que, a menudo, los datos médicos y la información pueden ser imprecisos, contradictorios, ausentes o no fáciles de interpretar. Por lo tanto, el médico tiene que tener en cuenta una gran cantidad de datos e información de fuentes interdisciplinarias (datos de los pacientes, el examen de los médicos, la evaluación física, pruebas de laboratorio), para alcanzar la solución más adecuada <sup>1</sup>. De ahí que seleccionar la representación correcta de la información relacionada con el paciente es un factor clave del éxito.

Los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) resultan apropiados para describir objetos y situaciones imprecisas que mediante la representación de conocimiento y razonamiento aproximado se pretenden modelar <sup>2,3</sup>. Fueron desarrollados por Kosko en 1984, como una variante de los Mapas Cognitivos al considerar la aplicación de la Lógica Difusa en la cuantificación difusa de los nodos que representan conceptos, los arcos que enlazan los nodos de una red mediante "grados de pertenencia" y los umbrales difusos usados como indicador de control para alterar el valor de los nodos. A través de estos elementos se expresa el "razonamiento casual" que se utiliza en escenarios de toma de decisiones, movimiento en entornos virtuales <sup>4-6</sup> y la representación de conocimiento. Actualmente son un campo abierto de investigación, desarrollo y aplicación en la toma de decisiones para el diagnóstico médico <sup>7</sup>.

En los últimos años, dada la disminución de las enfermedades infectocontagiosas y nutricionales, han aumentado las de causa genética y con ellas también ha

crecido la demanda de los servicios genéticos <sup>8</sup>.

Con un programa dirigido a la formación de asesores genéticos y creación de servicios de genética se inaugura el 5 de agosto de 2003, a propuesta del Comandante en Jefe, el Centro Nacional de Genética Médica (CNGM) que tiene dentro de sus funciones principales las investigaciones básicas y aplicadas en el campo de la Genética Médica, la Inmunología, la Bioquímica y otras disciplinas afines dirigidas a la obtención de nuevos conocimientos, evaluación y desarrollo de nuevas tecnologías, productos y procedimientos de trabajo, con el fin de mejorar los niveles de salud de nuestro pueblo y disminuir el impacto de las enfermedades con implicación genética en el cuadro de la morbimortalidad del país y realizar aportes al desarrollo de estas ramas de las ciencias, teniendo en cuenta las potencialidades que se derivan de su integración <sup>9,7</sup>. A partir de este momento comienza una nueva y revolucionaria etapa en el desarrollo de la genética médica en nuestro país y su extensión a todas las áreas de salud con el objetivo de elevar la calidad de los servicios genéticos.

Las enfermedades genéticas, aunque en su conjunto son abundantes, individualmente son raras, lo que hace difícil su identificación. El médico para el diagnóstico se basa en su conocimiento, la revisión de la literatura y el intercambio con otros especialistas. Si esta información no le es suficiente remite al paciente a niveles superiores que cuentan con mayor número de recursos y equipamiento médico, pero esta decisión que requiere de su traslado, constituye un proceso engorroso para los que presentan patologías que imposibilitan sus funciones motoras, y aquellas familias con problemas económicos. Además, estas enfermedades se consideran poco comunes, de difícil diagnóstico, están relacionadas con la conducta, poseen elementos subjetivos, existe sobre diagnóstico de las mismas, pueden ser mortales o provocar un debilitamiento crónico del paciente, no se manifiestan

igual en cada individuo por lo que se les atribuye numerosos signos clínicos y que, debido a su escasa prevalencia, requieren esfuerzos combinados para tratarlas. Por lo cual se hace complejo un diagnóstico preciso solamente con la experiencia del genetista <sup>10</sup>.

En el mundo existen aplicaciones que recogen el conocimiento de numerosos expertos en el área de enfermedades genéticas, las cuales disponen de una gran base de datos. Pero Cuba no puede hacer uso de estas, porque el software y sus actualizaciones requieren de grandes sumas de dinero y su volumen es completamente en inglés. Por otra parte, debido a que las enfermedades genéticas tienen características especiales en otros familiares, es importante el estudio de varios miembros de la familia, resultando imprescindible en muchos casos la valoración integral en la propia área de salud del paciente.

Con el desarrollo de las tecnologías, se decidió usar el correo electrónico para la interacción entre los genetistas. Esta solución no cumplió las expectativas deseadas, debido a que las consultas se hacían de manera informal y no contaban con la información suficiente para proporcionarle al especialista la visión real de la situación del paciente. Además, muchas veces, el gran número de solicitudes saturaba el buzón de correo de los especialistas, imposibilitándolos de ofrecer la atención requerida a cada caso de acuerdo a su prioridad. Estas desventajas provocaron que dicha solución cayera en desuso, retomándose la remisión de los pacientes.

Partiendo de la problemática planteada se define como objetivo de la investigación: Desarrollar un sistema de apoyo al diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos que permita mejorar la calidad de los servicios de salud en la Red Nacional de Genética Médica.

---

## MATERIAL Y MÉTODO

El trastorno del espectro autista (TEA) se considera una de las condiciones más raras que afecta el sistema neurológico y el comportamiento general de muchos infantes, este es una gama de trastornos complejos del neurodesarrollo, caracterizado por impedimentos sociales, dificultades en la comunicación, y patrones de conducta estereotípicos, restringidos y repetitivos. Se manifiesta en los tres primeros años de vida, y tiene incidencia mundial de 15 por cada 10 mil nacimientos.

En el mundo contemporáneo se reporta un incremento significativo del número de casos, específicamente en los países desarrollados las tasas han crecido en pocos años de 16 por 100 mil habitantes hasta 30 por 10 mil.

En Cuba a pesar de exhibir indicadores de salud comparables con los de naciones del primer mundo solo se reporta una incidencia de uno por cada 100 mil habitantes y actualmente posee cerca de 300 personas con ese trastorno evidenciándose que es poco frecuente, pero es preciso destacar que el autismo varía ampliamente en gravedad y síntomas y puede pasar sin ser reconocido, especialmente en los niños levemente afectados o cuando está enmascarado por impedimentos físicos más debilitantes.

Los niños con TEA parecen tener un riesgo mayor que lo normal de tener ciertas afecciones concomitantes, inclusive el síndrome de X frágil (que causa retraso mental), esclerosis tuberosa (en la que crecen tumores en el cerebro), convulsiones epilépticas, síndrome de Tourette, trastornos del aprendizaje, y el trastorno por déficit de la atención; por lo que es necesario conformar una estrategia personalizada, pues aun cuando existen principios de tratamiento generales, hay que readecuar los modos de actuación según la etapa del desarrollo, potencialidades y grado específico de las alteraciones de los pacientes.

Por la situación planteada anteriormente la investigación fue aplicada al diagnóstico a distancia de pacientes que presentan sintomatologías de TEA. El sistema de apoyo al diagnóstico a distancia propuesto para enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos en su versión 1.0 tiene como premisas:

La primera vez que un especialista desea realizar una solicitud de un caso debe aceptar el código de ética.

Los especialistas del nivel municipal solo pueden consultar con los especialistas del nivel provincial, y los de este último con los del nivel nacional.

Solo puede realizarse el diagnóstico a distancia de un caso entre el nivel provincial y el nacional si se ha efectuado con anterioridad entre el nivel municipal y el provincial.

Para realizar el diagnóstico a distancia de un caso tiene que existir la historia clínica genética del paciente.

Durante el diagnóstico a distancia de un caso no se manejan los datos de identificación del paciente, el cual permanece incógnito para el que evacua la duda.

En el sistema se establecerá una solicitud de discusión de casos que contenga los aspectos más significativos que se requieren a la hora de obtener un diagnóstico para enfermedades genéticas, automatizándose el proceso de llenado, almacenamiento y autorización de las mismas, y el establecimiento del momento de la consulta. Se permitirá la comunicación entre los usuarios definidos con anterioridad para participar, teniendo en cuenta los niveles de escalabilidad establecidos en el proceso de comunicación, es decir, del nivel primario al secundario, y de necesitarse, de este último al terciario, que constituye el nivel superior donde se cuenta con una mayor cantidad de recursos para dar solución a la mayoría de los casos.

En todo momento los participantes dispondrán de los datos de la solicitud correspondiente al caso. Igualmente se especifican los síntomas presentes en el paciente y el sistema sugiere la presencia o no de la enfermedad, para ello se hace uso de la representación del conocimiento mediante MCD y su inferencia causal. A los efectos de la discusión se utilizará Internet Relay Chat (IRC), que se acoplarán al sistema de modo tal que solo se permita su uso en el momento definido para la discusión del caso y por las personas autorizadas a participar en el intercambio. Finalmente se decide la conducta a seguir con el paciente y se elabora un informe final.

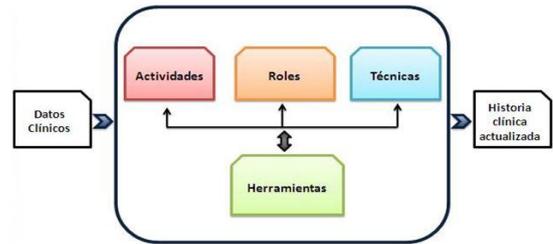
Para el desarrollo del sistema se definieron tres roles que intervienen en el diagnóstico a distancia de un caso que presente una enfermedad genética que son coordinador, solicitante y participante.

El sistema tiene como entrada los datos clínicos del paciente que están recogidos en su historia clínica genética.

Posteriormente se realizan las siguientes actividades:

1. Realizar la solicitud para la discusión de un caso.
2. Autorizar las solicitudes de casos a discutir.
3. Planificar la discusión de casos autorizados.
4. Iniciar la discusión de un caso.
5. Definir el diagnóstico.
6. Decidir la conducta a seguir con el caso.
7. Elaborar el informe final.

Una vez ejecutadas se obtiene como salida la actualización de la historia clínica del paciente.



**Gráfico 1.** Representación gráfica del sistema.

## RESULTADOS

### Descripción de las actividades que componen el sistema

#### Realizar la solicitud para la discusión de un caso.

Objetivo: Solicitar la discusión de un caso.

Rol: Solicitante

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN

Entrada: Los datos del paciente recogidos en su historia clínica.

Salida: Solicitud del caso a discutir registrada.

Después de realizar la consulta de primer nivel, revisando en la historia clínica y luego de haber realizado una exploración física integral, y habiendo practicado y analizado los exámenes de laboratorio que amerite el paciente, el máster en asesoramiento genético determina que tiene dudas en el diagnóstico del paciente por lo que decide remitirlo al nivel superior y por lo tanto requiere una interconsulta a distancia.

Para ello el médico selecciona la opción Realizar Solicitud de Caso a Discutir. Se muestra la página donde se busca el paciente sobre el que se llenará la solicitud, primeramente, se introducen los parámetros de búsqueda y al mostrarse todos los pacientes existentes en la base de datos se seleccionan el deseado. Una vez que se seleccione el paciente buscado, se muestra la página nueva solicitud.

Finalmente, después de haber introducido todos los datos quedará registrada la solicitud del caso.

### **Autorizar las solicitudes de casos a discutir**

Objetivo: Aprobar o denegar las solicitudes realizadas para discutir un caso.

Rol: Coordinador

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN

Entrada: Las solicitudes registradas de los casos a discutir.

Salida: Listado de solicitudes aprobadas o denegadas.

Esta actividad está dedicada a la identificación y aprobación de las solicitudes con mayor nivel de urgencia. Para ello se muestra el listado de las solicitudes en espera de aprobación, siguiendo un criterio de ordenamiento según el tipo de urgencia y la fecha de solicitud, brindando la atención requerida a un caso según su prioridad. El coordinador deberá seleccionar la(s) que desea aprobar o denegar. En caso de que no sea aprobada se permitirá enviar una notificación de negación al solicitante explicando sus motivos.

### **Planificar la discusión de casos autorizados**

Objetivo: Realizar la planificación para la discusión de los casos autorizados.

Rol: Coordinador

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN

Entrada: Listado de las solicitudes aprobadas.

Salida: Listado de los casos a discutir planificados.

Se muestra un listado de los casos sin planificar. De acuerdo al horario disponible en el centro, el coordinador planifica la discusión del caso para un día establecido, determina los especialistas que participarán en el debate, enviando una citación a cada uno de los participantes con los datos del caso a discutir.

### **Iniciar la discusión de un caso**

Objetivo: Comenzar la discusión de un caso para valorar.

Roles: Solicitante, Coordinador, Participante.

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN.

Entrada: Listado de los casos a discutir planificados para el día.

Salida: Sala de conversación

Se muestra el listado de los casos a discutir para el día ordenados por la hora de inicio de la discusión. Se selecciona el caso que debe ser debatido mostrándose la opción para iniciar el debate. Luego comienza la discusión del caso con la interacción médico-médico existiendo el intercambio de opiniones entre los genetistas a través del IRC. Es necesario aclarar que a un médico solo se le

muestran los casos en los que él debe participar.

### **Definir el diagnóstico**

Objetivo: Proveer un acercamiento al diagnóstico más probable.

Roles: Solicitante, Coordinador, Participante

Técnica utilizada: Mapas cognitivos difusos.

Herramienta utilizada: Herramienta para la simulación y análisis de mapas cognitivos difusos.

Entrada: Listado de los signos clínicos del paciente.

Salida: Listado de posibles diagnósticos.

Una vez iniciado el debate entre los especialistas se especifican los síntomas presentes en el paciente para determinar su posible diagnóstico, para ello se hace uso de la representación del conocimiento mediante MCD y su inferencia causal <sup>11</sup>. A partir de esta información los especialistas pueden realizar el análisis estático del MCD para determinar los síntomas más significativos, ayudando de esta forma a perfilar el cuadro clínico del paciente.

Luego se realiza el análisis dinámico del MCD donde se determinan los vectores de entrada que representan los síntomas del paciente. Los valores incluidos en estos vectores representan la activación inicial de los distintos nodos (síntomas en este caso), 1 si está presente, 0 si está ausente y de 0.1 a 0.9 su posible presencia.

Con posterioridad se simulan los distintos escenarios generados. Durante el proceso se realizan inferencias que estiman la variación del estado de los nodos obteniéndose un vector resultante de la simulación. El valor del nodo de decisión se toma para predecir o no la presencia de la enfermedad.

### **Decidir la conducta a seguir con el caso.**

Objetivo: Determinar la continuidad que se le dará al caso valorado.

Roles: Solicitante, Coordinador

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN.

Entrada: Historial de la discusión.

Salida: Resumen de la discusión de un caso.

Cuando el debate finaliza el coordinador oprime el botón finalizar y se le muestra al solicitante de la discusión del caso una página para que llene los datos referentes al resumen del debate. Luego se decide si el caso valorado quedó resuelto, si se pospone o si se remite para el nivel superior.

En todos los casos se guarda el historial de la discusión, un resumen de lo discutido, el diagnóstico, que puede ser definitivo o no, las recomendaciones y los especialistas que participaron.

### **Elaborar el informe final**

Objetivo: Realizar el informe final del caso discutido

Roles: Solicitante, Coordinador

Herramienta utilizada: Sistema Informático de Genética Médica: alasMEDIGEN

Entrada: Resumen de la discusión de un caso

Salida: Informe del caso discutido

Se confecciona un informe del caso que proporciona la información más relevante relacionada con el paciente. Una vez constituido el informe del caso se almacena para que el mismo sea utilizado como caso de estudio en las investigaciones de los genetistas y se

actualiza la historia clínica del paciente como si fuera una consulta más.

## DISCUSIÓN

Para validar los resultados se utilizó pruebas de aceptación con el objetivo de medir satisfacción a partir de los criterios evaluados por los usuarios. Las pruebas consistieron en realizar un cuestionario a 17 especialistas del CNGM.

Con la finalidad de determinar el índice de satisfacción personal y grupal de los especialistas se aplicó la Técnica de V. A. Iadov<sup>12,13</sup>. El análisis de las respuestas se realizó mediante el "Cuadro lógico de V. A. Iadov" (Tabla 1), el cual expresa una relación de las posibles respuestas a las tres preguntas cerradas.

**Tabla 1.** Cuadro lógico de V. A. Iadov.

	1. ¿Considera que el sistema de apoyo al diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos mejora la calidad de los servicios genéticos?								
	No			No sé			Si		
6. ¿Satisface sus necesidades el sistema propuesto?	3. ¿Si usted requiere agilizar el proceso de diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas emplearía el sistema propuesto?								
	Si	No sé	No	Si	No sé	No	Si	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

De esta forma, para cada especialista se puede determinar en qué lugar de la siguiente escala se encuentra:

6. Clara satisfacción
5. Más satisfecho que insatisfecho.
4. No definida.
3. Más insatisfecho que satisfecho.

2. Clara insatisfacción.
1. Contradictoria.

Luego de aplicado el instrumento, el nivel de satisfacción individual de los usuarios con el sistema fue de un máximo de satisfacción en el 65% de los especialistas encuestados y el 35% manifestaron que se encontraban más satisfechos que insatisfechos.

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG) se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la siguiente escala numérica:

- (+1) Máximo de satisfacción.
- (+0,5) Más satisfecho que insatisfecho.
- (0) No definido y contradictorio.
- (-0,5) Más insatisfecho que satisfecho.
- (-1) Máxima insatisfacción.

Este índice de satisfacción grupal se calculó según la fórmula:

$$ISG = \frac{A(+1)+B(+0.5)+C(0)+D(-0.5)+E(-1)}{N}$$

Donde A, B, C, D y E son el número de especialistas con las categorías 1; 2; 3 ó 6; 4 y 5 de satisfacción personal, y N la cantidad total de especialistas encuestados.

Este ISG puede oscilar entre (+1) y (-1). Esto permite reconocer las categorías grupales:

1. Insatisfacción: desde (-1) hasta (-0,5)
2. Contradictorio: desde (-0,49) hasta (+0,49)
3. Satisfacción: desde (+0,5) hasta (1)

El ISG obtenido es el siguiente:

$$ISG = \frac{11(+1)+6(+0.5)+0(0)+0(-0.5)+0(-1)}{17} = 0,823$$

Como se aprecia, el ISG es 0,823 lo que significa una clara satisfacción con la propuesta y reconocimiento de su utilidad para mejorar la calidad de los servicios genéticos.

---

## CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas computacionales inteligentes como apoyo a la decisión clínica permiten que sistemas de esta naturaleza puedan ser de gran utilidad tanto para médicos con experiencia como para aquellos con poca o ninguna práctica en el área.

La utilización de los MCD facilitaría la representación del conocimiento en el campo de la genética médica.

En base a las características de los sistemas que apoyan al diagnóstico médico y el análisis de técnicas de inteligencia artificial en la medicina se desarrolló un sistema de apoyo para el diagnóstico a distancia de enfermedades genéticas basado en mapas cognitivos difusos.

La aplicación de la técnica de Iadov proporcionó el nivel de satisfacción de los usuarios con el sistema evidenciando la posibilidad de su implantación en la Red Nacional de Genética Médica.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chrysafiadi K., Virvou M. *Fuzzy Logic for Adaptive Instruction in an E-learning Environment for Computer Programming*. Fuzzy Systems, IEEE Transactions [internet] on 2015 feb [cited 2017 oct 17]; 23(1): [aprox.13.p.]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6763091/>

2. Aguilar J., Survey A. *About Fuzzy Cognitive Maps Papers*. INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONAL COGNITION [internet] 2005 [cited 2017 oct.17];3(2): Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.2446&rep=rep1&type=pdf>

3. Leyva M. , Rosado R. *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información [internet] 2012 [cited 2017 oct. 17]; 43(2):[aprox.5p]. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181423798006>

4. Mar O., S. I, Gulín J. *Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map*. REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL [internet] 2017 [cited 2017 oct 17];38(2):[Aprox.8p.]. Available from: <http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/fileadmin/rev-inv-ope/files/38217/38217-07.pdf>

5. Contreras J., Paz P, Amaya D. *Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps*. International Journal of Computational Intelligence Research [internet] 2007 [cited 2017 oct. 17];3(2):[Aprox.5p.]. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/5f37/07892c560c47608fe95d630989f20a5a745b.pdf>

6. Leyva M. *Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en Mapas Cognitivos Difusos*. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas ;2013.Available from: [https://www.researchgate.net/publication/263221297\\_MODELO\\_DE\\_AYUDA\\_A\\_LA\\_TOMA\\_DE\\_DECISIONES\\_BASADO\\_EN\\_MAPAS\\_COGNITIVOS\\_DIFUSOS](https://www.researchgate.net/publication/263221297_MODELO_DE_AYUDA_A_LA_TOMA_DE_DECISIONES_BASADO_EN_MAPAS_COGNITIVOS_DIFUSOS)

7. Grau I. , Gonzalo N. *Mutating HIV protease protein using Ant Colony Optimization and Fuzzy Cognitive Maps: drug susceptibility analysis*. Computacion y Sistemas[internet] 2014 [cited 2017 oct 17];18(1):[Aprox.12p.]. Available from:

<http://www.cys.cic.ipn.mx/ojs/index.php/CyS/article/view/1587>

8. González J., Mar O. *Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación*. Publicaciones[internet] 2015 [cited 2017 oct 17 ];8(1):[Aprox.13]. Available from:

[https://www.redib.org/recursos/Record/oai\\_articulo983540-algoritmo-clasificacion-genetica-generacion-reglas-clasificacion](https://www.redib.org/recursos/Record/oai_articulo983540-algoritmo-clasificacion-genetica-generacion-reglas-clasificacion)

9. Médica C.N.d.G. *Portal de la Genética Cubana*; 2015. Available from:

<http://articulos.sld.cu/genetica/archives/tag/genetica>

10. Pedrycz W. , Homenda W. *From Fuzzy Cognitive Maps to Granular Cognitive Maps*. Fuzzy Systems, IEEE Transactions [internet] on 2014 [cited 2017 oct. 17]; 22( 4):[Aprox.10p.] . Available from:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/6576138/>

11. Mar O.,Leyva M.,Santana I. *Modelo multicriterio multiexperto utilizando Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias*. Ciencias de la Información[internet] 2015 [cited 2017 oct 17]; 46( 2):[Aprox.6p.]. Available from:

<http://www.redalyc.org/html/1814/181441052004/>

12. LÓPEZ R., MAURA G.*La técnica de Iadov. Una aplicación en el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de Educación Física*. Revista Digital[internet] Abril 2002[citado 2017 oct 17]; 47(202). Available from: <http://www.efdeportes.com/efd47/iadov.htm>

13. Bouza C. *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en contabilidad, administración, economía*; 2016. Available from:

[https://www.researchgate.net/publication/303551295\\_METODOS\\_CUANTITATIVOS\\_PARA\\_LA\\_TOMA\\_DE\\_DECISIONES\\_EN\\_CONTABILIDAD\\_ADMINISTRACION\\_ECONOMIA](https://www.researchgate.net/publication/303551295_METODOS_CUANTITATIVOS_PARA_LA_TOMA_DE_DECISIONES_EN_CONTABILIDAD_ADMINISTRACION_ECONOMIA)



**Yadira Barroso Rodríguez:**  
Ingeniera en Ciencias Informáticas.  
Máster en Informática Aplicada. Profesor Asistente. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. ***Si usted desea contactar con el autor de la investigación hágalo [aquí](#)***