

## Modelo del Estudiante basado en la Lógica Difusa

Constanza R. Huapaya<sup>(1)</sup>, Francisco A. Lizarralde<sup>(1)</sup>, Jorge R. Vivas<sup>(2)</sup>,  
Marcela P. Gonzalez<sup>(2)</sup>, Leonel Guccione<sup>(3)</sup>, Graciela M. Arona<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial / Departamento de  
Matemática / Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Mar del Plata  
Juan B. Justo 4302, T.e. 02234816600  
[constanza.huapaya@gmail.com](mailto:constanza.huapaya@gmail.com), [francisco.lizarralde@gmail.com](mailto:francisco.lizarralde@gmail.com), [grarona@fi.mdp.edu.ar](mailto:grarona@fi.mdp.edu.ar)

<sup>(2)</sup>Grupo de Investigación en Psicología cognitiva y educacional (del Centro de  
investigación en procesos básicos, metodología y educación) / Facultad de  
Psicología / Universidad Nacional de Mar del Plata  
Complejo Universitario - Funes 3250 - Cuerpo V, T.e. 0223) 475- 2526  
[jvivas53@gmail.com](mailto:jvivas53@gmail.com), [mpgonza@mdp.edu.ar](mailto:mpgonza@mdp.edu.ar)

<sup>(3)</sup>Universidad Tecnológica Nacional /Regional Mar del Plata  
[leonel.guccione@gmail.com](mailto:leonel.guccione@gmail.com)

### Resumen

El modelo del estudiante representa las características individuales de los alumnos, especialmente las cognitivas. El estado cognitivo no puede ser observado y medido directamente. Su medición presenta gran dificultad debido, entre otros motivos, a la incertidumbre originada en el enfoque interpretativo que hace el docente sobre la actividad del estudiante y a la imperfección de la información que se adquiere. Uno de los enfoques con el que se trata la incertidumbre es la Lógica Difusa. Nuestra investigación tratará esta problemática mediante el desarrollo de un **modelo difuso del estudiante**.

La estructura del modelo del estudiante comprenderá un modelo perturbación para representar las etapas del conocimiento del estudiante. El modelo de perturbación es una red de nodos donde cada nodo puede representar un

concepto, un procedimiento, etc. A cada nodo se le asociará uno de 4 conjuntos difusos (esto es, los términos lingüísticos *no-aprendido*, *insatisfactorios*, *conocidos* y *aprendidos*). La asignación de esos términos lingüísticos se hará con un sistema de inferencia difusa. Además se usarán estereotipos para representar las características de grupos de estudiantes determinados con clustering difuso. El modelo del estudiante será usado para inferir el estado cognitivo dentro de un sistema de evaluación y decidir el material didáctico.

**Palabras clave:** modelo del estudiante, diagnóstico cognitivo, lógica difusa.

### Contexto

La investigación descrita en esta presentación se desarrolla en el marco del Proyecto "Modelo Difuso del Estudiante" perteneciente al Departamento de

Matemática de la Facultad de Ingeniería (integrante del Centro de Investigación en Procesos Básicos, Metodologías y Educación (CIMEPB, Facultad de Psicología UNMDP) y presentado a la Universidad Nacional de Mar del Plata.

## Introducción

Self [1] sostenía que el modelado del estudiante es un proceso orientado a representar aspectos cognitivos del estudiante, tales como, el análisis del rendimiento, examinar sus errores, representar sus objetivos, identificar el conocimiento previo y adquirido, y describir sus características personales. Se percibe que un factor crucial para el diseño de un sistema educativo es la construcción de modelo del estudiante efectivo. El modelado del estudiante puede definirse como el proceso de reunir información relevante a fin de inferir el estado cognitivo actual y representarlo de manera tal que sea accesible y útil para la adaptación [2].

Las características de los estudiantes que usualmente se representan en el modelo del estudiante incluyen, nivel de conocimiento, habilidades, estilos y preferencias de aprendizaje, errores y motivación. Existen varias estrategias para construir un modelo del estudiante [3]. A continuación se presentan las más relevantes:

1. *Modelo overlay*: representa el conocimiento del estudiante bajo la hipótesis de que un estudiante posee conocimiento parcial, pero correcto con respecto al área del conocimiento en estudio. La diferencia entre el conocimiento del experto y del estudiante es la falta de habilidades y conocimiento del estudiante. El objetivo es tratar de eliminar esa diferencia tanto como sea posible. El dominio se descompone en un conjunto de elementos (que pueden ser conceptos o tópicos). En el modelo overlay puro, cada elemento se marca como aprendido o no aprendido. En su versión moderna, el modelo representa el grado de dominio que tiene el estudiante sobre cada tópico usando una medida cualitativa.
2. *Estereotipos*: se reúne en varios grupos (= estereotipos, = clusters) a los estudiantes que comparten características comunes. Un nuevo estudiante es asignado al estereotipo que mejor se ajuste a sus características individuales. La ventaja de esta estrategia es que la información sobre un estudiante particular será inferido desde el estereotipo tanto como sea posible sin un proceso de extracción de información para cada usuario fuera del grupo.
3. *Perturbación*: es una extensión del modelo overlay que representa el conocimiento del estudiante incluyendo los errores o conocimiento incorrecto. Este modelo es útil para el diagnóstico cognitivo.
4. *Machine learning* (aprendizaje de máquina): se basan en técnicas de la Inteligencia Artificial. Se usa para para lograr observaciones automatizadas de las acciones de los estudiantes así como la inducción automática.
5. *Redes bayesianas*: en la red bayesiana, como grafo acíclico, los nodos representan variables y los arcos representan dependencias probabilística o causales entre las variables. En el modelado del estudiante los nodos pueden representar conocimiento, errores, emociones, estilos de aprendizaje, motivación, etc. Muchos de los modelos están centrados en un experto

y es este el que define las dependencias probabilísticas.

6. *Modelo difuso del estudiante*: esta estrategia trata a la incertidumbre originada en la imperfección de la información sobre la actividad del estudiante con Lógica Difusa [4,5,6,7,8].

Cada una de las estrategias vistas puede usarse individualmente o combinarse entre ellas dando lugar a modelos del estudiante híbridos según los requerimientos de diseño del sistema donde estará integrado.

Descubrir el modelo del estudiante es un trabajo similar a la tarea de un médico, en el sentido de deducir un estado escondido (fisiológico) a partir de signos observables del paciente; en el caso de los alumnos, explorar el conocimiento del alumno es examinar el estado cognitivo oculto (características del aprendizaje del estudiante) a partir del comportamiento observable [9]. Este proceso de exploración e inferencia se denomina diagnóstico cognitivo [2].

La investigación del estado cognitivo presenta gran dificultad debido, entre otros motivos, a la *incertidumbre*. La incertidumbre nace de la falta de información del mundo real para decidir si la sentencia que constituye la información es verdadera o falsa [10]. La incertidumbre es una propiedad de la relación entre la información y nuestro conocimiento de la realidad. En este contexto, la adquisición de información sobre la actividad del estudiante es escasa (exámenes parciales y finales) y por lo tanto incide en la medición del estado cognitivo del estudiante. Uno de los enfoques con el que se trata la incertidumbre es la Lógica Difusa [11,12,13,14].

Además, el grado de profundidad en la adquisición de habilidades cognitivas varía durante el aprendizaje. Examinar la actividad del estudiante permite, además del propósito de asignar una nota, la obtención de valiosa información sobre las necesidades educativas de cada examinado. En lugar de recibir solamente una nota (evaluación sumativa), sería sumamente enriquecedor que los estudiantes reciban un perfil especificando los conceptos y habilidades adquiridas y cuales áreas deben ser mejoradas.

En este sentido, nuestra propuesta comprende el diseño y desarrollo de un modelo híbrido difuso del estudiante con las siguientes características:

- *Adquisición de datos para el modelo de estudiante*: se posee información histórica sobre la actividad de los estudiantes de diversas asignaturas de las facultades de Ingeniería y Psicología. Las pruebas usadas son las tradicionales y algunas especiales como las pruebas DistSem [15] (tomadas con Infosem [16]). Asimismo, se dispone pruebas desarrolladas en Moodle cuyos resultados están almacenadas en bases de datos específicos. Para el presente proyecto Infosem podrá adquirir en línea los datos de las pruebas DistSem.
- *Diseño del modelo del estudiante*: la arquitectura del modelo comprende:
  - ✓ En una base de datos estarán almacenados los resultados de pruebas históricas (desde 2010) y actuales.
  - ✓ En el núcleo del Modelo del Estudiante hay dos módulos: los tópicos del dominio (p.e. conceptos de Análisis Numérico)

se distribuirán en una red de nodos con un modelo de perturbación. A cada nodo se le asociará 4 conjuntos difusos (con los términos lingüísticos **no-aprendido, insatisfactorios, conocidos y aprendidos**). Se construirá un modelo de perturbación por estereotipo. En el otro módulo se definirán los estereotipos, esto es, grupos de estudiantes con características comunes (como estilo de aprendizaje según Felder o la taxonomía de Bloom) siguiendo técnicas de clustering. Y se usarán medidas de la ambigüedad para asignar apropiadamente el estereotipo.

- ✓ El *razonador difuso*, compuesto de reglas de producción difusas, construirá el estado cognitivo para cada estereotipo siguiendo el modelo de perturbación. El estado cognitivo será un perfil cognitivo (debilidades y fortalezas) por estereotipo.
- ✓ El *adaptador*, siguiendo el diagnóstico cognitivo, se sugerirá material didáctico según el perfil. A medida que se disponga de los resultados de las pruebas, el sistema actualizará el diagnóstico. Especialmente se tratarán las simulaciones en 3D. Estas permiten generar simulaciones de fenómenos físicos en ambientes inmersivos, posibilitando la superación de las limitaciones espaciales y temporales del mundo real facilitando la experimentación y el desarrollo de un aprendizaje más significativo de diversos contenidos teóricos.

- *Desarrollo e implementación del modelo*: programación y prueba del

modelo. Se evaluará el sistema con los resultados obtenidos en forma tradicional (p.e., notas de los exámenes).

Este modelo del estudiante mejora la medición tradicional del estado cognitivo mediante notas (entre 0 y 10) por las siguientes razones:

1. Se considera la evaluación de varios docentes expertos sobre el dominio según términos lingüísticos.
2. Se amplía la variedad de pruebas tradicionales con pruebas específicas como DistSem
3. Se entrega al estudiante un perfil sobre sus habilidades cognitivas con respecto a los tópicos que está aprendiendo.
4. Se adapta el material didáctico al nivel del conocimiento de grupos de estudiantes (estereotipos)
5. Se desarrolla simulaciones animadas en 3D

### **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

- Aplicación específica de la Lógica difusa. Su adaptación a la determinación del estado cognitivo del estudiante.
- Desarrollo de un modelo del estudiante universitario mejorado.
- Desarrollo de pruebas especiales computacionales (como los basados en la distancia semántica, múltiples verdadero/falso, reordenamiento, ranking y secuencia, etc).
- Simulaciones inmersivas en 3D

### **Resultados y Objetivos**

- Diseño y desarrollo de un Modelo del estudiante orientado a alumnos de ingeniería.

- Materiales didácticos asociados al modelo del estudiante como pruebas, ejercicios, explicaciones de conceptos, etc.
- Criterios de evaluación sobre la actividad de los estudiantes basados en Lógica Difusa a fin de generar su diagnóstico cognitivo en forma de un perfil de habilidades.

### Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se compone de especialistas informáticos, ingenieros y un Doctor en Psicología Cognitiva.

Hay dos Magister en Tecnología en Informática aplicada a Educación terminando sus tesis.

### Referencias

- [1] Self, J. (1990). Bypassing the intractable problem of student modeling. In C. Frasson & G. Gauthier (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroads of Artificial Intelligence and Education*. New Jersey: Ablex.
- [2] VanLehn, K. (1988). Student modeling. In Polson, M. C. and Richardson, J. J., editors, *Foundations of Intelligent Tutoring Systems, chapter 3*, pages 55–78. Lawrence Erlbaum Associate publishers.
- [3] Chrysafiadi K. y Virvou M.(2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*. Elsevier.
- [4] Chen S.M., Li T.K.(2011); Evaluating students' learning achievement based on fuzzy rules with fuzzy reasoning capability. *Expert Systems with Applications*: 38(4) 4368–4381
- [5] Stathacopoulou R., Magoulas G., Grigoriadou M, Samarakou M., (2005). Neuro-fuzzy knowledge processing in intelligent learning environments for improved student diagnosis, *Information Sciences*: 170, 273-307.
- [6] Gokmen G., Akinci T.C., Tektas M., Onat N. Kocyigit G. y N. Tekta, (2010) Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic, *Procedia Social and Behavioral Sciences*: 2 , 902–909.
- [7] Stathacopoulou R., Grigoriadou M., Samarakou M. y D. Mitropoulos (2007) Monitoring students' actions and using teachers' expertise in implementing and evaluating the neural network-based fuzzy diagnostic model. *Expert System with Applications*: 32(4) 955-975
- [8] Peña-Ayala A., Sossa-Azuela H, Cervantes-Pérez F., (2012) Predictive student model supported by fuzzy-causal knowledge and inference. *Expert Systems with Applications* 39, 4690–4709
- [9] Brusilovskiy P.L. (1994). The Construction and Application of Student Models in Intelligent Tutoring Systems. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 32(1).
- [10] Smets Ph.(1997) Imperfect information : Imprecision - Uncertainty. *Uncertainty Management in Information Systems. From Needs to Solutions*. A. Motro and Ph. Smets (eds.), Kluwer Academic Publishers. 225-254.
- [11] Zadeh L.A. (2012). Computing With Words. Principal Concepts and Ideas. Berlin: Springer.
- [12] Zadeh L.A. (2002). From computing with numbers to computing with words from manipulation of measurements to manipulation of perceptions. *International Journal of Applied Math and Computer Science*, pp. 307–324, vol. 12, no. 3.
- [13] Zadeh L. A. (1965). Fuzzy sets and systems. In: Fox J, editor. *System Theory*. Brooklyn, NY: Polytechnic Press, 1965: 29–39.
- [14] Klir G.J. (2006) Uncertainty and Information. Foundations of Generalized Information Theory . John Wiley & Sons.
- [15] Vivas J. (2004), Método Distsem: procedimiento para la evaluación de distancias semánticas. *Revista Perspectivas en Psicología*, 1, 56-61
- [16] Huapaya C.R., Lizarralde F.A. Arona G.M. (2010). INFOSEM: un sistema informático para evaluar conocimiento basado en la distancia semántica. En: J. Vivas (Comp.) *Evaluación de redes semánticas. Instrumentos y Aplicaciones* Ed. EUDEM. ISBN: 978-987-05-5903.