

ANÁLISIS DEL CARÁCTER PREDICTIVO DE UN MODELO DIFUSO PARA LA EVALUACION DEL APRENDIZAJE

Rafael Alejandro Espín Andrade¹, María Inés Lecich², Susana Ruiz², Ana María Chillemi²,
María del Carmen Berenguer².

1. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

2. Universidad Nacional de San Juan, Argentina

espin@ind.ispjae.edu.cu

Campo de Investigación: Tecnología avanzada, Nivel Educativo: Superior

Resumen:

El presente trabajo da continuidad a un trabajo anterior que propone un sistema de ayuda a la calificación basado en la Lógica Difusa, orientado a criterios [Espín (2001)] que a través de un análisis de incidencia basado en el modelo relacional borroso, permite lograr un balance adecuado de los pares dialécticos del proceso de evaluación, tomando distancia de las posiciones extremas

El propósito de dar calificaciones intermedias con utilidad predictiva, que permita una labor de control efectiva, había sido enunciado en aquella etapa inicial, y aquí se explica un experimento realizado, con el propósito de validar el carácter predictivo buscado, de un modelo que resultó del perfeccionamiento del modelo inicial.

I. Introducción:

Los enfoques relacionados con la evaluación del aprendizaje y su realización práctica suelen estar polarizados en posiciones extremas, que se expresan en los siguientes pares dialécticos:

- Cualitativo - Cuantitativo
- Subjetivo – Objetivo
- Formativo – Sumativo

De una parte suelen hacerse enfoques que buscan el análisis a profundidad, destacan la idiosincrasia y la riqueza de la situación educativa y concluyen con la imposibilidad de atraparla cuantitativamente; atribuyen generalmente un papel relevante a las personalidades interactuantes y postulan la imposibilidad de medir teniendo en cuenta los aspectos medulares; hacen énfasis en el papel formativo visto desde una óptica interna.

De otra parte está el enfoque tecnicista, eficientista, con base pragmática y positivista, que se preocupe por una objetividad y científicidad basada en la neutralidad de la evaluación y en la rigurosidad de la medición, resaltando esa necesidad en base al papel sumativo, que enfatiza la conclusión, el cierre, el resultado del proceso con propósitos externos como las funciones sociales de selección, certificación al saber, jerarquización y promoción [González (2000)].

La calificación suele ser abordada de dos maneras diferentes; o bien a través del normotipo orientado a criterio que tiene un enfoque más cualitativo; y el normotipo orientado a normas, que pretende "medir" el cumplimiento de las mismas.

La medición ha sido criticada con razón, no tanto por la imposibilidad apriorística de ser llevada a cabo; como por la manera en que hasta ahora se ha hecho.

Las críticas esenciales están orientadas a la arbitrariedad de:

- los rasgos que se ``midan`` que suelen ser no esenciales, debido a la imposibilidad de hacerlo con los esenciales.
- La forma en que se realiza la medición, que no suele ser sustentable desde el punto de vista matemático.

Sobre este último aspecto es lo más común utilizar modelos aditivos, que ponderan arbitrariamente los objetivos, utilizando ``claves`` que lo mismo perjudican a estudiantes con buenos desempeños, que favorecen a los que no lo merecen. Desde el punto de vista teórico, una teoría afín al establecimiento de modelos aditivos de preferencias, la teoría normativa de la decisión, establece requisitos para su aplicación difícilmente argumentables de manera general en el problema multiatributo que nos ocupa, donde los atributos son los distintos objetivos de enseñanza.

Dos importantes objeciones teórico-aplicadas al uso de modelos aditivos en la medición del aprendizaje son:

1. El nivel de insatisfacción de un objetivo de enseñanza no puede ser compensado siempre por la satisfacción de otro.
2. Los ‘pesos de los atributos’ - que simplícidamente pudieran identificarse con el número de puntos de cada pregunta- no pueden ser asignados directamente de manera coherente, lo que es común en la práctica docente. [French (1986)].

Los sistemas de Inteligencia Artificial, y en particular los que usan Lógica Difusa [Shimiza (1995), Shimiza(1996)], utilizan sistemas basados en reglas para integrar unos pocos criterios referidos a aspectos u objetivos que deben constituirse en reglas particulares para cada asignatura o proceso a calificar. Por otra parte, las calificaciones dadas en etapas intermedias del proceso no constituyen un criterio predictivo o de alerta del desempeño futuro del estudiante.

El presente trabajo da continuidad a un trabajo anterior que propone un sistema de ayuda a la calificación basado en la Lógica Difusa, orientado a criterios [Espín (2001)] que a través de un análisis de incidencia basado en el modelo relacional borroso, permite lograr un balance adecuado de los pares dialécticos del proceso de evaluación, tomando distancia de las posiciones extremas

El propósito de dar calificaciones intermedias con utilidad predictiva, que permita una labor de control efectiva, había sido enunciado en aquella etapa inicial, y aquí se explica un experimento realizado, con el propósito de validar el carácter predictivo buscado de un modelo que resultó del perfeccionamiento del modelo inicial.

II. La Lógica Difusa Compensatoria

La utilización del Paradigma de la Lógica Difusa en cada vez más ramas de la ciencia fundamental y aplicada, constituye una auténtica revolución científica que está teniendo lugar en nuestros tiempos [Dubois (1980)]. .

El potencial de la Lógica Difusa para traducir del lenguaje natural a un lenguaje formal, ha sido clave para su proliferación y su éxito; y es una oportunidad grande para la creación de modelos a partir del conocimiento, y en particular para acercarse a la ciencia contextualmente significativa [Núñez (1999)], que disciplinas emergentes como la Matemática Educativa propugnan [Cantoral (2000)].

Ella ha recibido críticas desde las posiciones de la Teoría de la medición y la Teoría normativa de la decisión, porque aún sus resultados prácticos no tienen un respaldo teórico

que tenga en cuenta suficientemente los importantes precedentes que ellas constituyen [French (1986)].

Tales objeciones están en la base de las inconsistencias de algunos modelos obtenidos por traducción del lenguaje natural, por lo que se requieren esfuerzos teóricos para eliminarlas.

La Lógica Difusa Compensatoria es un sistema lógico multivalente que logra avances significativos en la dirección apuntada [Espín (2005)] renunciando a varios axiomas clásicos en este tipo de sistemas para lograr una lógica idempotente y “sensible”, resultado imposible bajo las premisas clásicas.

Al mismo tiempo la axiomática que satisface hace posible de manera natural el trabajo de traducción del lenguaje natural al de la Lógica incluidos los predicados extensos, si estos surgen del proceso de modelación, lo que ha sido comprobado de manera práctica.

Se garantiza con este modelo de decisión la combinación efectiva de elementos intangibles valorados a través de expertos considerando escalas categoriales de veracidad, con información cuantitativa, que aporta valores de verdad a través de predicados definidos convenientemente a partir de tal información.

La Lógica Difusa Compensatoria ha sido aplicada en la Modelación de Problemas asociados a la Toma de Decisiones Organizacionales y la Educación, habiendo demostrado su superioridad en los problemas que ha abordado, en comparación con otros sistemas [Espín (1999), Espín (2000), Espín (2002)].

III. El experimento

Detalladamente el objetivo de la presente investigación fue desde su concepción inicial obtener modelos matemáticos basados en la Lógica Difusa para:

- medir la importancia de cada objetivo de una asignatura teniendo en cuenta la incidencia directa o indirecta del mismo sobre los restantes objetivos.
- calificar cada alumno a partir de las valoraciones de su profesor sobre su satisfacción en cada uno de los objetivos
- medir la predisposición de cada alumno a obtener una determinada calificación, a partir del criterio del profesor sobre el cumplimiento de los objetivos ya abordados sobre los que se tiene información.

Para validar el logro del tercer objetivo, se aplicó el modelo modificado a la evaluación de los alumnos que cursaron la asignatura Álgebra Lineal de la carrera Ingeniería Automática del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, Cuba. La experiencia se llevó a cabo con cuatro grupos de aproximadamente quince estudiantes cada uno.

A continuación se describe el algoritmo de aplicación del modelo, siendo ilustrado con los resultados de uno de los grupos:

1. Luego de formulados los nueve objetivos objeto de la evaluación, se confecciona una matriz de incidencias directas en la que cada elemento, representa la valoración, otorgada por el docente, de “cuán cierto es que el objetivo i incide directamente sobre el objetivo j ”.

2. Se introducen los valores u_i , que representan la importancia intrínseca que el docente atribuye a cada objetivo. Esta valoración es obtenida a través de las respuestas a la pregunta “cuán cierto es que el objetivo i es importante”.

3. Se calcula la incidencia directa o indirecta del objetivo i sobre el objetivo j , valorando el siguiente predicado:

$$I_{ij}^* = \exists k (I_{ik} \wedge I_{kj}) \vee I_{ij}$$

4. Se calcula la importancia del objetivo i .

$$I_i = \left(\mu_i \wedge \bigvee_{j \neq i} (\mu_j \wedge I_{ij}^*) \right)$$

5. El docente confecciona una tabla para evaluar los nueve objetivos, en la que cada elemento, representa la valoración de “cuán cierto es que el alumno x se merece la calificación Buena en el objetivo i ”.

En la última columna se muestra el valor de la calificación final que se obtiene valorando el siguiente predicado

$$C(x) = \forall i [I_i \rightarrow O_i(x)]$$

Grupo 1	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	V(C(x))
Alumno 1	1	1	.6	.9	1	1	1	1	.9	0.6980
Alumno 2	1	1	1	.9	.6	1	1	1	.6	0.6919
Alumno 3	1	1	.6	1	0	.8	1	.7	.8	0.6164
Alumno 4	1	0	1	.6	0	.6	1	.8	1	0.4325
Alumno 5	1	.5	.5	.8	0	.6	1	1	1	0.5526
Alumno 6	1	1	1	1	1	1	1	.9	1	0.7351
Alumno 7	1	0	1	.6	1	1	1	1	1	0.5122
Alumno 8	0	0	.1	.7	0	.6	.5	0	0	0.2056
Alumno 9	1	1	1	1	0	1	1	.9	1	0.6755
Alumno 10	1	.9	1	.9	1	1	1	1	.6	0.6960
Alumno 11	1	1	1	1	1	.7	1	.5	.6	0.6610
Alumno 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumno 13	1	0	1	.6	0	1	1	.8	.6	0.4554
Alumno 14	0	0	0	.5	0	.6	0	0	0	0.1822

6. Se confecciona una nueva tabla que vincula cada alumno con sus calificaciones. Los valores obtenidos en 5, se consignan en la columna encabezada por BUENA.

Las columnas encabezadas por EXCELENTE, MUY BUENA Y SATISFACTORIO, se corresponden con el cubo, el cuadrado y la raíz cuadrada de $C(x)$, respectivamente.

Alumnos	Excelente	Muy Buena	Buena	Satisfactorio
1	0.3400	0.4872	0.6980	0.8354
2	0.3312	0.4787	0.6919	0.8318
3	0.2341	0.3799	0.6164	0.7851
4	0.0809	0.1871	0.4325	0.6577
5	0.1688	0.3054	0.5526	0.7434
6	0.3972	0.5403	0.7351	0.8574
7	0.1344	0.2624	0.5122	0.7157
8	0.0087	0.0423	0.2056	0.4534
9	0.3083	0.4563	0.6755	0.8219
10	0.3372	0.4845	0.6960	0.8343
11	0.2888	0.4369	0.6610	0.8130
12	0	0	0	0
13	0.0945	0.2074	0.4554	0.6749
14	0.0060	0.0332	0.1822	0.4268

7. Para cada alumno, se elige entre los valores que sobrepasen 0.5 en la matriz del apartado 6, aquél que corresponda a la categoría mayor de calificación (valores resaltados en negrita).

8. Con la finalidad de analizar el carácter predictivo del modelo, se consideran evaluados los objetivos 1 a 7 y se intenta predecir la calificación para los objetivos 8 y 9. Para ello se usa el siguiente predicado: $O'_i(x) = \bigvee_{j=1..(i-1)} I^*_{ij} \rightarrow O_j(x)$

9. Se predice la calificación final $C'(x)$, para cada alumno, usando

$$C'(x) = \bigvee_i [I_i \rightarrow O_i(x)]$$

, donde $O_i(x) = O_i(x)$ para $i \in \{1,2,\dots,7\}$ y $O_i(x) = O'_i(x)$

para $i \in \{8,9\}$.

10. Siguiendo el mismo procedimiento que el indicado en el paso 7, se obtiene el siguiente cuadro.

Alumnos	Calificación otorgada por la Predicción	Calificación otorgada por el Modelo directamente
1	Bueno	Bueno
2	Bueno	Bueno
3	Bueno	Bueno
4	Satisfactorio	Satisfactorio

5	Bueno	Bueno
6	Muy Bueno	Muy Bueno
7	Satisfactorio	Bueno
8	No satisfactorio	No satisfactorio
9	Bueno	Bueno
10	Bueno	Bueno
11	Bueno	Bueno
12	No satisfactorio	No satisfactorio
13	Satisfactorio	Satisfactorio
14	No satisfactorio	No satisfactorio

Como se observa, los resultados fueron a simple vista, muy favorables. Solo uno de los alumnos del grupo 1 obtendría una calificación diferente a la predicha, difiriendo solo en un valor de la escala; ello se comportó de manera similar en todos los grupos.

La veracidad de que los resultados son equivalentes, o sea que:

$$\forall x : C(x) \equiv C'(x)$$

fue la siguiente en cada uno de los grupos:

Grupo 1 : $V(H_0)=0.5373$; Grupo 2 : $V(H_0)= 0.5058$; Grupo 3 : $V(H_0)= 0.5291$; Grupo 4 : $V(H_0)= 0.5237$, lo cual significa que los resultados para todos los grupos son equivalentes, debido a que tal afirmación es más verdadera que falsa en todos ellos.

IV. Conclusiones

1. Se observó que las calificaciones que se predijeron y las obtenidas por el alumno, resultaron equivalentes según la implicación de Zadeh, bajo la Lógica Compensatoria. Los valores de verdad de la equivalencia no fueron altos, una hipótesis plausible e interesante es que la retroalimentación asociada al modelo pudo modificar la conducta del alumno respecto del proceso de aprendizaje y mejorar su rendimiento.
2. No obstante modificaciones razonables evaluadas preliminarmente, ofrecen aun mejores resultados.

Bibliografía

- Cantoral, R *et al* (2000) Desarrollo del pensamiento matemático. México. Editorial Trillas.
- Dubois, D. y Prade, H. (1980): Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications. Academic Press Inc
- Espín R. ‘Análisis difuso de coaliciones II’. *Revista Investigación Operacional*. Universidad de la Habana. N^o 3. 2000.
- Espín R. y Fernandez E. (1999) Fuzzy Logic Model of Bargaining. *Foundation of Computing and Decision Sciences(FCDS)*. Poznan., 3(3).

Espín, R. y Fernández E. (2000) Análisis difuso de coaliciones I. *Revista Investigación Operacional*. Universidad de la Habana. No. 2.

Espín, R. y Lecich M.. (2001) Taller de aplicaciones educativas de la Lógica Difusa. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* No. 14.

Espín, R. (2002) Modelos para la Administración Lógica de la empresa. Memorias de la Conferencia Iberoamericana de Informática, Sistemática y Cibernética CИСCI 2002. Orlando. Florida.

Espín, R, y otros (2005) 'Compensatory Logic: A Fuzzy Approach to Decision Making' Proceedings of EUSFLAT Congress. Barcelona. España.

French S. (1986). 'Decision Theory:: An Introduction to the Mathematics of Rationality' NY-Brisbane –Toronto. Halsted Press.

González, M. (2000). Monografía: Evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria. CEPES. Universidad de la Habana. Cuba.

Nuñez, J. (1999): La Ciencia y la Tecnología como procesos sociales. Editorial Feliz Varela. La Habana.

Shimuza, S. & Yamashita , H. (1995) An educational Evaluation System Applying Fuzzy Theory. XI Fuzzy Systems Symposium.

Shimuza, S. & Yamashita, H. (1996) Educational Evaluation of Calligraphy: Applying Fuzzy Reasoning. International Congress of Soft Computing IV.