

Metodologías emergentes en la toma de decisiones

Tte. EA. Raúl Bonilla Bernal, Base Aérea de Torrejón

Palabras clave: incertidumbre, conjuntos borrosos, redes neuronales, MATLAB toma de decisiones
Metas tecnológicas relacionadas: MT 0.3.

Información e incertidumbre son dos conceptos íntimamente relacionados, la existencia de esta última está relacionada con deficiencias en la información disponible, las características inherentes al mundo real (no determinista) y deficiencias del modelo que intenta, para nuestro caso, establecer una adecuada toma de decisiones. Asimismo, en ocasiones el problema cuya solución óptima se trata de lograr es computacionalmente imposible de alcanzar, de tal forma que, es aquí, donde metodologías tales como las redes neuronales artificiales y la lógica borrosa se constituyen como modelos que han propiciado un cambio de paradigma y cuyo potencial así como su amplio espectro de aplicación invitan a que sean tenidos en cuenta y que su estudio y desarrollo continúen.

Sin duda, estas metodologías emergentes, dotan al responsable de toma de decisiones de un aparato teórico y técnico que en cierta forma atenúa los perniciosos efectos de la incertidumbre, logrando en última instancia definir modelos que permiten resolver problemas irresolubles con metodologías clásicas.

Lógica borrosa

Lotfi A. Zadeh [6], en 1965, puso de manifiesto el potencial de la lógica borrosa y, aunque a priori, el concepto de lógica borrosa puede parecer como algo poco claro o poco

elaborado, nada más lejos de la realidad, ya que, tal y como su creador mantiene: *There is nothing Fuzzy in Fuzzy logic*, tanto por su aplicación en las ciencias, tecnología, etc., como por el importante aparato matemático que sustenta los *fuzzy sets*.

Los *fuzzy sets* o conjuntos borrosos nos muestran conceptos que no tienen una definición clara, ofreciendo una nueva perspectiva: ¿a partir de qué edad dejamos de ser jóvenes?, ¿cuándo una persona pasa de estar delgada a padecer obesidad mórbida?, etc. Hasta la llegada de los *fuzzy sets*, la lógica clásica imperante resultaba demasiado restrictiva, al haberse mantenido al amparo del modelo aristotélico de razonamiento, el cual se sustentaba en el razonamiento exacto, es decir, una lógica dicotómica o binaria que admitía sólo dos posibilidades: verdadero-falso. Pero nuestro mundo real es distinto: la información que tenemos es incierta, imprecisa, generando todo ello incertidumbre. Ya no se trata únicamente de blancos y negros, sino de grises.

La paradoja del céntimo para ser millonario es provocadora. Una persona recibe un céntimo cada minuto de forma continua. Al cabo de un tiempo se volverá millonaria. ¿Cuál fue el céntimo que convirtió a esa persona en millonaria? Antes de ese céntimo era casi millonaria, ¿puede un céntimo dividir al conjunto millonario de los que no lo son?

Los contornos de cada conjunto borroso (figura 1) no son “nítidos”, y sí “borrosos” o “graduales”.

La teoría de los conjuntos difusos o borrosos se sustenta en la noción de pertenencia parcial, la cual también ha sido definida por el profesor Gil Aluja (1996) [3] como “principio de la simultaneidad gradual”, cuyo enunciado es el siguiente: “Una proposición puede ser verdadera y falsa a la

vez, a condición de asignar un grado a la verdad y un grado a la falsedad”.

Sistemas basados en lógica borrosa

Lo que a priori es un formalismo para manipular de forma más eficiente la imprecisión y la vaguedad del razonamiento humano expresado lingüísticamente se ha convertido en una solución útil para problemas de nuestra vida diaria. Existen gran cantidad de productos en el mercado que portan tecnología borrosa. De hecho, algunos de ellos ostentan la etiqueta *fuzzy* como símbolo de innovación. Así pues podemos encontrar desde lavadoras a cámaras fotográficas cuyo funcionamiento y prestaciones han sido optimizados gracias a la implementación de los *fuzzy sets*.

Uno de los aspectos más interesantes de los sistemas basados en lógica borrosa reside en las reglas lingüísticas que implican tanto a las variables de entrada como las de salida. Dichas reglas sustentan la base de conocimientos y deben ser elaboradas por expertos para obtener los mejores resultados (figura 2).

Redes neuronales artificiales

¿Cómo es posible que máquinas con un poder de cómputo increíble, capaces de realizar 100 millones de operaciones en coma flotante por segundo, no sean capaces de entender el significado de las formas visuales o de distinguir entre distintas clases de objetos? En nuestro caso, ¿cómo es posible que máquinas con un poder de cómputo increíble, capaces de realizar 100 millones de operaciones en coma flotante por segundo, no sean capaces de estimar de forma óptima la trayectoria seguida por un objetivo detectado por un radar?

Los sistemas de computación secuencial son buenos a la hora de resolver problemas matemáticos o científicos, pero con una gran incapacidad de interpretar el mundo.

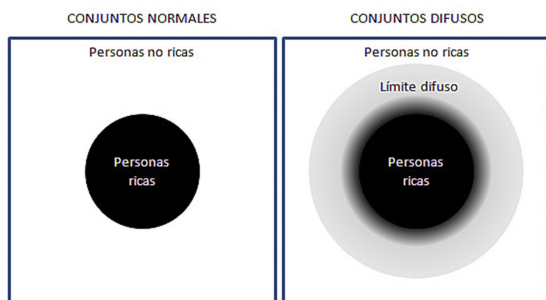


Fig. 1. Conjuntos normales y conjuntos borrosos.

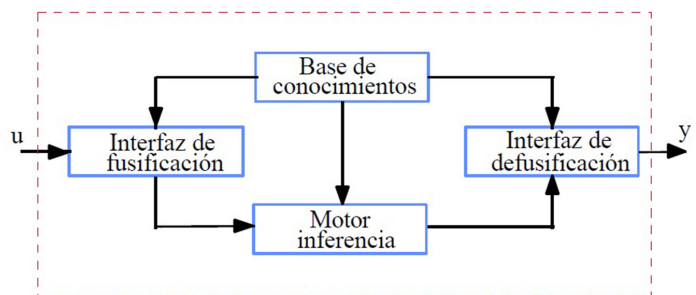


Fig. 2. Componentes de un sistema borroso Lee (1990).

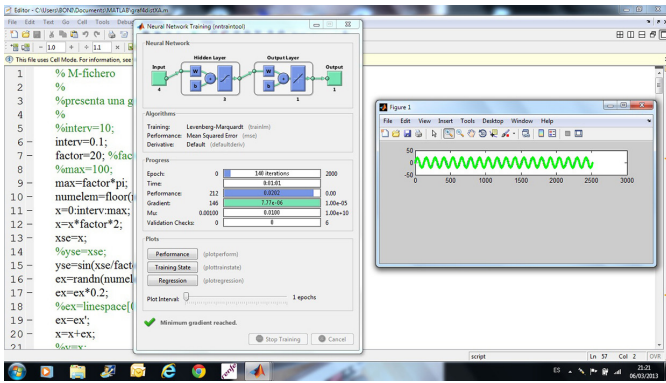


Fig. 3. Estructura de la red neuronal artificial.

Una red neuronal artificial (RNA) [2] está formada por un conjunto de sencillos elementos computacionales llamados neuronas, las cuales imitan el proceso de una neurona biológica.

El cerebro humano constituye una computadora muy potente, es capaz de interpretar información imprecisa suministrada por los sentidos a un ritmo increíblemente veloz. Logra discernir un susurro en una sala ruidosa, un rostro en un callejón mal iluminado, leer entre líneas un discurso incluso estimar la trayectoria de un blanco detectado por un radar.

El conocimiento es adquirido por parte de la red neuronal gracias a un algoritmo de aprendizaje, siendo dicho aprendizaje realizado a través del entrenamiento. Por ello, cuanto mayor sea la habilidad del “diseñador”, de la red, mejor será el funcionamiento de la red neuronal.

Entre las áreas de aplicación de las redes neuronales artificiales se encuentran entre otras las siguientes: análisis financiero; procesado de imágenes en el ámbito de la medicina, industria y defensa; diagnóstico médico y comercial; robótica y control; reconocimiento y síntesis de voz; reconocimiento del rostro humano para control de accesos; estimación de la trayectoria de un objeto, etc.

Redes neuronales artificiales, Aplicación a un problema de investigación subóptima

A continuación se expone un ejemplo desarrollado con MATLAB [5] para entender de forma práctica el funcionamiento de la red neuronal. Denominar un problema como de investigación subóptima conlleva establecer que la solución óptima conlleva establecer que la solución óptima es computacionalmente imposible dado que estamos recibiendo datos de forma continua, es

decir, estamos trabajando en tiempo real y la respuesta tiene que ser inmediata. Esta red neuronal ha sido diseñada para el seguimiento de blancos radar por medio de la estimación de la trayectoria de un objeto. En nuestro problema tenemos la posición del objeto, los datos proporcionados por el radar que llevan aparejada incertidumbre dado que pueden verse afectados por factores climatológicos, técnicos, etc., que pueden acarrear errores, falsas detecciones e incluso no detecciones del objeto o aeronave a la que se realiza el seguimiento. A partir de esas medidas con incertidumbre debemos estimar la trayectoria. Como algoritmo clásico de cálculo para enfocar este tipo de problemas utilizamos el criterio de HURWICZ (α - β). Al final veremos cómo la predicción realizada por la red neuronal se aproxima de forma paulatina a la posición real del objeto, mejorando los resultados del algoritmo clásico y de la información facilitada por el radar. La red neuronal implementada es una red cuya estructura es la que se refleja en la figura 3.

En la figura 4 se inicia el entrenamiento de la red neuronal artificial, el objetivo es minimizar el error cuadrático medio. Existen cuatro códigos de colores, según los cuales podrá apreciarse como van mejorando los resultados a medida que avanza el entrenamiento.

- Magenta: Predicción de la red neuronal
- Azul: Posición real del objeto.
- Verde: Posición según datos radar (incertidumbre).
- Rojo: Predicción del algoritmo clásico.

En la figura 4 se puede apreciar cómo los puntos magenta, es decir, las predicciones de la red neuronal artificial van aproximándose a la posición real

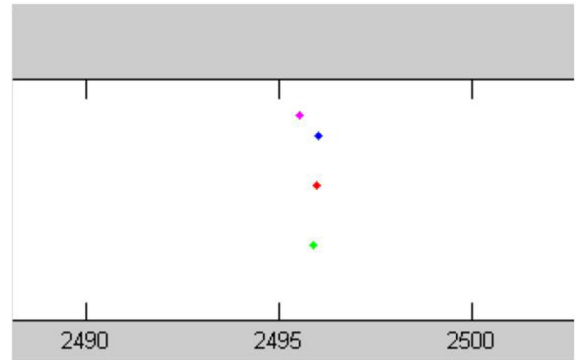


Fig. 4. Gráfica de evaluación (Ampliación).

del objeto, en azul, alejándose de los puntos verdes (incertidumbre) y del valor ofrecido por el algoritmo clásico (rojo), obteniéndose un RME o error cuadrático medio significativamente menor para el algoritmo neuronal frente al algoritmo clásico estadístico.

Sistemas neuro-borrosos

Para los sistemas basados en lógica borrosa las reglas utilizadas en el diseño del controlador borroso constituyen su principal debilidad, al estar estrechamente vinculadas a las decisiones de expertos y para las redes neuronales artificiales el diseño de la propia red, el cual es un proceso creativo, debido a que no existe una metodología de diseño que garantice un funcionamiento óptimo de la red neuronal artificial.

REFERENCIAS

[1] Basogain Olabe, X. (2008). *Redes Neuronales Artificiales y sus aplicaciones*. Bilbao. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco.

[2] Freeman J.A., Skapura D.M. (1991). *Neural networks, algorithms, applications, and programming techniques*. Michigan, EE. UU. Addison-Wesley.

[3] Gil Aluja, J. (1996). Lances y desventuras del Nuevo paradigma de la teoría de la decisión. *Actas del III Congreso Internacional SIGEF*. Buenos Aires, Argentina.

[4] Lee, C.C. (1990a). Fuzzy logic in control systems. Part I, *IEEE Trans. on Syst., Man & Cyb.*, SMC-20, 2, 404-418; (1990b) “.. Part II”, *IEEE Trans. on Syst., Man and Cyb.* SMC-20, 2, 419-435.

[5] Navidad Pineda A., Bonilla Bernal R. (2012). *Metodologías Emergentes Aplicables a la Toma de decisiones*. Proyecto de Investigación fin de Máster. Máster en Logística para los Sistemas de Seguridad y Defensa, Universidad Rey Juan Carlos.

Por ello, no es de extrañar que la tendencia futura sea vincular ambas metodologías, con lo cual, el paso siguiente será la creación de sistemas basados en metodologías neuroborrosas, que son sistemas híbridos que aprovechan las bondades de una metodología en beneficio de la otra y viceversa. De esta forma se obtiene una mejora importante en el comportamiento global del sistema.

Conclusiones

A lo largo del presente artículo se ha pretendido mostrar una visión muy general de la lógica borrosa y de las redes neuronales artificiales, como herramientas para la toma de decisiones, tendencias futuras y evolución

Vigilancia de fronteras marítimas: capacidades UE

David Ríos Morentin, ISDEFE

Palabras clave: vigilancia de fronteras y marítima, capacidades planeamiento, Capability Based Planning, seguridad, EUROSUR, Pre-Operational Validation

Metas tecnológicas relacionadas: MT 2.2.1.; MT 2.2.2.; MT 2.2.3.; MT 2.2.5.

La visibilidad de la oferta y de la demanda de tecnología orientada a la mejora de las capacidades para la vigilancia de fronteras marítimas es un factor clave para potenciar la innovación en el sector.

Tender puentes entre el ámbito operativo y el ámbito tecnológico, o lo que es lo mismo, entre actores públicos y privados, puede servir de impulso para facilitar la cooperación entre los agentes implicados en el proceso de innovación.

Desde diversos foros actualmente se apuesta por una aproximación metodológica a la definición de capacidades de vigilancia y se plantea un ciclo que parte de una definición precisa de las necesidades de los usuarios en base a los objetivos operativos que se plantean en los distintos contextos de vigilancia en el ámbito europeo.

El estudio de las carencias detectadas en materia de sistemas plantea nuevas líneas de capacitación a corto

previsible. Los sistemas de control basados en lógica borrosa, presentan su mayor debilidad en la elaboración de las reglas de diseño, las cuales deben ser enunciadas por un experto. Dichas reglas, o más bien, la calidad de su diseño serán determinantes para que dichos sistemas alcancen el objetivo deseado. Por otra parte, cuando hablamos de redes neuronales artificiales, su talón de Aquiles, reside en el diseño de la red, dado que no existe una metodología definida que garantice a priori un funcionamiento adecuado de la red neuronal artificial, estamos pues ante un proceso creativo.

En consecuencia, la solución a estas "carencias" reside en vincular ambas

y medio plazo que precisan de mecanismos innovadores y, tanto desde la Comisión Europea como desde los Estados miembros, se está trabajando en esta línea.

Dos aspectos, entre otros muchos, son especialmente relevantes. Por una parte la articulación de los mecanismos de colaboración públicoprivada de los que dispone la legislación vigente en materia de compra pública, y por otra, la configuración de los futuros programas de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de la seguridad en función de criterios similares a los utilizados para la determinación de necesidades operativas. Esto último facilitaría el alineamiento y realimentación constante entre usuarios e industria, permitiendo así el

metodologías, desarrollando sistemas basados en metodologías neuroborrosas.

La aplicación de estas metodologías en el ámbito de Defensa resulta interesante, toda vez que su potencial para afrontar la creciente complejidad de los nuevos escenarios que tienen lugar en un entorno globalizado y en continuo cambio como el actual dotarían de capacidades adicionales a los decisores para dar respuesta a la estimación de necesidades en cualquier sistema logístico que estén condicionadas por un factor de incertidumbre y sean irresolubles por medio de herramientas o algoritmos de cálculo tradicionales.

desarrollo de tecnologías próximas a su fase de mercado siguiendo criterios realistas de necesidad y urgencia.

Se propone por tanto una línea de trabajo a corto y medio plazo que parta de un planteamiento modular, tanto en la definición de los objetivos de vigilancia en los planos político, estratégico, operativo y táctico, como en la determinación de las capacidades necesarias para la consecución de los mismos. La cooperación de los cuerpos de seguridad de los Estados miembros en dicha tarea es fundamental de cara a un planeamiento de recursos conjunto entre los cuerpos de seguridad de la Unión. Dicho planeamiento debería abordar no solo aspectos relacionados con la adquisición de recursos materiales, sino también con su

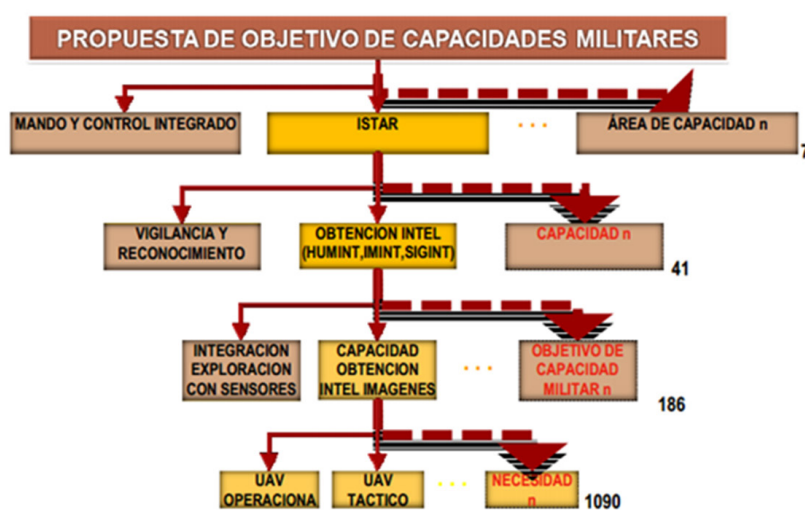


Fig. 1. Esquema de planeamiento basado en capacidades (fuente: Nuevo Sistema de Planeamiento de la Defensa. Ciclo: 2005-2008. MINISDEF).