



José Miguel Castillo Chamorro

Investigador de TecNALIA

Profesor de la Universidad Pontificia de Salamanca (UPSAM)

TECNOLOGÍA Y PROSPECTIVA. UN RETO HECHO REALIDAD

La resolución de los problemas del presente incluye el estudio de sus repercusiones y el análisis de lo que puede acontecer en el futuro. Las acciones del presente influirán sin ningún género de dudas en el mañana. Desde los orígenes de la humanidad, el hombre ha sentido la necesidad de conocer el futuro pero no siempre ha contado con los mismos medios para conseguirlo. La tecnología aplicable varía conforme avanza el tiempo. En las últimas décadas vivimos en una espiral de avance tecnológico casi diario. Aunque el problema de vislumbrar el futuro es común en cualquier área, requiere una especial atención en aquellos ámbitos que presentan importantes repercusiones sociales.

En este artículo se presenta la aplicación de una nueva tecnología, que permite mejorar las técnicas clásicas de prospectiva con la intención de procesar las opiniones de un grupo de expertos con el objetivo de predecir posibles escenarios futuros.

El método y las herramientas usados están siendo validados con casos de estudio reales por el Instituto Español de Estudios Estratégicos.

Prospectiva, escenarios, tecnología, sistemas multi-agente

Solving the problems of the present includes the study of their impact and the analysis of what can happen in the future. The actions of the present will, without doubt, have consequences in the future. From its origins, the man has felt the need of knowing the future; the means to try to achieve it have been changing. In the last decades we have experienced a daily technological advance spiral. Though the trouble of foreseeing the future is common to

any area, it deserves special attention in those fields with important social impacts. In this article is introduced the application of a new technology that allows to improve the classic prospective techniques with the purpose of processing the opinions of a group of experts with the aim of forecast possible future sceneries. The method and the tools used are being validated with real studio cases by the Instituto Español de Estudios Estratégicos.

Prospective, scenary, technology, multi-agent system

1. INTRODUCCIÓN

Es preferible estar preparado para lo que pueda acontecer en el futuro que sufrir sus consecuencias sin intentar paliarlas de antemano. Debemos intentar vislumbrar el posible escenario futuro y analizar todos los elementos o factores que intervienen en el mismo con el fin de favorecer o dificultar que dicho escenario se materialice. No deberíamos olvidar que el futuro no es algo inexorable y predeterminado; el futuro está por hacer y en buena medida podemos influir en él.

El objetivo del presente artículo es presentar los resultados de una tecnología¹ que permite esbozar los posibles escenarios futuros antes de que se materialicen, lo que nos permitirá analizarlos y elaborar estrategias apropiadas de mitigación de riesgos. El artículo incluye una comparativa entre la predicción técnica y la prospectiva, la descripción conceptual del modelo multi-agente que da solución al problema, así como tres casos de estudio en los cuales se ha aplicado el método, la tecnología y sus herramientas asociadas.

2. PREDICCIÓN TÉCNICA FRENTE A PROSPECTIVA

La necesidad de prever el futuro no es nueva. El hombre siempre ha sentido la necesidad de predecir lo que va a suceder². A día de hoy podemos resumir los diferentes

¹ CASTILLO, José Miguel. Una solución a la planificación de operaciones para la defensa basada en agentes inteligentes. Ministerio de Defensa. 2009. ISBN 978-84-9781-473-7

² MARTIN, Brian R. Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis and Strategic Management*, 7, pp.139-68. 1995

métodos para prever el futuro en cuatro grupos principales: sobrenatural, hermenéutico, técnico y anticipativo.

Los métodos de previsión del futuro de mayor calado son la predicción técnica y los estudios anticipativos. La predicción técnica es el procedimiento más generalizado ya que se basa en modelos matemáticos que se desarrollan para extrapolar datos pasados y presentes con el objetivo de predecir resultados futuros. El estudio de tendencias permite aproximar situaciones futuras en sistemas dinámicos estables. La econometría, la demografía y la meteorología son ciencias que se pueden incluir en este grupo.

Por desgracia, los sistemas sociales no siempre se comportan de manera estable; normalmente evolucionan de manera inestable o caótica. Además, cuando una situación incluye una gran cantidad de variables diferentes y heterogéneas, la predicción técnica se vuelve compleja y difícil de manejar.

Las técnicas anticipatorias, entre las que se encuentra la Prospectiva tratan de evitar las limitaciones del uso de la predicción técnica en sistemas inestables, mediante la utilización de la opinión de un grupo de expertos^{3,4}. La opinión del experto refleja las relaciones entre eventos o variables basadas en su experiencia personal. Las relaciones extremadamente complejas entre eventos heterogéneos son tratadas mentalmente como un todo.

Dentro del ámbito estratégico es difícil contar con la estabilidad de un sistema dinámico que genere escenarios basados en pautas predecibles, por lo que el uso de técnicas anticipatorias se revela como el más adecuado en comparación con los resultados de los modelos utilizados en la predicción técnica. Sin embargo, la ventaja que presentan las técnicas anticipatorias no excluye la posibilidad de utilización de predicción técnica en aquellos casos en los que el objeto de estudio se desarrolle dentro de un escenario estable de evolución predecible.

3. UNA SOLUCIÓN BASADA EN SISTEMAS MULTI-AGENTE

En esta sección, se presenta un nuevo enfoque de prospección del futuro basado en un sistema multi-agente⁵. El objetivo consiste en la construcción de un procedimiento, que resuelva el problema de modelar escenarios futuros desde una perspectiva diferente a la de los métodos prospectivos en los que se utilizaban complejos cálculos probabilísticos. A través de este nuevo enfoque, utilizamos posibilidades calificadas

3 BAS, Enric. *Prospectiva. Cómo usar el pensamiento sobre el futuro*. Ariel, 1999

4 GODET, Michel. *De l'anticipation à l'action. Manuel de prospective et de stratégie*. Dunod, 1993

5 MUCH, Richard et alii. *Intelligent Software Agents*. Prentice Hall, 1999

con etiquetas lingüísticas⁶ en lugar de probabilidades, lo que facilita la comprensión y respuesta de los expertos que intervienen en el ejercicio. En definitiva se utilizan técnicas de lógica borrosa.

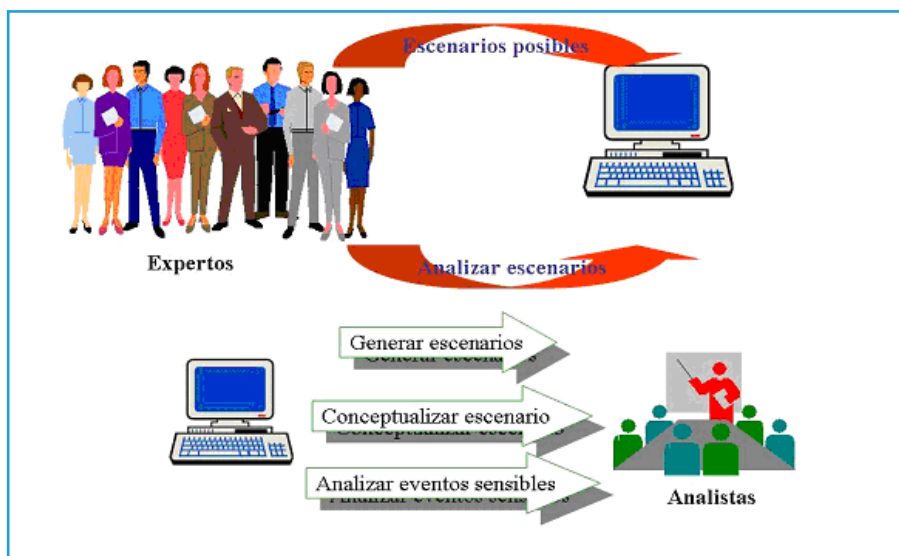


Figura 1: Visión general del proceso

A través de la metodología MECMIPLAN⁷ se ha construido un sistema de software que permite obtener resultados en un tiempo reducido. Esta metodología describe los diferentes pasos y procedimientos para construir un desarrollo de software orientado a sistemas multi-agente que resuelva problemas de planeamiento tanto estratégico como táctico⁸.

En términos generales, se pretende extraer y procesar el conocimiento de los expertos de manera que el ordenador dé respuesta a posibles inferencias de ese conocimiento, facilitando a los analistas estrategias la generación y análisis de posibles escenarios futuros.

Tal y como se representa en la figura 2, el conocimiento extraído del grupo de expertos será empleado para entrenar al Agente clasificador. Posteriormente el agente clasificador podrá ser usado para generar nuevos escenarios. De esta manera, el conocimiento del grupo de expertos se transfiere al Sistema multi-agente (MAS). El agente clasificador se ha desarrollado mediante procedimientos de lógica borrosa⁹, ya que el ser humano usualmente se expresa mediante el uso de etiquetas lingüísticas en lugar de cifras.

6 ZADEH, Lofti A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Parts 1-3. Information Sciences. 1975

7 CASTILLO, José Miguel et al. Strategic Planning: A new approach through MECIMPLAN. Proc. of the IAT Int. Conf. Honk-Kong (China). 2006

8 CASTILLO, José Miguel. Una solución a la planificación de operaciones para la defensa basada en agentes inteligentes. Ministerio de Defensa. 2009

9 SUGENO, Michio. Industrial applications of fuzzy control. Elsevier Science Pub. Co. 1985

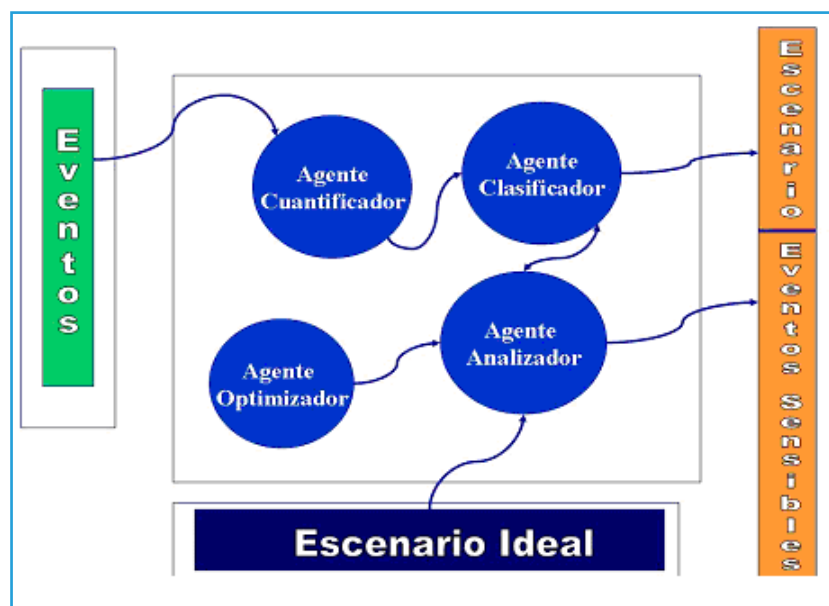


Figura 2: Modelo Conceptual

El segundo agente es útil para determinar qué eventos pueden ser influenciados con el fin de llegar al escenario deseado. Es posible que el escenario no coincida con nuestras expectativas. En este caso, el Agente analizador se encarga de buscar los eventos que deben ser influenciados con el fin de acercarse a un escenario ideal. Para la construcción del Agente analizador se utilizan procedimientos de inteligencia artificial basados en búsquedas inteligentes¹⁰.

La siguiente figura muestra el mapa de procesos que permite llevar a cabo un estudio de prospectiva. La rama superior describe los diferentes procesos que se deben desarrollar, a fin de generar escenarios futuros de acuerdo con las opiniones de un grupo de expertos. En caso de querer analizar las implicaciones del escenario generado en la rama superior, o para estudiar un escenario específico, debemos proceder con los procesos mostrados en la rama inferior de la figura, donde se estudia la influencia de acontecimientos externos que no están directamente relacionados con el escenario.

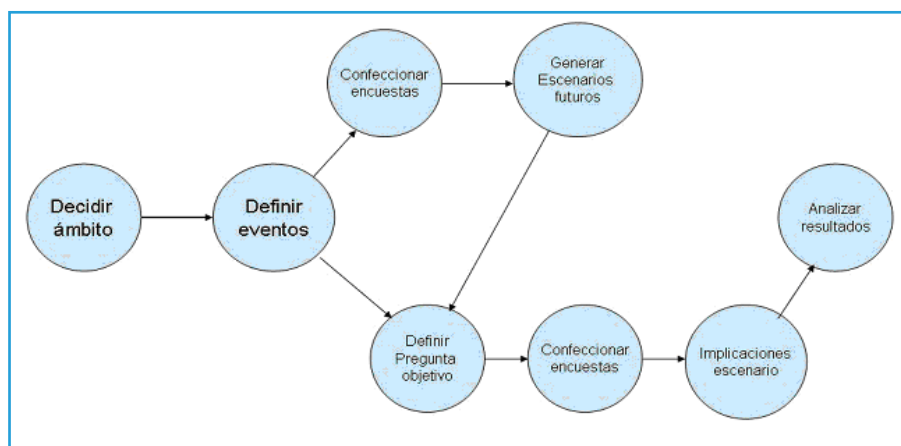


Figura 3: Mapa de procesos

¹⁰ NILSSON, Nils J. Artificial Intelligence: A new synthesis. Mc-Graw Hill. 1998

4. CASO DE ESTUDIO 0: ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LAS MIGRACIONES EN EUROPA EN EL HORIZONTE 2015

4.1. Introducción

El problema que se plantea en este anexo ha sido extraído de uno de los escenarios de estudio geopolíticos para planificación estratégica planteados en la antigua Escuela de Estado Mayor del Ejército de Tierra, actual Escuela de Guerra.

Con objeto de reducir la dimensión del problema, se ha reducido el número de eventos analizados por el grupo de expertos, sin desvirtuar la naturaleza y resultados del estudio.

Se plantea la necesidad de realizar un estudio de planificación estratégica sobre el impacto de las migraciones en el equilibrio europeo en el horizonte del año 2.015.

El objeto de estudio es la obtención del escenario posible de entre un número finito y reducido de eventos. El problema se resuelve inicialmente mediante el análisis del escenario más posible mediante nuevas tecnologías, concretamente el método orientado a agentes¹¹.

4.2. Descripción del escenario hipotético

Una doble presión se ejerce desde el sur y el este sobre Europa, que continua siendo polo de atracción de migraciones. En el sur, los países mediterráneos (Magreb y Turquía) y del África Sub-sahariana siguen exportando mano de obra a los países europeos, a pesar del cierre de las fronteras originando por la recesión de 1973/74. Esta presión parece no tener término; no hay ningún sustituto duradero a la migración: la expansión demográfica, el sub-empleo, la atracción del liberalismo político y cultural son factores que contribuyen a aumentar el número de emigrantes.

En el este, el gran éxodo hacia las regiones occidentales que se esperaba no ha llegado a producirse, pero las migraciones incontroladas se han intensificado. Alemania y Austria son los principales países de destino, especialmente afectadas por las concentraciones aledañas de población de origen alemán. La antigua Unión Soviética, Polonia, Chequia, Eslovaquia, Hungría y Rumanía proporcionan una cantidad ingente de emigrantes a la Alemania reunificada. Los habitantes de Rusia se dirigen también hacia Polonia y Hungría en busca de trabajo o para dedicarse a actividades comerciales locales. Ambos países reciben a su vez emigrantes rumanos.

Inicialmente, se barajaron 50 eventos relacionados con este ámbito de estudio. Tras su depuración el grupo de analistas estrategas generó una lista de los ocho más notables los cuales se exponen a continuación.

¹¹ CASTILLO, José Miguel et al. Strategic Planning: A new approach through MECIMPLAN. Proc. of the IAT Int. Conf. Honk-Kong (China). 2006

Sucesos

1. Se endurecen las leyes en toda la UE. para la obtención de la nacionalidad
2. La UE. se amplia a los países del Este
3. Se producen importantes disturbios raciales en ciudades europeas
4. Se reproducen las crisis financieras en el mundo
5. La natalidad en Europa se hace persistentemente negativa
6. África central sufre la más fuerte epidemia de su historia
7. Europa genera fuertes medidas de apoyo a las economías africanas
8. Tiene lugar una hambruna continua en la Federación Rusa

4.3. Consulta al grupo de expertos

Una vez seleccionados los eventos, se elaboran una serie de formularios en los que se recogen distintas combinaciones. La selección de estos formularios es clave, ya que deberán recoger las situaciones más representativas, en cuanto a esas combinaciones se refiere.

Los eventos se califican por su existencia, es decir, si son o no parte integrante del escenario:

- Existe
- No existe

Para el presente estudio, los expertos califican la posibilidad de aparición de este escenario dentro de tres categorías:

- Muy posible
- Posible
- Poco posible

Para la resolución de este trabajo se han elaborado un total de 11 formularios que recogen las combinaciones más representativas como componentes de un escenario global.

El grupo de expertos está formado por 10 personas.

Los formularios se remiten al grupo de expertos, para que completen la parte inferior de los mismos, en la que se debe reflejar la posibilidad de que ocurra ese escenario global.

A continuación se describe un formulario a modo de ejemplo

Formulario 1 para la definición de escenarios

	Eventos	Existencia
1	Se endurecen las leyes en toda la UE. para la obtención de la nacionalidad	Existe
2	La UE. se amplía a los países del Este	Existe
3	Se producen importantes disturbios raciales en ciudades europeas	Existe
4	Se reproducen las crisis financieras en el mundo	Existe
5	La natalidad en Europa se hace persistentemente negativa	Existe
6	África central sufre la más fuerte epidemia de su historia	Existe
7	Europa genera fuertes medidas de apoyo a las economías africanas	Existe
8	Tiene lugar una hambruna continua en la Federación Rusa	Existe

ESCENARIO (Seleccione una opción)

POSIBILIDAD DE MATERIALIZACIÓN DEL ESCENARIO:

(Muy posible, Posible, Poco posible)

4.4. Generación del módulo de inferencia borrosa

Tras la recepción del conjunto de formularios completados por el grupo de expertos, se procede a la traducción de su contenido en reglas para la creación del módulo de inferencia borrosa.

La incoherencia o disparidad de las respuestas generadas por los expertos será suavizada hacia una solución convergente, mediante el adecuado tratamiento del conjunto total de reglas.

Cabe reseñar la discrepancia en dos escenarios propuestos: aquel donde aparece exclusivamente el evento 1, que ha sido catalogado como escenario “posible” por ocho expertos; mientras que se ha considerado “poco posible” por parte de dos expertos. De manera similar, el escenario en el que aparecen los eventos 2, 4, 5, 7 y 8 ha sido considerado como “muy posible” por tres de los diez expertos, mientras que el resto lo ha calificado de “posible”.

Por consiguiente, para cada una de las situaciones se generan respectivamente dos reglas con pesos específicos diferentes, como se expresa a continuación.

Peso específico de las reglas

Cuestionario Número	Reglas	Peso
3	Si (E2, E4, E5, E7, E8) entonces Muy Posible	0,3
4	Si (E2, E4, E5, E7, E8) entonces Posible	0,7
7	Si (E1) entonces Posible	0,8
8	Si (E1) entonces Poco Posible	0,2

4.5. Transmisión del conocimiento

Tras la generación de reglas y la formación del módulo de inferencia borrosa, es necesario desarrollar el agente clasificador de manera que permita la obtención de resultados, proporcionando una respuesta relativa a la posibilidad de materialización de un determinado escenario a partir de la presentación del conjunto de eventos.

El conjunto de patrones iniciales básicos se utiliza para entrenar un agente software especializado en clasificar patrones. De esta forma, ante un determinado número de patrones o eventos de entrada obtendremos la salida correspondiente que describirá el grado de posibilidad de existencia del conjunto de eventos mostrados en la entrada.

4.6. Búsqueda del escenario más posible

La herramienta informática HELP desarrollada por Tecnia trabaja sobre el conocimiento de los expertos que ha sido transmitido al módulo de inferencia borrosa. Dentro de sus capacidades está la de proporcionar la relación de escenarios más posibles de entre el total de las 256 combinaciones de los 8 eventos.

Como resultado de la utilización de HELP, el escenario con mayor posibilidad de ocurrencia es aquel en el que aparecen los eventos 1 y 4, concretamente:

1. Se endurecen las leyes en toda la UE. para la obtención de la nacionalidad
2. Se reproducen las crisis financieras en el mundo

A partir de esta información, los analistas estrategas estudiarán las acciones necesarias para consolidar o impedir la formalización del posible escenario.

5. CASO DE ESTUDIO 1: EL FUTURO DE LA POLÍTICA COMÚN DE SEGURIDAD Y DEFENSA EN EUROPA EN EL HORIZONTE TEMPORAL DEL DE 2020

En esta sección se presenta el proyecto que ha sido desarrollado durante el año 2010 por el Instituto Español de Estudios Estratégicos y Tecnalía.

El objetivo de este ejercicio es prever el futuro de la implantación de la Política Común de Seguridad y Defensa en el horizonte temporal del año 2020.

5.1. Definición del ámbito

Un grupo de analistas del Instituto Español de Estudios Estratégicos eligió el ámbito en el que se desarrolla el estudio prospectivo. En este caso particular, el objetivo consiste en prever el futuro de la Política Común de Seguridad y Defensa en el año 2020.

5.2. Definición de eventos

El mismo grupo de analistas, con la asistencia de un grupo de expertos de Tecnalía, definió los eventos generales relacionados con el ámbito de estudio. Se eligió la lista de eventos, prestando especial atención a la independencia entre ellos. Un número de siete eventos fueron identificados, y se enumeran a continuación:

Evento 1: Las opiniones públicas de los estados miembros presionan a sus gobiernos para un mayor desarrollo de la PCSD.

Evento 2: Se racionalizan las estructuras para potenciar el planeamiento y ejecución de las misiones de la PCSD, con un empleo integrado de las capacidades civiles y militares.

Evento 3: Se produce un cambio en la arquitectura de seguridad euroatlántica, consecuencia de una redefinición de los papeles de la OTAN y UE; y un cambio en la postura de actores clave como EEUU y Rusia.

Evento 4: La PESC se desarrolla de forma coherente de acuerdo con los instrumentos previstos en el Tratado de Lisboa.

Evento 5: El Consejo Europeo decide, por unanimidad, la puesta en marcha de una defensa común europea, conforme a lo establecido en el artículo 27.2 del Tratado de Lisboa.

Evento 6: Se alcanzan los Objetivos de Capacidades (militares y civiles) que fije la UE para sustituir a los de 2010.

Evento 7: La UE constituye unas fuerzas adecuadamente adiestradas y equipadas, listas para ser empleadas con flexibilidad en gestión de crisis.

5.3. Diseño de cuestionarios

Una vez definidos el ámbito de estudio y los eventos asociados, TecNALIA diseñó los cuestionarios que deberían ser respondidos por el grupo de expertos. El número de cuestionarios no puede ser numeroso para facilitar el proceso computacional y ha de representar toda la gama de posibles escenarios.

El grupo de expertos fue elegido por el Instituto Español de Estudios Estratégicos. Se seleccionaron 14 expertos en política internacional.

A fin de facilitar el proceso de extracción de conocimiento se desarrolló una página Web para que los expertos respondieran a los cuestionarios en línea (www.escenarios-prospectiva.es).

El número de eventos identificados por el grupo de analistas es siete. En consecuencia, el número de posibles escenarios es 128. Este número es el resultado de las diferentes combinaciones de los eventos (2⁷). De los 128 posibles escenarios, quince fueron seleccionados como los más representativos. Cada experto expresó su opinión sobre la existencia de cada escenario en términos de posibilidad como “muy alto”, “alto”, “medio”, “bajo” y “muy bajo”. La siguiente tabla muestra las respuestas de los expertos a cada cuestionario. Cada columna contiene el número de respuestas con respecto a su calificación.

Muy Alta	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	2
Alta	0	1	1	4	1	2	1	5	3	0	1	1	1	3	3
Media	0	2	1	8	8	5	2	5	7	3	2	3	2	9	6
Baja	2	6	5	0	3	5	4	4	3	1	5	4	4	2	3
Muy Baja	12	4	7	0	0	1	7	0	1	10	5	5	6	0	0
Total	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Tabla 1. Respuestas de los expertos

Es importante destacar que la mayoría de las respuestas siguen una distribución normal en torno a un valor central.

5.4. Generación de escenarios futuros

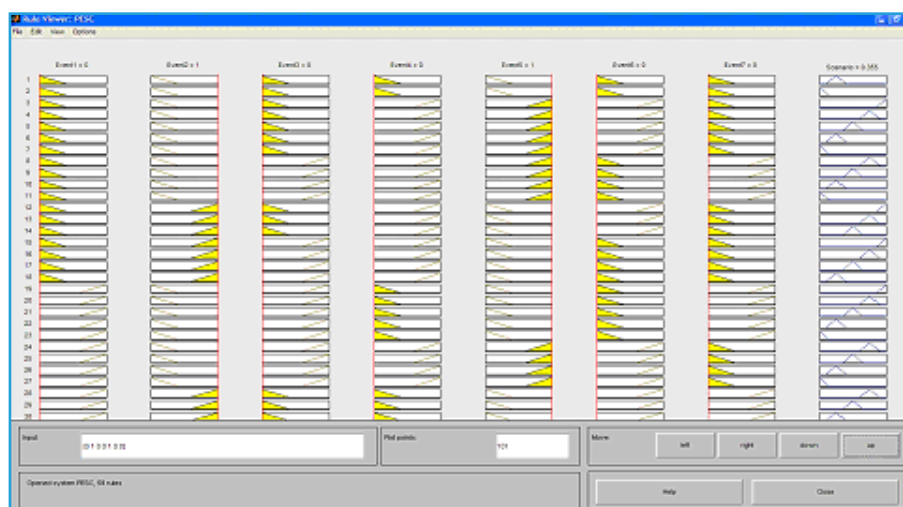


Figura 4. Reglas generadas por los expertos

El objetivo de este proceso es tratar la información de una manera lógica y formal. Por tal motivo se traducen los resultados de todos los cuestionarios a reglas lógicas. Quince cuestionarios con cinco respuestas posibles producen setenta y cinco reglas. Sin embargo, no todas las posibles reglas han sido elegidas por los expertos: sólo cincuenta nueve de setenta y cinco posibles. Estas cincuenta nueve reglas han sido identificadas como los principales elementos para ser tratados como parte del sistema multi-agente. Es decir, estas cincuenta nueve reglas serán el núcleo del agente clasificador.

Para tratar todas estas reglas se ha desarrollado un módulo de inferencia borrosa. La siguiente tabla muestra los resultados cuantitativos de cada cuestionario. La columna 'VALOR' expresa el resultado del módulo borroso para cada cuestionario.

	EV ₁	EV ₂	EV ₃	EV ₄	EV ₅	EV ₆	EV ₇	VALOR	POSIBILIDAD
Q ₁	0	0	0	0	0	0	0	0.115	Muy baja
Q ₂	0	0	0	1	1	1	0	0.337	Baja
Q ₃	0	0	1	1	1	0	1	0.266	Baja
Q ₄	0	1	0	1	0	1	0	0.605	Media
Q ₅	0	1	1	1	0	0	0	0.498	Media
Q ₆	1	0	1	0	0	0	1	0.443	Media
Q ₇	1	0	1	1	1	1	0	0.289	Baja
Q ₈	1	1	0	0	0	1	1	0.519	Media
Q ₉	1	1	1	0	0	0	0	0.486	Media
Q ₁₀	1	1	1	1	1	1	1	0.227	Baja
Q ₁₁	0	0	0	0	1	1	1	0.335	Baja
Q ₁₂	0	1	0	0	1	0	0	0.355	Baja
Q ₁₃	1	0	0	1	1	1	0	0.326	Baja
Q ₁₄	1	1	0	1	0	1	0	0.515	Media
Q ₁₅	0	1	1	0	0	0	1	0.530	Media

Tabla 2. Resultados del módulo de inferencia borrosa

Como se muestra en la tabla, un escenario con ningún evento (Q₁) tiene una “muy baja” posibilidad de ocurrencia. Además, un escenario en el que se producen todos los eventos (Q₁₀) cuenta con una “baja” posibilidad de ocurrencia.

Para extrapolar los resultados del módulo de inferencia a los 128 cuestionarios posibles, una red neuronal es entrenada como parte del agente de clasificador. Según el modelo conceptual que se muestra en la figura 2, cuando se presenta un conjunto de eventos como entrada del modelo obtenemos la posibilidad de producir este escenario como salida. Esta salida debe ser entendida como la respuesta dada por el grupo de expertos en su conjunto para esa entrada específica.

A través de la herramienta informática HELP, se generan los escenarios con más posibilidades de ocurrir entre los 128 posibles. Se han obtenido los siguientes resultados:

- Escenarios con posibilidad muy alta: ninguno
- Escenarios con alta posibilidad: 7
- Escenarios con posibilidad media: 57
- Escenarios con baja posibilidad: 56
- Escenarios con posibilidad muy baja: 8

	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	Ev6	Ev7
Escenario 1							
Escenario 2							
Escenario 3							
Escenario 4							
Escenario 5							
Escenario 6							
Escenario 7							

Tabla 3. Escenarios de alta posibilidad

Podemos deducir de la tabla de escenarios de alta posibilidad que los sucesos 2 y 4 estarán presentes en cualquiera de los escenarios más posibles. Por lo tanto, podemos afirmar que, en opinión del grupo de expertos, los acontecimientos 2 y 4 estarán presentes en el horizonte temporal del año 2020. Es decir,

- Evento 2: Se racionalizan las estructuras para potenciar el planeamiento y ejecución de las misiones de la PCSD, con un empleo integrado de las capacidades civiles y militares.
- Evento 4: La PESC se desarrolla de forma coherente de acuerdo con los instrumentos previstos en el Tratado de Lisboa.

6. CASO DE ESTUDIO 2: HACIA UNA DEFENSA COMÚN EUROPEA EN EL HORIZONTE TEMPORAL DEL 2020

6.1. Introducción

En el año 2011, a iniciativa del Instituto Español de Estudios Estratégicos, se planteó la realización de un estudio de prospectiva para el análisis de la “Defensa común Europea en el Horizonte del año 2020”.

El estudio es consecuencia del ejercicio de prospectiva realizado en el año 2010 y del interés estratégico que este asunto despierta.

Para la realización del proyecto se aplicaron tecnologías novedosas que van desde la consulta a expertos on-line a través de Internet, la elaboración de las opiniones de los expertos mediante técnicas borrosas, hasta la generación de los escenarios más posibles basada en el análisis de patrones.

Tecnalia jugó un importante papel en este estudio, como socio tecnológico encargado de aportar el conocimiento de las nuevas tecnologías para la realización del estudio de prospectiva.

6.2. Selección de eventos

Los analistas del Instituto seleccionaron los eventos más característicos que pueden definir el escenario futuro que encamine la definición de una defensa común europea.

La elección de los eventos juega un importante papel dentro del estudio.

Los eventos han de ser independientes unos de otros y deben ser un número reducido de manera que permitan generar un número de escenarios computacionalmente manejable.

Los analistas del IEEE decidieron que los eventos representativos de este ámbito, los cuales se detallan a continuación:

Evento 1: El Consejo Europeo decide por unanimidad la puesta en marcha de una defensa común europea, conforme a lo establecido en el artículo 42.2 del Tratado de la Unión Europea de Lisboa.

Evento 2: La UE establece una nueva estructura única cívico-militar de planeamiento estratégico de operaciones y misiones PCSD, incrementando la coherencia entre las cuestiones civiles y militares, al ser ese el valor añadido específico de la Unión.

Evento 3: La Unión Europea tiene capacidad de cumplir el nivel de ambición establecido por la “Declaración del Consejo sobre refuerzo de capacidades” de 2008, para sus operaciones militares PCSD.

Evento 4: Se completan con éxito las principales iniciativas en marcha, en el ámbito de las capacidades militares, tomando como referencia el Plan de Desarrollo de Capacidades (CDP) aprobado por la EDA en julio de 2008.

Evento 5: En base a criterios operativos y de eficiencia económica, se llevan a cabo los proyectos de desarrollo y optimización de las capacidades militares de la UE, explorando la puesta en común de los esfuerzos, la especialización y la compartición de costes.

Evento 6: Se logra una base industrial y tecnológica de la defensa en Europa (EDTIB) capaz de responder a los requerimientos de los estados miembros de la UE y de apoyar la PCSD, en base a la estrategia establecida por la EDA en mayo de 2007.

Evento 7: De acuerdo con el “Objetivo de Capacidades Civiles 2010”, se mejora la capacidad de la UE de anticiparse, reaccionar, planear y ejecutar sus misiones civiles, para asegurar que se despliegan rápida, y eficazmente.

6.3. Selección de cuestionarios

Tras la selección de los eventos que podrían formar parte del futuro escenario, es necesario confeccionar los cuestionarios que deberán ser contestados por los expertos.

El número de escenarios posibles asociados a siete eventos asciende a un total de 128.

No es viable presentar 128 cuestionarios a los expertos pretendiendo abarcar todo el espacio de escenarios posibles. Por tal motivo, es necesario seleccionar aquellos escenarios más representativos en virtud de la relevancia de los eventos que contienen.

En TECNALIA se realizó la selección atendiendo a la información suministrada por los analistas del IEEE y en virtud de la importancia de los eventos.

El proceso de selección es minucioso, y pretende abarcar todo el espacio de posibles escenarios eligiendo los más representativos. Teniendo en cuenta que un exceso de cuestionarios cansaría al experto, condicionando la calidad de sus respuestas. Por otro lado, un número escaso de los mismos podría dejar sin representación en la consulta a un determinado espacio de escenarios. Inicialmente, se propusieron treinta cuestionarios al IEEE, atendiendo a la disponibilidad en la participación de los expertos a instancias del Instituto, se redujo el número de cuestionarios a veinte. Los cuales abarcaban desde un escenario en el que no se produjera ninguno de los eventos hasta el que contiene a todos ellos.

6.4. Selección del grupo de expertos

El IEEE seleccionó a los expertos con profundo conocimiento en el ámbito en el que se desarrolla el estudio.

La selección del grupo de expertos es una actividad crítica dentro del desarrollo del proyecto. Dos son las premisas fundamentales a la hora de formar el grupo de expertos. La primera, el grado de experiencia, que influye directamente en la fiabilidad de la respuesta. La segunda, el número de expertos que formarán al grupo. Con respecto a la primera, el IEEE seleccionó a los expertos en virtud de su conocimiento y experiencia en el tema de estudio. En este caso se consideró que la respuesta de cada uno de los expertos tenía el mismo peso o credibilidad. No ha sido por tanto necesario ponderar las respuestas de los expertos, circunstancia que el método basado en agentes permite. Con respecto al número de expertos que forman el grupo, se considera que el número mínimo adecuado es quince. Un número menor podría dar, según el caso, una información insuficiente en la consulta, mientras que un número excesivo podría dar respuestas redundantes además de complicar la comunicación y control de plazos de respuesta de los componentes del grupo.

A partir de los veinte cuestionarios y teniendo en cuenta sus cinco posibles respuestas, se obtendrá un total de cien reglas.

6.7 Obtención de información

El método basado en agentes¹² utiliza la opinión de los expertos suministrada individualmente para fundirla con el resto de las opiniones del grupo con posterioridad. Aquellas reglas o escenarios seleccionados por un mayor número de expertos recibirán un coeficiente de ponderación mayor.

El módulo de inferencia borrosa nos permite cuantificar la respuesta del conjunto de expertos con respecto a cada uno de los veinte cuestionarios. Al estar ponderadas las reglas que describen cada escenario, los valores cuantificados que se obtienen se expresan de manera relativa al conjunto total de escenarios reflejados en los cuestionarios. De esta manera una determinada regla tendrá más incidencia cuanto mayor sea el número de expertos que la han seleccionado y se cuantificara de manera relativa al total de reglas.

Los valores cuantificados obtenidos para cada cuestionario tras la creación del módulo de inferencia borrosa, se expresan en la siguiente tabla:

	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	VALOR	CALIFICACIÓN
Cuestionario1	0	0	0	0	0	0	0	0.151	Baja
Cuestionario2	0	0	0	0	1	1	0	0.538	Media
Cuestionario3	0	0	1	0	0	0	0	0.529	Media
Cuestionario4	0	0	1	1	1	0	0	0.5	Media
Cuestionario5	0	1	0	1	0	0	0	0.624	Media (Alta)
Cuestionario6	0	1	0	1	1	1	0	0.469	Media
Cuestionario7	0	1	1	1	1	0	1	0.504	Media
Cuestionario8	1	0	0	1	0	1	0	0.328	Baja
Cuestionario9	1	0	1	0	0	0	0	0.345	Baja

12 CASTILLO, José Miguel. Una solución a la planificación de operaciones para la defensa basada en agentes inteligentes. Ministerio de Defensa. 2009

Cuestionario10	I	O	I	O	O	I	I	0.379	Media
Cuestionario11	I	O	I	I	I	O	O	0.332	Baja
Cuestionario12	I	I	O	O	O	O	I	0.411	Media
Cuestionario13	I	I	O	O	I	O	O	0.41	Media
Cuestionario14	I	I	O	O	I	I	I	0.377	Media
Cuestionario15	I	I	O	I	O	I	O	0.348	Baja
Cuestionario16	I	I	I	O	O	O	O	0.403	Media
Cuestionario17	I	I	I	O	I	O	I	0.362	Baja
Cuestionario18	I	I	I	I	O	O	O	0.362	Baja
Cuestionario19	I	I	I	I	O	I	I	0.332	Baja
Cuestionario20	I	I	I	I	I	I	I	0.286	Baja

o: Evento no existe en el escenario

i: Evento existe en el escenario

6.7. Obtención de escenarios posibles

Tras el análisis de la información con el sistema asistido por ordenador se han obtenido los siguientes resultados:

- Escenarios con posibilidad Muy Alta de ocurrencia: NINGUNO
- Escenarios con posibilidad Alta de ocurrencia: 43
- Escenarios con posibilidad Media de ocurrencia: 85
- Escenarios con posibilidad Baja de ocurrencia: NINGUNO
- Escenarios con posibilidad Muy Baja de ocurrencia: NINGUNO

La herramienta HELP proporciona el listado de escenarios ordenados de mayor a menor posibilidad de ocurrencia. Dentro del conjunto de escenarios con Alta posibilidad a continuación se muestra el que HELP señala como más posible.

Solucion 1

Evento 3: La Unión Europea tiene capacidad de cumplir el nivel de ambición establecido por la Declaración del Consejo sobre refuerzo de capacidades de 2008, para sus operaciones militares PCSD.

Evento 4: Se completan con éxito las principales iniciativas en marcha, en el ámbito de las capacidades militares, tomando como referencia el Plan de Desarrollo de Capacidades (CDP) aprobado por la EDA en julio de 2008.

Evento 5: En función criterios operativos y de eficiencia económica, se llevan a cabo los proyectos de desarrollo y optimización de las capacidades militares de la UE, explorando la puesta en común de los esfuerzos, la especialización y la compartición de costes.

Evento 6: Se logra una base industrial y tecnológica de la defensa en Europa (EDTIB) capaz de responder a los requerimientos de los estados miembros de la UE y de apoyar la PCSD, a partir de la estrategia establecida por la EDA, en mayo de 2007.

Evento 7: De acuerdo con el Objetivo de Capacidades Civiles 2010, se mejora la capacidad de la UE de anticiparse, reaccionar, planear y ejecutar sus misiones civiles, para asegurar que se despliegan rápida y eficazmente.

7. CONCLUSIÓN

En este artículo se presenta la idea de usar el análisis prospectivo de escenarios para prever posibles situaciones futuras especialmente de crisis o riesgo. El uso de una herramienta tecnológica sencilla y aplicable para el apoyo a la realización de estudios estratégicos facilita la elaboración y análisis de la información en corto espacio de tiempo. En el presente artículo se han detallado los procesos para obtener información de un grupo de expertos humanos con objeto de crear posibles escenarios futuros. Un proceso similar se puede utilizar para analizar la implicación de los posibles escenarios en relación con otros no relacionados.

El uso de una tecnología que permite evitar complejos métodos estadísticos, así como el desarrollo de la herramienta informática HELP que apoya el análisis de escenarios, facilita la repetición del estudio prospectivo si el escenario varía o si nuevos eventos surgen inesperadamente.

Por otra parte, al comparar el presente trabajo con los métodos clásicos se pueden enumerar las siguientes ventajas:

- Un uso natural de las etiquetas lingüísticas en lugar de probabilidad para definir la posibilidad o intensidad de los acontecimientos.

- El logro de un criterio común del grupo de expertos, sin necesidad de utilizar el método Delphi^{13,14}.
- El estudio de las implicaciones del escenario futuro a través de un análisis de los eventos que deben ser modificados con el fin de obtener un escenario ideal.

Por último, se ha puesto de manifiesto la aplicabilidad de esta tecnología con el desarrollo de tres casos de estudio reales.

Es importante remarcar la necesidad de realizar un seguimiento periódico al escenario futuro diseñado, ya que el devenir de los acontecimientos puede variar el conjunto de eventos que influyen en el escenario. Por tal motivo, es aconsejable realizar una revisión de los estudios prospectivos de escenarios futuros, al menos con periodicidad bianual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAS, Enric. *Prospectiva. Cómo usar el pensamiento sobre el futuro*. Ariel, 1999
- CASTILLO, José Miguel. *Una solución a la planificación de operaciones para la defensa basada en agentes inteligentes*. Ministerio de Defensa. 2009. ISBN 978-84-9781-473-7
- CASTILLO, José Miguel et al. *Strategic Planning: A new approach through MECIMPLAN*. Proc. of the IAT Int. Conf. Honk-Kong (China). 2006
- DALKEY, Norman .C. *Méthode Delphi*. Dunod. 1975
- DURFEE, Edmund et ali. *Integrating Multiagent Coordination with Reactive Plan Execution*. Proceedings of the ACM Conference on Autonomous Agents (Agents-01), pages 149-150, June. 2001
- GODET, Michel. *De l'anticipation à l'action. Manuel de prospective et de stratégie*. Dunod. 1993
- MARTIN, Brian R. *Foresight in Science and Technology. Technology Analysis and Strategic Management*, 7, pp.139-68. 1995
- MUCH, Richard et ali. *Intelligent Software Agents*. Prentice Hall. 1999
- NILSSON, Nils J. *Artificial Intelligence: A new synthesis*. Mc-Graw Hill. 1998
- SUGENO, Michio. *Industrial applications of fuzzy control*. Elsevier Science Pub. Co. 1985

¹³ TUROFF, Murray. The Past, Present and future of Delphi. Futura journal. Helsinki, 2009

¹⁴ DALKEY, Norman C. Méthode Delphi. Dunod. 1975

TUROFF, Murray. *The Past, Present and future of Delphi*. Futura journal. Helsinki, 2009

ZADEH, Lofti A. *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*, Parts 1-3. Information Sciences. 1975