

SISTEMAS EXPERTOS PARA LA NAVEGACION

*José Maldifassi Pohlhammer
Capitán de Corbeta*

Introducción

La navegación en general y la de aguas restringidas en particular debe hacer uso de todos los medios de ayuda disponibles para asegurar la vida de los tripulantes, la seguridad de las naves y la no contaminación del ecosistema marino. A lo largo de la historia, grandes adelantos tecnológicos han permitido que la navegación sea cada vez más segura y expedita. La electrónica moderna ha mejorado aún más los márgenes de exactitud en el posicionamiento de las naves, tanto en alta mar como en aguas restringidas, cooperando notablemente a la seguridad en el mar. Se puede decir que estos adelantos han ocurrido en la parte del *hardware*, en lo que tiene relación con la ayuda a la navegación. El presente artículo presenta el empleo de *software* en lo que a esta materia respecta, a partir de estudios llevados a cabo en el Departamento de Ciencias de Decisión y Sistemas de Ingeniería del Instituto Politécnico de Rensselaer, Estados Unidos.

Sistemas expertos

Los sistemas computarizados de apoyo a la toma de decisiones permiten que el responsable de tomar la decisión pueda obtener datos y probar diferentes soluciones alternativas durante el proceso de resolución de un problema. El énfasis es en el concepto de "apoyo" al usuario, más que en la automatización de las decisiones. La mayor utilidad de los sistemas de apoyo computarizados corresponde a los denominados problemas "semi-estructurados", en los cuales parte del análisis puede ser sistematizado por el computador, pero que requieren de la intuición y el juicio del responsable de adoptar las decisiones para controlar todo el proceso.

Los sistemas expertos pueden ser considerados un tipo particular de sistemas computarizados de apoyo a la toma de decisiones. La característica única y particular de un sistema experto es la "base de conocimientos" y los datos y reglas de decisiones que representan la "pericia" (experiencia y conocimiento). Un sistema experto es un procedimiento computacional que guía la ejecución de tareas o actividades no estructuradas, que usualmente requieren experiencia y conocimiento especializado. Mediante el uso de un sistema experto, un neófito puede obtener resultados comparables a los de un experto en el ámbito específico de un problema.

La elaboración de un sistema experto se justifica cuando se da alguna de las siguientes condiciones:

- La ejecución de la tarea o actividad tiene un alto retorno (económico, social, político, militar, etc.).
- Existe el peligro de perder la experiencia acumulada por ciertas personas y éstas son muy escasas.
- La experiencia es necesaria en muchos lugares al mismo tiempo.
- La experiencia es necesaria en lugares de alto riesgo o en un ambiente hostil.

La elaboración de un sistema experto se hace posible cuando se cumplen todas las siguientes condiciones:

- La actividad o tarea no requiere de "sentido común".
- La actividad o tarea sólo requiere de habilidades intelectuales.
- La tarea no es ni muy compleja ni muy fácil.
- Existen expertos genuinos.
- Los expertos pueden explicar explícitamente los procedimientos que emplean.
- Los expertos concuerdan en las soluciones a adoptar.

En la actualidad existe una serie de sistemas expertos de variada aplicación en las áreas de medicina, ingeniería, geología, etc. Algunos de estos sistemas se encuentran todavía en las fases experimental o de investigación, pero su uso ha demostrado satisfacer los requerimientos establecidos originalmente. En la medida que se continúe investigando en estas variadas aplicaciones, la experiencia acumulada permitirá futuras mejoras.

Un sistema experto prototipo para la navegación

Dentro de las fases para la elaboración de un sistema experto se encuentra la demostración práctica de la utilidad de dicho sistema mediante la elaboración de un prototipo, el cual se emplea en etapas sucesivas para mejorar sus características y llegar finalmente a un producto o sistema comercial de amplia aplicación. Dentro de este esquema, el Departamento de Ciencias de Decisión y Sistemas de Ingeniería del Instituto Politécnico de Rensselaer elaboró un Sistema Experto de Practicaje (SEP). En la elaboración de dicho sistema han trabajado los profesores William Wallace, ex oficial de la Armada de Estados Unidos, y Martha Grabowski, egresada de la Academia de la Marina Mercante de Estados Unidos y que posee el título de Segundo Piloto. El proyecto fue financiado, en parte, por el Ministerio de Transporte, Subsecretaría de Administración Marítima.

El propósito del *software* desarrollado consistió en demostrar el uso de la tecnología de los sistemas expertos en el diseño de una ayuda a la toma de decisiones por parte de los capitanes de naves, pilotos de guardia en el puente y prácticos, navegando en aguas restringidas, como también la evaluación práctica del SEP como ayuda a la navegación, mediante su uso en el simulador de la Academia de la Marina Mercante mencionada.

La base de conocimiento del SEP consiste en una serie de reglas, definidas a partir de reglamentos que definen las normas y procedimientos para tránsito en aguas restringidas, como también del conocimiento práctico de los autores del trabajo. Junto con lo anterior hay una diversidad de variables dependientes de las condiciones de la navegación, algunas a ser alimentadas manualmente al computador y otras obtenidas a partir de los datos aportados directamente por los sistemas de ayuda a la navegación que posee la nave (radar, LORAN C, navegación por satélite, etc.), y las condiciones de operación de la nave (rumbo, velocidad). La lógica de reglas y variables permite determinar las acciones a ser adoptadas por el que en ese momento resulte ser el responsable de pilotar la nave.

La evaluación del SEP se llevó a cabo tomando como problema de referencia la salida del puerto de Nueva York, dividida en cinco mangas. Alumnos de la Academia de Marina Mercante en su último (cuarto) año, divididos en ocho tripulaciones de tres miembros, fueron evaluados mediante el simulador de navegación con que cuenta dicha academia, una nave de 30 mil toneladas *deadweight* con la cual los alumnos estaban familiarizados en sus entrenamientos. Cada tripulación pasó por el simulador tres veces, la primera con buena visibilidad y sin la ayuda del sistema experto; la segunda con escasa visibilidad y con el sistema experto accesible sólo a tres de las ocho tripulaciones, y la tercera también con

escasa visibilidad, pero con el sistema experto accesible a las cinco tripulaciones que no lo habían empleado anteriormente.

Se consideraron dos índices para determinar la efectividad de las tripulaciones durante la navegación. La primera consistió en evaluar el comportamiento de ellas en el puente en base a: 1) Cumplimiento de las órdenes de zarpe y navegación del capitán; 2) empleo de las comunicaciones y planes de viaje; 3) coordinación en el puente por parte de la tripulación; y 4) cumplimiento de las reglas de navegación y uso adecuado de las ayudas a la navegación. Adicionalmente se contaron las órdenes del puente relativas a cambios de velocidad, cambios de rumbo, etc. El otro índice de efectividad empleado fue la correcta posición de la nave durante la travesía, medida a partir de la línea media del canal de zarpe correspondiente y en base a parámetros estadísticos del *track* obtenidos del simulador.

Resultado de la prueba del SEP

Los resultados obtenidos de las pruebas en el simulador indicaron que con la ayuda del SEP las tripulaciones mejoraron su desempeño en el puente, el número de órdenes de cambio de rumbo disminuyó y las comunicaciones externas específicas aumentaron, como también mejoró el cumplimiento de los procedimientos de navegación y seguridad. De igual forma, las tripulaciones efectuaron la totalidad de las llamadas de seguridad exigidas, se comunicaron adecuadamente con las otras naves de tránsito y con las autoridades marítimas del puerto de Nueva York. Las tripulaciones que contaban con el SEP ejecutaron en mejor forma los procedimientos de navegación en baja visibilidad, en comparación a las que no contaban con esta ayuda. Pese a esto, el SEP no aseguró el cumplimiento de la totalidad de los procedimientos de seguridad y navegación exigidos.

Por otro lado, la ayuda que significó el SEP en relación al posicionamiento de la nave en el canal no fue del todo clara y los resultados de las tripulaciones con y sin su ayuda no indicaron un mejoramiento significativo.

Como resultado final de la evaluación se concluyó que el SEP empleado permitió efectivamente que tripulantes sin experiencia realizaran una navegación más segura, dando cumplimiento a la casi totalidad de los procedimientos de comunicaciones y seguridad requeridos.

Perspectivas a futuro

En la actualidad, el grupo de investigación del Instituto Politécnico de Rensselaer continúa trabajando en esta materia, con el objetivo de llegar a desarrollar un sistema experto de amplia aplicación para navegación en aguas restringidas. El Gobierno de Estados Unidos continuará financiando este desarrollo, para permitir que a futuro sea posible evitar los accidentes marítimos, en particular como el que causó el derrame de petróleo en Alaska.

Los sistemas expertos permitirán a futuro que una variedad de tareas que requieren de experiencia y conocimiento práctico puedan ser realizadas por personas que no posean estas condiciones. El empleo de sistemas expertos como ayuda a la navegación en aguas restringidas es un área de investigación con la cual nuestro país podría verse beneficiado, por las dificultades que representa la navegación en los canales australes y también como una forma de empleo tecnológico de los medios, para asegurar la vida humana en el mar y la preservación del ecosistema marino.

Las áreas de aplicación de los sistemas expertos son tan variadas como las actividades de nuestra sociedad moderna. En el campo táctico ayudarán a los comandantes de unidades

de escasa experiencia a desempeñarse casi tan eficientemente como otros más avezados, mejorando el empleo de las armas y facilitando la toma de decisiones en un amplio espectro de materias.

BIBLIOGRAFÍA

- **Gordon B. Davis and Margrethe H. Olson:** *Management Information Systems*. MacGraw Hill, segunda edición.
- "Introduction to Expert Systems", Ware Mayers, IEEE Expert, 1986.
- **Martha Grabowski and William Wallace:** *An Expert System for Maritime Pilots*, Rensselaer Polytechnic.