

EL GRUPO DE ANÁLISIS DE DECISIONES (G.A.D.) DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS (1992-98)

Editor: Sixto Ríos García

PRESENTACIÓN

RESUMEN

En los albores del próximo siglo, se aproximan tiempos de cambio global en los que la humanidad debe afrontar problemas de decisión cada vez más complejos. Son cuestiones ¿como hacer frente a un accidente nuclear?; ¿debe suministrarse cierto tratamiento, con riesgo de muerte, a un paciente?; ¿qué prima económica debe darse al dueño de un bosque utilizado como sumidero de CO₂?; ¿cuál es la inversión financiera más adecuada?; ¿qué oferta energética debe realizar una compañía eléctrica en un mercado competitivo? El Análisis de Decisiones proporciona una metodología coherente para el tratamiento de estos problemas complejos, caracterizados por la presencia de objetivos conflictivos, intereses de varios grupos, niveles altos de riesgo e influencia del tiempo en las tareas de gestión.

Tras una introducción a los conceptos básicos, se describen aplicaciones relevantes del Análisis de decisiones por destacados especialistas en las áreas de energía, medio ambiente, medicina, finanzas...

Enfasis especial se pone en este artículo introductorio en la elección de estrategia y direcciones más adecuadas que introdujimos para organizar en 1992 el Grupo de Análisis de decisiones (G.A.D.) de la Real Academia de Ciencias, que asociado a otros G.A.D. de distintos Centros de Investigación, Ministerios, Hospital Gregorio Marañón,... colaboran actualmente con notoria actividad y eficacia al desarrollo del Análisis y Teoría de decisiones en problemas importantes de nuestro país.

1. OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN DEL GRUPO DE ANÁLISIS DE DECISIÓN (GAD), EN LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

Nuestra comunidad científica puede considerarse como un conjunto de estratos: Real Academia de Ciencias y Academias regionales, Centros del C.S.I.C., Centros de Investigación estatales y Centros asociados a empresas; Departamentos Universitarios y de Escuelas Técnicas

Superiores y Medias, Sociedades científicas,...

Convencidos de la importancia de que la sociedad tenga un buen conocimiento y opinión sobre la comunidad científica y en particular sobre la Real Academia, creemos que ésta, mediante su actividad, debe hacerse merecedora de la consideración del ápice de este conjunto en el mejor sentido de la palabra.

En esta dirección, para lograr una colaboración eficaz de estos estratos en el gran problema de impulsar la investigación en nuestro país, planteamos un proceso de sucesiva aproximación de nuestra Real Academia a otros Centros de investigación científica y desarrollo, para formar Grupos Activos de colaboración con un Grupo de la Academia, que tendría el papel inicial de orientación, integración y dirección de la actividad. En nuestro caso el tema elegido Análisis de Decisiones, de un fuerte carácter multidisciplinar, permitió pronto tratar temas de tanta relevancia en las aplicaciones como la selección multicriterio del material apropiado al uso de los ejércitos, la regulación del gasto de agua para diversos objetivos de nuestros embalses, el diseño de arboles de decisión más adecuados al tratamiento de la ictericia en recién nacidos o el tratamiento precoz de cáncer de mama.

Estos Grupos Activos de Colaboración han conducido así a trabajos de equipo multidisciplinarios, con las consiguientes publicaciones en libros y revistas internacionales, a través de seminarios y de coloquios celebrados en la Academia.

Creemos que este tipo de colaboración y actividad, si se logra estabilizar, debe ser más eficaz al fin último señalado que la organización de conferencias dirigidas al gran público o incluso a especialistas, que a lo largo de los años se han mostrado poco receptivos para estas actividades a las que la Real Academia ha dedicado un gran esfuerzo y entusiasmo digno de los mayores elogios.

No se trata de conferencias aisladas ni de convertir a la Real Academia en un «consulting», sino de seleccionar algunos temas científico - sociales actuales, importantes y sig-

nificativos sobre los que mostrar caminos ejemplares de colaboración eficaz para mejorar la toma de decisiones (T.D.). Nos hacemos la ilusión de que podría llegar pronto incluso la ocasión de colaboración regular y estable con organismos estatales importantes (Parlamentos, Administraciones, Partidos,...) para acceder a una toma de decisiones en asuntos que no son meramente políticos como algunos creen y quieren hacer creer, sino que pretende y debe tener su respaldo científico, como ya en algunos países hace tiempo se viene haciendo. Por ejemplo, el ministro finlandés de comercio en una conferencia en el IIASA (1989) ha dicho: «el gobierno finlandés ha aplicado en el pasado con regularidad modelos de decisión subjetivos múltiples para mejorar la eficiencia de las operaciones y obtener mejor comprensión de procesos de decisión complejos. Un ejemplo de tales aplicaciones es un estudio realizado en cooperación con el National Board of Economic Defense para preparar planes para el manejo de situaciones de emergencia, tales como accidentes en una planta nuclear, embargos comerciales o conflictos internacionales. Con la ayuda de estos modelos, Finlandia está ahora mejor preparada para hacer frente a situaciones de emergencia. Opino que en Finlandia el sector público mantiene la creencia de la utilidad y aplicabilidad de los métodos analíticos de decisión para resolver problemas importantes como los señalados».

Estos y otros similares son los argumentos que brevemente expusimos al Presidente de la Fundación BBV y del Colegio Libre de Eméritos Prof. J.A. Sánchez Asiaín a fin de que nos concediera una ayuda adecuada para realizar algunos proyectos en el marco de la Real Academia de Ciencias.

He aquí las dos alternativas de actividades de trabajo, que ofrecemos.

1ª alternativa. Redactar y publicar un libro sobre *Modelización matemática*, que contribuyera a la formación del hombre culto de nuestro tiempo, haciéndole comprender las ideas básicas de la Modelización matemática necesarias en las más diversas actividades que van de la ciencia y la tecnología a los aspectos organizativos, productivos, sociales,... de la vida moderna.

2ª alternativa. Estudio experimental de los procesos complejos de decisión y sus aplicaciones. Desde los trabajos iniciales de Von Neumann para buscar una fundamentación lógica de los procesos de decisión, sigue siendo siempre necesario aportar nuevas ideas, cuya comprensión y formulación adecuadas pueden tener una influencia importante en los distintos ámbitos en que se toman continuamente decisiones relativas a problemas complejos y mal estructurados de la sociedad actual, consecuencia del conflicto entre fuerzas económicas, políticas, técnicas, ecológicas,... y cuya resolución rebasa los tratamientos intuitivos tradicionales.

La validación de los modelos del actual Análisis de decisiones, aunque tiene una cierta analogía con los métodos que se utilizan en otras ciencias (como los de las medidas de magnitudes en Física), presenta dificultades nuevas a causa principalmente de la gran variedad de los comportamientos

individuales ante una misma situación real de decisión. Esta es la causa de la gran necesidad de definir lo que es un «comportamiento racional» y la gran discusión sobre las propiedades y difícil unicidad del mismo. Su estudio ha sido y continuara siendo origen y fuente de investigaciones de interés en las teorías de la utilidad, básicas para la decisión.

Se trataría con este trabajo, dirigido y realizado por matemáticos, estadísticos, informáticos, médicos, abogados, militares, psicólogos, etc., de organizar una serie de seminarios en que profesionales de distintas formaciones tomaran decisiones ante situaciones experimentales reales, adecuadas por el equipo director, en colaboración con algunos profesionales. Esto permitiría de una parte recoger las respuestas elaboradas en un discurso de interlocutores y poder trabajar con ellas el equipo director en la selección orientativa hacia mejores metodologías de la decisión y problemas teóricos y prácticos con ella relacionados.

Se subraya que un trabajo de este tipo, con un alto nivel de participación de los interesados en el tema, debe tener un impacto mayor para estimular el interés de la sociedad por la actividad de nuestra Academia, que si lo limitamos a un ciclo de conferencias, sin continuidad en tiempo posterior.

El trabajo comenzaría por los modelos de las decisiones individuales (en certidumbre e incertidumbre) para continuar con las decisiones colectivas (en concurrencia o no, con o sin negociación, etc.) decisiones dinámicas,... Todo el material experimental obtenido serviría además como punto de partida para investigaciones y estudios del grupo de trabajo en diversas direcciones, teniendo en cuenta también las posibilidades de cálculo de que dispone la R. Academia.

La amplitud de trabajo estaba subordinada al presupuesto de que se pudiera disponer. Dependía de ello la participación o no de especialistas internacionales, amplitud de la organización de Coloquios, etc.

PROPUESTA A LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

Descartada por la Fundación BBV la publicación del proyectado libro de Modelización, realicé posteriormente el proyecto publicando tal libro en 1996 en Alianza Editorial.

Aceptado el primer proyecto por el Presidente de la Fundación BBV y tras contar con el apoyo entusiasta del Presidente de la Real Academia, hicimos una propuesta análoga, pero más detallada a la R. Academia, que fue aprobada por el pleno e inmediatamente propusimos realizar.

Para terminar, he aquí un esquema de los grupos de trabajo (G.A.D.) integrados con algunos de sus proyectos iniciales.

En curso de agregación se encuentran los GAD de la U. Complutense (Ibarrola, Cano, M^a. J. Ríos, Escudero), Sevilla, Zaragoza, UNED, Oviedo,...

ESQUEMA DE ACTIVIDADES DE LOS G.A.D.

R. ACADEMIA Ciencias Sixto Ríos Darío Maravall P. García Barreno F.J. Girón P. Jiménez Guerra L. Laita 9-II-1995	INTERNATIONAL WORKSHOP ON DECISION ANALYSIS APPLICATIONS 11-12 July 1997 Experimentos de validación de reglas de decisión Decisión theory and Decision Analysis Trends and Challenges (1993, Kluwer, London))
U. Rey Juan Carlos Fac. Informática (UPM) David Ríos Insua Sixto Ríos Insua J.G. Pachón J. Martín P. Müller	Reglas de decisión robustas Control de embalses hidroeléctricos Dr. de calidad en Teoría de la Decisión
Esc. de Ing. Montes Esc. de Ing. Agrón. Carlos Romero Enrique Ballester	Gestión de recursos hídricos (con un grupo de 10 expertos) Gestión de recursos naturales
UNIVERSIDAD DE MALAGA F. J. Girón L. Martínez A. Pedraza	Diagnostico precoz del cáncer de mama
MINISTERIO DE DEFENSA Prof. Torrón Dr. Pacios	Decisiones multiriesgo para nuevo Armamento Prospectiva
HOSPITAL GREGORIO MARAÑÓN Acad. García Barreno Dr. Cañizo Dr. Sánchez Luria Dr. Mancheño	Ictericia de neonatos
UNED y UNIVERSIDAD CARLOS III Acad. Jiménez Guerra Prof. Balbás	Eficiencia de mercados de capitales

3. PRIMERAS ACTIVIDADES DEL GRUPO DE ANÁLISIS DE DECISIONES (1992-93) Y (1993-94)

Constituido tras algunos meses de trabajo en la forma indicada el GAD con un carácter pluridisciplinar por sus trabajos y sus colaboradores, dedicó sus primeras actividades a organizar algunos Seminarios dirigidos a varios grupos de alumnos de la Facultad de Informática, a un grupo de economistas de la Administración de la Sanidad, a un grupo de médicos de la Unidad de Investigación del Hospital Gregorio

Marañón, y a otro de Militares de la Secretaria General Técnica del Ministerio de Defensa, de la Escuela Politécnica Superior del Ejército y de la Escuela Superior de Armas Navales, de las Escuelas de Ingenieros de Montes y Agrónomos... El objetivo de estos cursillos era doble: primero, contribuir a la formación de profesionales y, segundo, obtener material experimental para los trabajos del GAD mediante el análisis estadístico con los tests diseñados ad hoc para los diferentes grupos, que tenían variados problemas e intereses profesionales.

Debemos recordar que el coste de estos cursillos no se asignó a los Centros ni a los alumnos que los recibieron. Se satisfizo con la subvención del proyecto y parte de las cuotas del Coloquio Internacional y sobre todo con el trabajo desinteresado de los entusiastas colaboradores del GAD.

A cada uno de estos Seminarios de tres días completos asistieron entre 25 y 100 discentes y se celebraron, parte en los locales de la Academia y parte en los Centros de enseñanza, o investigación, colaboradores, lo que contribuyó a la difusión e interés del proyecto.

Estos Seminarios nos permitieron recoger un excelente material de respuestas a los tests de decisión propuestos que nos sirvió para nuestros trabajos de relación entre las decisiones experimentales intuitivas (teoría descriptiva) y las decisiones racionales, basadas en una teoría axiomática. Para facilitar la comprensión del resto de este artículo vamos a hacer una referencia a algunos conceptos y desarrollos básicos.

4. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DE PROCESOS DE DECISIÓN

El estudio de las decisiones individuales en problemas complejos en que se suponen conocidos con certidumbre los resultados finales de las alternativas posibles y tales resultados se consideran medibles con criterio único bien definido ha conducido a la introducción, a partir de las décadas 1950 y 1960, de la Investigación Operativa (I.O.), conjunto de metodologías de optimización matemática conocidas como programación lineal y no lineal, programación paramétrica, dinámica, etc. Tales técnicas, con ayuda del ordenador, surgido en los mismos años, permiten resolver con gran precisión y amplia validez los problemas de las aplicaciones que tienen carácter determinista y monocriterio. Pero pronto se advirtió que cuando en las consecuencias interviene el azar o la incertidumbre, o múltiples criterios o varios decisores, etc., se hace necesario introducir, para su valoración adecuada, nuevas ideas y conceptos, y es entonces cuando comienza propiamente la Teoría de la Decisión que, justamente por estas características peculiares, se diferencia de la Teoría clásica de la Programación y Optimización. Ambas quedan hoy integradas en la Ciencia de la Decisión y su faceta de aplicaciones el Análisis de Decisión.

Las decisiones más importantes de la empresa, de la administración, de la ecología, de la medicina, de la justicia, implican, en efecto, un porvenir incierto. La investigación, la creatividad, el desarrollo tienen consecuencias cuya característica principal es la incertidumbre, irreducible por su misma esencia y, por tanto, habrá necesidad de intentar medirla y saber que riesgos comportan nuestras decisiones.

Tales medidas no deberán ni podrán evitar una componente subjetiva, que permita tener en cuenta las creencias y las preferencias personales del interesado en relación con la situación de decisión y sus resultados posibles.

Nuestro objetivo será ver cómo se pueden respetar y compaginar los aspectos inevitablemente subjetivos de la decisión individual, con una cierta lógica que ayude a racionalizar las decisiones. En este contexto se trata de agregar nuevos axiomas plausibles a los de la lógica ordinaria y la aritmética, de modo que al comportarse de acuerdo con ellos, estemos seguros de que tomamos mejores decisiones que si prescindimos de los mismos, a lo que llamaremos «comportamiento racional».

La aparición hacia 1943 de los trabajos de V. Neumann-Morgenstern representa el punto de partida del tratamiento científico moderno de los problemas de decisión individual y también de las decisiones en concurrencia: juegos de estrategia, negociaciones, ... Las investigaciones de Arrow son paralelamente, a partir de 1951, el origen del estudio de los problemas de las decisiones colectivas fundamentales en la vida política de las sociedades modernas. Una idea de la importancia del tema se tiene al considerar que al menos una docena de Premios Nobel: Arrow, Debreu, Koopmans, Allais, Simon, Markowitz, Frisch, Nash, Selten, Harsanyi, Black, Scholes, Sen, han dedicado buena parte de sus investigaciones a los problemas de las decisiones humanas, cuya versatilidad inagotable ha hecho necesarios los esfuerzos de matemáticos, estadísticos, informáticos, psicólogos, economistas, ingenieros, militares, médicos, abogados, politólogos, etc., para ir construyendo año tras año una sucesión de metodologías cada vez más abarcativas, pero siempre insuficientes y abiertas a nuevos progresos, lo que constituye un gran atractivo de este estudio claramente multidisciplinar.

Es importante observar que Bernoulli planteó, en varios ejemplos clásicos, con extraordinaria claridad el problema; pero que su solución es bastante criticable. En primer lugar, después de haber insistido en el aspecto subjetivo del problema de la utilidad empieza por dar una función de utilidad en certidumbre, sin tener en cuenta que se trata de preferencias en riesgo. En segundo lugar, sigue aceptando la idea de la esperanza matemática, que había resultado de la aplicación a problemas de pruebas repetidas, olvidando que aquí se trata en general de un problema en que un individuo participa en el juego una sola vez.

Han de pasar doscientos años hasta que Von Neumann y Morgenstern (1943) dan una solución satisfactoria a este problema fundamental de la decisión en incertidumbre. Las dos características que parecen necesarias para la aparición del nuevo paradigma de la utilidad esperada, a saber, la progresiva axiomatización de la matemática (Hilbert, Kolmogoroff, ...) y las fuertes necesidades de las aplicaciones económicas, militares, ... consecuencia de la segunda Guerra mundial, se dan cuando von Neumann y Morgenstern se interesan por tal problema, y consiguen su solución. Solución que no habían logrado ni Laplace ni Gauss, a pesar de que a comienzos del siglo XIX estaban en posesión de esquemas y recursos fundamentales como la probabilidad subjetiva, la fórmula de Bayes, la tabla de decisión de Pascal, la función de pérdida, ...

Cualidades fundamentales del nuevo enfoque sobre la decisión son: 1° el concepto de preferencia se extiende no solo al dinero, sino a objetos complejos (automóviles, viajes en avión, enfermedades, días de curación,...); 2° la utilidad se asocia al concepto de probabilidad mediante la idea de comparar situaciones simples aleatorias y deterministas para pasar a situaciones complejas mediante axiomas de racionalidad sencillos que conducen a la regla de oro de la máxima utilidad esperada (M.U.E.), fundamental para el actual Análisis de decisiones, Teoría de juegos, Negociaciones, Reconocimiento de patrones,...

Inspirado en la medida de las magnitudes de la Física y en sus observaciones psicológicas de las partidas de póker de Princeton, introducen VN-M las ideas radicalmente nuevas de relación de preferencia sobre las loterías y la operación natural de mixtura de dos loterías. Con esto establecen como modelo teórico una estructura de preorden completo sobre un conjunto de loterías, que verifican la operación lineal de mixtura, un axioma de sustitución y un axioma de continuidad. Con ello demuestran la existencia de la esperanza de utilidad, que es un funcional lineal isótono, fiel y único, salvo una transformación lineal.

En definitiva, en la aplicación práctica, esto se traduce en que si las preferencias de un decisor obedecen unos ciertos axiomas de gran fuerza intuitiva, este decisor debe comportarse como si se tratara de maximizar la utilidad esperada, principio de máxima utilidad esperada (M.U.E.). Las dos diferencias fundamentales con Bernoulli son: 1° que refleja las preferencias en riesgo del decisor en cualquier situación compleja como consecuencia de sus preferencias en situaciones simples. 2° al considerar una situación única de decisión no utiliza para nada, la repetición de juegos y ley de los grandes números.

Las breves indicaciones de los fundamentos de la Teoría de la Decisión expuestas, constituyen la base de la moderna metodología llamada Análisis de decisiones, cuyo instrumento básico es el árbol de decisión para lograr una representación detallada explícita de todos los escenarios que pueden aparecer en el curso de un proceso de decisión.

La idea directriz en este enfoque es la consideración profunda de los elementos y aspectos, no necesariamente numéricos, de los problemas, comenzando por lo que podríamos llamar modelización estructural, porque incluso puede ser más fácilmente comprendida por los decisores o clientes (médicos, administradores,...) que los aspectos de asignación y cálculo numérico efectivo, que tradicionalmente constituyen el dominio de los especialistas por implicar en su operacionalismo la metodología probabilística bayesiana u otras. Estos aspectos cuantitativos se incorporarían al modelo en una segunda etapa, que será mejor aceptada una vez que el decisor ha penetrado en el esquema presentado por el analista de decisiones. En definitiva, tal modelo deberá ser una consecuencia del intercambio y ajuste entre el modo intuitivo de pensar del decisor y la ayuda científica del analista. Este será el camino para llegar al se que suele llamar modelo requisito, satisfactorio para el decisiólogo o teórico de la decisión y para el decisor interesados en la decisión.

De los dos aspectos fundamentales que se manejan para llegar a la selección de alternativas de decisión, a saber, las preferencias y las creencias, puede decirse que las primeras son más fáciles de comprender por el decisor, gracias a los axiomas sencillos e intuitivos que les atribuimos para su manejo. En cambio, es bastante reciente, gracias a trabajos de Dawid, Smith, Pearl, Allard,..., el haber concretado el concepto de relevancia, como fundamental para la relación de indiferencia entre variables inciertas, gobernado por los axiomas de Dawid.

Basado en estas directrices, el enfoque tradicional del diseño de un árbol de decisión se reduce a construir paso a paso un grafo de tipo árbol, en el que el origen representa la situación inicial y el resto del árbol representa, en orden cronológico, los movimientos que corresponden al decisor y los que tiene carácter de azar o incertidumbre. De los primeros parten arcos o ramas que corresponden a alternativas para el decisor y de los segundos representan sucesos posibles.

Tras la laboriosa asignación de utilidades y probabilidades condicionadas, se llega finalmente al modelo del problema ya en forma numérica. La propiedad fundamental de la utilidad esperada, asociada al método regresivo de la programación dinámica permite, partiendo de los nodos últimos en que se encuentran las utilidades finales, regresar, obteniendo en cada paso el nodo de decisión al que corresponde máxima utilidad esperada, para llegar, finalmente, al origen con la solución deseada.

Estos árboles de decisión (introducidos por Raiffa en 1968) han sido el punto de partida de notables perfeccionamientos como los diagramas de influencia, diagramas de influencia imprecisos que adoptan la teoría robusta establecida por D. Ríos Insua (1992) para poder tener en cuenta la posible presencia de imprecisión en los juicios del decisor,...

Todos ellos se encuentran en el concepto de sistema de soporte a la decisión (o ayuda a la decisión), conjunto de esquemas de explicación y cálculo que se asocian a un problema de decisión a fin de que el decisor pueda obtener un resultado concreto y utilizable para la T.D.

5. EL COLOQUIO DE MADRID (2-5, 1993) DECISION MAKING, TOWARDS 21ST CENTURY

Con el objetivo de estimular nuestras relaciones internacionales y el trabajo de los especialistas se organizó este Coloquio que tuvo un gran éxito en su desarrollo con la asistencia de 100 investigadores. A la conferencia inaugural del Prof. H. Raiffa, siguieron otras tres conferencias de los Profs. S. French, J.Q. Smith, P.M. Schoemaker y E. Russo que dieron una excelente panorámica del actual Análisis de Decisiones y su proyección al futuro.

Puede decirse que la tercera parte de los trabajos fueron españoles y la mayor parte de estos pertenecen a los GAD en gran parte en colaboración con el GAD de la Real Academia. Contribuciones que debemos destacar son las de

Girón que hace un estudio de la dominancia estocástica con aplicaciones a la inferencia bayesiana, los trabajos notables de Romero y Balletero sobre aplicación de la programación de compromiso a importantes problemas económicos,...

Fue un éxito que la editorial Kluwer nos pidiera y realizara la publicación del Coloquio (249 págs.) del que S. Ríos García fue editor, teniendo como coeditores a D. Ríos- Insua y S. Ríos- Insua, en los que recayó el máximo del trabajo «que realizaron con digna perfección de calidad», en frase del Ed. Kluwer.

6. VALIDACIÓN DE TEORÍAS DE LA DECISIÓN MEDIANTE EXPERIMENTOS – trabajos del GAD presentados a los congresos de Madrid (1993) y Oslo (1994)

Un aspecto fundamental del proceso de modelización es la validación del modelo, que nos llevará a aceptarlo para su uso posterior o rechazarlo para reiniciar el proceso de modelización.

La demostración del principio de máxima utilidad esperada, reduce la elección entre dos loterías complejas a la elección entre algunas realmente simples, y esta reducción se logra aplicando únicamente los axiomas básicos de racionalidad admitidos por el decisor. Pero al considerar la toma de decisiones por individuos desconocedores de este principio se ha observado que el proceso ingenuo «de toma de decisiones» presenta a veces desviaciones de los axiomas lo que, por otro parte, es natural aun en problemas sencillos.

Creemos que más bien lo que sería extraño es que los individuos corrientes o incluso iniciados, fueran capaces, en algunos minutos, de suplir la sabiduría acumulada de Bernoulli a Von Neumann, en este tema. Esto está en la misma línea que los frecuentes errores entre algunos profesionales (médicos, abogados, economistas, etc.) al estimar o interpretar probabilidades o suplir intuitivamente el teorema de Bayes. Ello confirma la necesidad de enseñar las cuestiones fundamentales del Cálculo de Probabilidades y del Análisis de Decisiones a las personas implicadas en la toma de decisiones y, al mismo tiempo, explica la excesiva fuerza probatoria que atribuimos a los ejemplos de Allais que, en los años 50 sembraron cierta desconfianza en la validez de estos axiomas en representación del comportamiento humano natural, es decir, en que la hipótesis de la utilidad subjetiva esperada se pueda considerar la base de una teoría descriptiva de la decisión. Pero la contribución de L.J. Savage propone una interpretación alternativa esclarecedora: no se trata de modelizar un objeto, o sistema existente, algo como una realidad física (pe. el movimiento de un péndulo), sino de establecer un conjunto de axiomas que representan una afinada percepción de los valores e incertidumbres en una estructura (modelo normativo) que satisface ciertas condiciones de coherencia, que adoptamos en nuestras decisiones. Esto puede considerarse el núcleo de la definición de teoría normativa de la decisión aceptado en años posteriores, como base fundamental de la teoría bayesiana.

Durante los 70 un gran número de trabajos y experimentos de falsación, siguiendo las líneas de los psicólogos Kahneman-Tversky, significaron la tendencia a construir una teoría de la decisión descriptiva de los pasos dados por distintos individuos al enfocar y tratar de resolver «problemas de decisión de laboratorio».

Este tipo de trabajos críticos, que incluso se extendieron a la lógica aristotélica (con los ejemplos de Wason), estimularon en los 80 el nacimiento de un cierto número de metodologías que explicaban unos u otros defectos que algunos habían encontrado en la teoría de la utilidad subjetiva esperada.

Desde entonces dos son las trayectorias dominantes: a) construir una teoría descriptiva pura, a partir de los datos de experimentos y de las intuiciones resultantes del estudio de los mismos, como es el caso de la «teoría de perspectivas» de Kahneman-Tversky; o bien, b) debilitar o modificar alguno de los axiomas de Von Neumann-Savage, para llegar a una teoría de más amplia aceptabilidad.

Estos trabajos experimentales continúan, como se ve a través de las actas de los Congresos FUR, especialmente dedicados a la teoría de la utilidad, en proceso dirigido a un logro de un modelo sencillo, coherente, bello, y por supuesto, racional, que sea a la vez aceptablemente descriptivo del comportamiento natural de los decisores mas o menos ingeniosos.

Se trata, evidentemente, de un gran programa de investigación en la nomenclatura de Lakatos, al que hemos dedicado una parte de nuestro trabajo y de algunos de nuestros discípulos en diversas etapas de nuestra actividad científica. Lakatos (1970) propone, en efecto, que una teoría científica como la de la utilidad esperada, se considere como un programa de investigación científica constituido por un núcleo duro formado por una hipótesis mantenida, no susceptible de refutación dentro del marco de trabajo, y un cinturón protector de hipótesis contrastables que se van ajustando a la luz de la nueva evidencia empírica. Los programas de investigación contienen, en general, una heurística negativa que incluye hipótesis, no consistentes con el núcleo y una heurística positiva que sugiere el tipo de trabajo que se debe hacer para engendrar y contrastar hipótesis refutables.

Si se repasa el gran número de trabajos dedicados a estas cuestiones se observa una práctica ausencia de experimentos dedicados A) al contraste de la consistencia de las respuestas a través de las tareas y de los objetivos de los decisores, resistencia a la explicación etc., y análogamente B) al tema de la incompletitud y la imprecisión de las preferencias en que tratamos fundamentalmente de aclarar si las inconsistencias pueden ser debidas a la imprecisión de las preferencias.

Los experimentos del GAD de la Real Academia de Ciencias en colaboración con el GAD de la F. de Informática se realizaron a) con 131 estudiantes de la Cátedra de I.O., Facultad de Informática de la UPM, con 11 Jefes de administración de la Sanidad del Gobierno de Madrid, con 16 ofi-

ciales de las fuerzas armadas, con 25 médicos del Hospital Gregorio Marañón. Los experimentos asociados a los cursillos se analizaron con técnicas estadísticas modernas que permitieron conocer con más rigor que en otros estudios anteriores la influencia de distintos factores (formato de presentación, cuestiones de ordenación, precios, sexo, edad, precisión, etc.).

El primer trabajo realizado por S. Ríos, S. Ríos-Insua, D. Ríos-Insua y J.G. Pachón fue publicado en el Coloquio de Madrid, con el título: Experiments in Robust Decision Making.

Un segundo trabajo en esta dirección fue realizado por los mismos autores del anterior a los que se agregaron los Profs. García Barreno y Pacios y su título es: Allais Phenomena and completeness of Preferences. Fue presentado por David Ríos al Congreso FUR VII (1-3 de julio 1994) Oslo. En él se han diseñado y realizado experimentos cuyo objetivo era ver si elecciones del «tipo Allais» conducían a confirmar que los fallos descriptivos se explican por el fallo del axioma de completitud o bien como sostienen otros autores (Allais, Leland,...) consideran que el fallo fundamental radica en el axioma de independencia o sustitución lo que permitió construir una nueva teoría robusta basada en un teorema más general, debido fundamentalmente a D. Ríos, después generalizado en un trabajo posterior de D. Ríos, R.F. Nau y J. Martín (pendiente de publicación) y analizado y aplicado en un trabajo de J. Berger y D. Ríos-Insua (1997) Recent Development in Bayesian Inference with applications in Hydrology (UNESCO), que da un enfoque muy general del problema de la fundamentación de la inferencia y la decisión en incertidumbre, cuando existe incompletitud en los sistemas de creencias y preferencias del decisor, que se modelizan mediante una clase de distribuciones de probabilidad y una clase de funciones de utilidad.

7. CONSOLIDACIÓN DE LOS GAD

Tras estos trabajos preliminares reconocidos internacionalmente y algunos seminarios conjuntos puede decirse que en una reunión del 21-III-1995, se considera consolidada una federación de GAD que podría organizar cursos de Doctorado y Master a través del Instituto de España y la Fundación Universidad-Empresa y que podrían ser financiados por la Comunidad Europea y la Cátedra América en colaboración con el Ministerio de Asuntos exteriores, lo cual se puso en marcha con resultados iniciales satisfactorios.

En efecto, durante el curso 1996-97 continuaron periódicamente los Seminarios sobre los temas indicados y tuvo especial relevancia el que se desarrolló el 11-1-97 sobre el tema de Gestión de recursos hídricos con intervención de un Grupo de expertos de la República Popular de China de acuerdo con el siguiente programa:

Ponentes:

1. Eduardo Gallego. ETSI Industriales, UPM.
The European Project MOIRA. Development of a

computerised system to identify optimal remedial strategies for restoring contaminated aquatic ecosystem

2. Pedro Isasi. Artificial Life Group, U. Carlos III.
Neural networks for predictive control of hydropower stations
3. David Ríos Insua. Decision Analysis Group, UPM.
Managing large reservoir with BayRes
4. Laureano Escudero. U. Complutense.
On modelling water resources planing under uncertainty
5. José Cuena. Head of the Artificial Inteligence Department, Madrid Technical University.
Artificial intelgience methods for real time flood control.

Con la colaboración de los expertos chinos tanto científica como mediante medios auxiliares de traducción, resultó una reunión de excelente calidad y eficacia.

8. PROYECTOS FUTUROS

La vitalidad actual del GAD se manifiesta a través de su proyectada actividad inmediata y a corto plazo:

1. Organización del «International workshop on Decision Analysis Applications», (11-12 julio de 1997, Real Academia de Ciencias) que ha sido publicado en 1998 por la editorial Kluwer en un volumen de 258 paginas, con el título, Applied Decision Analysis cuyo editor el Académico Prof. F. J. Girón con la colaboración de la Prof. Lina Martínez. (Enfocado fuertemente a las aplicaciones, contiene las conferencias magistrales dadas por los Profs. Kadane, Sarriá, D. Ríos- Insua, J. M. Bernardo, Girón, French, Hamalainen, S. Ríos-Insua, C. Romero, R. Keller, P. Muller y unas cincuenta comunicaciones).

Esperemos que este coloquio de nuestra Academia, organizado con el apoyo de las R. Academias de Medicina y de Ciencias Morales y Políticas y el patrocinio del Instituto de España tendrá un gran impacto en la metodología, actualmente en fase de rápida evolución del Análisis de decisiones en sus aplicaciones a la Medicina, Derecho, Ecología, Defensa, Política, Socioeconomía,... campos que cultivan nuestros G.A.D.

2. Proyecto sobre Problemas Complejos de toma de decisiones. Con el objetivo de afianzar con el desarrollo del GAD hemos presentado al Gobierno de nuestra Comunidad de Madrid un proyecto que esperamos permita aplicaciones concretas importantes. He aquí algunas de las líneas descriptivas de este amplio programa de investigación, actualmente ya aceptado y en curso de realización plena.

Se repiten algunas o todas estas fases hasta que el decisor entiende las implicaciones de sus juicios y considera que

el modelo es el requisito para la toma de decisiones, Phillips (1984). Se incluye en este ciclo la idea de gestión por excepción (West y Harrison, 1997): se emplea un conjunto de

modelos para procesar información, realizar inferencias y predicciones y tomar decisiones a menos que ocurran circunstancias excepcionales que requieran una intervención.

PROYECTO DE INVESTIGACION

Problemas complejos de toma de decisiones

Coordinadores:

Pedro García Barreno y Sixto Ríos García

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Subproyectos:

1. Métodos computacionales en Análisis de Decisiones con aplicaciones a la gestión de embalses.
D. Ríos Insua y S. Ríos Insua.
Departamento de Inteligencia Artificial, UPM.
2. Sistemas de decisión inteligentes. El caso de la Asistencia Respiratoria Extracorpórea.
IP: M. Sánchez Luna.
UCI Neonatal, H.U. Gregorio Marañón.
3. Problemas complejos de inferencia: diagnóstico automático del cáncer de mama.
IP: J. Girón.
RACC y Departamento de Estadística, U. Málaga.
4. Desarrollos en programación por compromiso para la gestión de recursos naturales.
IP: C. Romero y E. Ballesteros.
ETSI Montes-UPM y ETSI Agrónomos-UPM.
5. Análisis de Sensibilidad en Programación Multiobjetivo. Estudio de la eficiencia de mercados.
IP: P. Jiménez Guerra.
RACC y Departamento de Matemáticas, UNED.

Comentario

El Análisis de decisiones (AD) proporciona apoyo coherente para la toma de decisiones según el ciclo iterativo:

1. estructuración del problema, donde se identifican las decisiones, alternativas, fuentes de incertidumbre, consecuencias, objetivos y sus relaciones,
2. modelización de incertidumbre, donde las creencias del decisor se codifican en un modelo probabilístico, si el problema es en condiciones de incertidumbre,
3. modelización de preferencias, donde las preferencias del decisor se codifican en un modelo de utilidad,
4. maximización de la utilidad esperada donde se identifican las alternativas de máxima utilidad esperada, y
5. análisis de sensibilidad, donde se estudian los efectos de las distintas asignaciones al modelo, para comprobar la posible existencia de inconsistencias y detectar si son necesarias nuevas estructuras o un refinamiento de las asignaciones.

Conceptualmente, el AD proporciona herramientas para tratar todas las cuestiones relativas al análisis y evaluación de problemas complejos (objetivos conflictivos; fuentes de incertidumbre independientes; efectos del tiempo en la evolución de las preferencias, metas y creencias; varios participantes). Sin embargo, numerosas limitaciones técnicas y computacionales han restringido la complejidad de los modelos del AD utilizados en las aplicaciones.

Los desarrollos recientes en Computación, en Estadística (selección de modelos, modelos no lineales, métodos de cadenas de Markov,...) e Investigación Operativa (programación multiobjetivo, optimización global,...) y la disponibilidad de ordenadores potentes de bajo coste, abren la posibilidad de modelizaciones más complejas y realistas, que, a su vez, permiten líneas fascinantes de investigación en las cinco etapas del ciclo del AD. Este proyecto propone resolver un grupo de problemas complejos importantes de

toma de decisiones, lo que conllevará numerosos desarrollos metodológicos y computacionales que se encuentran actualmente en plena actividad.

9. RESUMEN

El premio Nobel Prof. Simon, en un artículo reciente escrito conjuntamente con Dantzig, Raiffa, ..., ha dicho que «el desarrollo de la teoría de la utilidad subjetiva esperada es una de las grandes conquistas intelectuales del siglo XX, que nos da por primera vez un principio formalmente axiomatizado que permite a un individuo comportarse de una manera consistente y racional».

«Admitiendo probabilidades asignadas subjetivamente, la teoría de la utilidad esperada subjetiva abre el camino para fusionar opiniones subjetivas con datos objetivos, un enfoque que puede ser utilizado también en sistemas decisionales con hombres y máquinas. En la versión probabilística de la teoría, la regla de Bayes prescribe como los individuos deberían tener en cuenta la nueva información y como deberían responder a la información incompleta».

Se ve, pues, que Simon, uno de los más agudos críticos de la teoría de la utilidad esperada durante 40 años, acepta su enorme importancia para la obtención práctica de las decisiones en incertidumbre en universos bien definidos y de limitada complejidad. Pero también considera que hay situaciones reales de decisión a las que no todos los axiomas de la teoría de la utilidad subjetiva esperada se ajustan de una manera empíricamente aceptable. Propone entonces las teorías que llama de racionalidad limitada, que cambian algunas de las hipótesis de la teoría racional clásica.

Por ejemplo, en vez de suponer bien definido un conjunto fijado de alternativas entre las que el decisor ha de elegir, admite un proceso para la génesis de alternativas posibles. En vez de suponer distribuciones de probabilidad conocidas de los resultados, introduce solamente métodos de estimación para las mismas, o bien, considera estrategias que permitan tratar la incertidumbre sin suponer conocidas las probabilidades. En vez de maximizar la esperanza de utilidad busca una estrategia satisfactoria, asociadas a unas metas fijadas por el decisor. Estos cambios son sugeridos, según Simon, por el conocimiento empírico del comportamiento humano en los procesos de decisión y de las limitaciones de nuestra capacidad cognitiva para descubrir alternativas, calcular sus consecuencias, y hacer comparaciones entre las mismas.

No se trata aquí de hacer una comparación de las ideas directrices de esta y otras teorías, llamadas de racionalidad limitada, que ruedan hace más de 40 años y pretenden inspirarse más en el estudio sistemático y detallado del desarrollo del proceso humano de toma de decisiones, que en el planteamiento de la situación predictiva de elección en la forma que lo hace la teoría de la utilidad esperada.

Trabajos recientes (T.K. Lant, 1994) han iniciado la comparación experimental de estos dos grandes tipos de mode-

los, apareciendo una tendencia a considerarlos compatibles y, en cierto modo, complementarios.

Y otro tanto podríamos decir sobre algunas teorías basadas en las jerarquías analíticas (Saaty) trayectorias (Wierbizki) conjuntos difusos (Zadeh), riesgo fijado (Ríos, Girón, Layachi,...) siempre que tengan la características esenciales de ser observables, medibles y coherentemente modelizables.

Finalmente, queremos ofrecer a la Real Academia de Ciencias este número de la Revista que, por iniciativa de su Director de Publicaciones, Académico, Don Pedro García Barreno, hemos organizado para su publicación. Un buen número de colaboraciones procedentes de los miembros más activos de los GAD, han contribuido junto con algunos otros meritorios autores, a la construcción de este fascículo extraordinario de la Revista de la Real Academia de Ciencias. Esperamos que, dada su variedad de temas y estudio profundo científico básico y aplicado de los mismos, represente un nuevo estímulo para el desarrollo de esta actividad de T.D. tan necesaria en nuestro país tanto en la investigación como en las aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Allais, M. (1953) Le comportement de l'homme rationel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine, *Econometrika*.
- Arensman, R. & Cornish, J. (1992) Extracorporeal life support.
- Balbás, A. & Jiménez Guerra, P. (1996) Sensivity analysis for convex multiobjective programming in abstract spaces, *J.Math.Anal.Appl.*
- Balbás, A. & Muñoz, M.J. (1996) Measuring the degree of fulfillment of the law of one price, *UC3M Tech. Rep.*
- Ballester, E. & Romero, C. (1994) Utility optimization when the utility function is virtually unknown, *Theory and Decision*.
- Berger, J. & Ríos Insua, D. (1997) Recent developments in Bayesian Inference with application in hydrology, *UNESCO*.
- Bielza, C., Muller, P.J. & Ríos Insua, D. (1997) MC methods for Decision Analysis with applications to influence diagrams, *Tech. Rep. Duke University*.
- Chen, Z. & Knez, P.J. (1995) Measurement of market integration and arbitrage, *The Review of Financial Studies*.
- Clement, R. (1996) *Making Hard Decisions*, Duxbury.
- Girón, J. (1979) Probabilidad y utilidad conceptos duales de la Teoría de la Decisión, *RV. AC. Ciencias*.
- Girón, J., Moreno, E. & Pedraza (1997) Automatic diagnostic for breast cancer, *Tech. Rep. U. Málaga*.
- Mateos, A. & Ríos Insua, S. (1997). Approximation of value efficient solutions, *Jour. Mult. Dec. Analysis*.
- Phillips, L. (1984). A Theory of requisite decision models, *Acta Psychologica*.

14. Ríos, S. (1994). *Decision Theory and Decision Analysis: Trends and Challenges*, Kluwer.
15. Ríos, S. (1998). *Negociaciones (Saber Leer, Madrid, 1998)*
16. Ríos Insua, D. (1990). *Sensitivity Analysis in Multiobjective Decision Making*, Springer.
17. Ríos Insua, D. & Salewicz, K.A. (1994) *The operation of Kariba Lake: a multiobjective Decision analysis*, J. Multic.Decis.Anal.
18. Romero, C. (1991). *Handbook of Critical Issues of Goal Programming*, Pergamon.
19. Shachter, R. (1986). *Evaluating influence diagrams*, Operations Research.
20. West, M. & Harrison, J. (1997). *Bayesian Forecasting*, Springer.