

Modelo para Problemas de Cooperación en Proyectos de Desarrollo con Alto Riesgo

E. Fernández

Posgrado en Ciencias de la Computación
Universidad Autónoma de Sinaloa
eddyf@uas.uasnet.mx

F. López M. Delgado R. Espín

Facultad de Ingeniería Industrial
Instituto Superior Politécnico José Antonio
Echeverría Habana, Cuba
Tel. (537) 20 82 22

Artículo recibido el 30 de abril de 1998; aceptado el 22 de enero de 1999

Resumen

Se presenta un modelo matemático basado en la teoría de la decisión bayesiana para analizar la actitud de las partes que negocian la cooperación en proyectos de desarrollo en condiciones de riesgo considerable. Se identifican las soluciones aceptables para los contrarios, sus intereses legítimos, y sus estrategias racionales de negociación. Sobre estas bases, y siguiendo la metodología propuesta, se desarrolló un DSS que resuelve el problema planteado en la esfera específica de la industria farmacéutica y biotecnológica, pero de posible generalización a otros problemas de valoración de inversiones de alto riesgo, estructuradas en etapas.

Palabras clave:

Negociación, riesgo, inversión, sistema de apoyo a la decisión.

1 Introducción

Con frecuencia, empresas de amplio espectro en rango, tamaño y esfera, se enfrentan a problemas de análisis y toma de decisiones que envuelven la negociación de una participación externa en proyectos de alto riesgo. Las características principales de estas situaciones son las siguientes:

- Una entidad X dispone de los derechos sobre "algo" (lo llamaremos genéricamente *producto en ciernes* puede ser una idea original, una patente, una concesión, etc.), que puede tener en el futuro un valor apreciable si lograra transitar satisfactoriamente por un proceso largo y costoso de perfeccionamiento, validación o exploración, en el que la probabilidad de fracasar es considerablemente alta.
- X no posee (o tal vez no desea arriesgar) el capital necesario para llevar con sus propias fuerzas el proceso de desarrollo del *producto*.
- Existen varias entidades (genéricamente denotadas por Y) que están interesadas en aportar capital de riesgo al proceso de desarrollo, con una participación en la ganancia futura.
- X puede disponer de otros *productos* sujetos a procesos similares de desarrollo.
- Generalmente, aunque no necesariamente, el desarrollo del *producto en ciernes* debe pasar por diferentes etapas consecutivas, cada una con distinto costo, duración, expectativa de éxito, y todas con poder de veto sobre el resultado final.

- Se requiere saber cuál es el contenido del contrato de cooperación que razonablemente deberán acordar X y Y, estipulando el modo de financiamiento y la participación que el segundo tendría en caso de éxito.

El problema descrito, que denominamos “Cooperación en proyectos de desarrollo de alto riesgo”, se presenta frecuentemente en negociaciones para la prospección de recursos naturales, y para el proceso de desarrollo y perfeccionamiento de una idea científica promisorio, que debe pasar por fases de validación. En particular juega un papel relevante en el desarrollo farmacéutico y biotecnológico, cuyos requerimientos dieron origen a los resultados, ya generalizados, que se presentan en esta contribución. Después del establecimiento de una patente, el desarrollo de un producto farmacéutico debe vencer, antes de su registro y lanzamiento al mercado, las etapas de escalado del proceso, preclínica, ensayo clínico Fase I, Fase II y Fase III, a las que se asocian diferentes probabilidades de éxito. Según un estudio básico (Di Masi *et al.*, 1991), los costos promedios de las etapas son considerables, alcanzando 21 millones de dólares (de 1987) si el producto llega al registro. Se trata de una inversión en condiciones de riesgo importante, pues la probabilidad de éxito final es alrededor de 0.11 en la industria farmacéutica y 0.36 para los medicamentos productos de la biotecnología (Struck, 1994). En caso de éxito, las ganancias comienzan a obtenerse, como media, en 12 años a partir de la síntesis (Di Masi *et al.*, 1991). Compañías farmacéuticas pequeñas y medianas poseen frecuentemente varias patentes prometedoras reconocidas, y no disponen, o no consideran oportuno dedicar, recursos para financiar el desarrollo simultáneo de productos en condiciones de riesgo significativo. Para ellas, la opción de cooperar con empresas mayores dispuestas a realizar inversiones a riesgo, ofrece ventajas indudables. Situaciones similares se presentan en procesos de I&D en otras esferas.

No existen modelos bien fundamentados teóricamente para la solución de este problema que al mismo tiempo hayan encontrado un reconocimiento y validación práctica; está extendido el criterio de que las respuestas proporcionadas por la teoría de juegos son frecuentemente confusas y ambiguas (Osborne y Rubinstein, 1988); menos aun se encuentran concepciones teóricas sólidas realizadas en sistemas computacionales de apoyo a la decisión.

En el presente trabajo se estudia un modelo de negociación empleando ideas de la teoría de la decisión bayesiana y de la teoría del juego, sin caer en estrechos esquemas normativos que a veces hacen cuestionable la aplicación práctica de esos enfoques (Bana e Costa, 1990). Más que normar, nuestro modelo describe el comportamiento racional de las partes en conflicto, enfatizando los aspectos dependientes de la duración y circunstancias del proceso de desarrollo. En la sección 2 aparece la formulación del problema; en los epígrafes tercero y

cuarto se exponen los modelos de las actitudes de los contrarios, y sobre esa base se presenta en la sección 5 un esquema de negociación, seguido de una breve descripción del sistema FREDDY, que implementa computacionalmente el modelo en el caso específico de I&D en la industria de medicamentos, pero cuya estructura y funciones son generalizables.

2 Formulación del Problema

Dado un *producto en ciernes*, una entidad en posesión de las primicias (X), y una entidad interesada en adquirir una parte de los derechos de venta del producto (Y), determinar una estrategia racional de negociación para prescribir el modo de financiamiento bajo riesgo que debe aportar Y, y su participación en la ganancia. El modo de financiamiento consiste en una cadena de pagos m_1, \dots, m_n de manera que la cantidad se paga al comienzo de la etapa i -ésima; por supuesto, el pago se concreta solamente si hubo éxito en la etapa i . El proceso se interrumpe si se fracasa en alguna fase, sin que Y tenga derecho a compensación. Si el objeto de la negociación es un resultado científico, la información que X suministra a Y es generalmente confidencial.

3 El Modelo de la Actitud de X

3.1 El statu-quo

Antes de proponer la negociación, X se encuentra frente a la lotería

$$\langle p_1, C_1; \dots; p_n, C_n; P, G \rangle \quad (1)$$

p_i son las probabilidades subjetivas de fracaso en cada una de las etapas.

P es la probabilidad de éxito final, que conlleva un premio G
 C_i son los costos acumulados

G es un valor neto actual que incluye los costos y las ganancias distribuidas en el tiempo, libres de impuesto, desde el momento del lanzamiento al mercado hasta un horizonte previsible.

No es difícil obtener el conjunto de probabilidades p_i . El “decision maker” (DM) (persona o grupo representante de los intereses de X) es capaz de dar fácilmente un estimado de la probabilidad de éxito en la etapa i (dado que hubo resultados exitosos en las etapas anteriores), a partir de la información de la literatura y de su propia percepción. Estas probabilidades son condicionadas. A partir de ellas se calcula la probabilidad de que se fracase en la etapa i -ésima, y finalmente se encuentra P aplicando la normalización de la suma de las probabilidades.

La lotería l_0 tiene un equivalente en condiciones de certeza x_c , que depende de la actitud ante el riesgo de X (ver por ejemplo (French, 1986)); otra magnitud importante asociada con l_0 es el valor medio de sus salidas, dado por

$$x_m = PG - \sum_{i=1}^n p_i C_i \quad (2)$$

donde C_i es mayor que cero.

En la teoría de la decisión, el valor x_c se interpreta como la cantidad mínima que el «decision maker» aceptaría por su derecho a tomar parte en la lotería correspondiente (Keeney y Raiffa, 1976); es el precio mínimo que X debería aceptar racionalmente por los derechos que poseer las primicias del *producto* le concede.

Si X tiene aversión al riesgo actitud frecuente en empresas emergentes, se tiene que $x_m > x_c$

3.2 Evaluación de una propuesta

Una propuesta (m, \emptyset) se compone de un flujo de inversiones distribuidas en el tiempo, representadas por el vector $m = (m_1, m_2, m_3, m_4, m_5)$, y un parámetro \emptyset ($0 < \emptyset < 1$) que refleja el grado de participación que Y tendrá en los derechos comerciales. Para X , aceptar la propuesta es cambiar la lotería l_0 por:

$$l_1 = \langle p_1, g_1; \dots; p_n, g_n; P, (G + g_n) \rangle \quad (3)$$

donde:

$$\begin{aligned} g_1 &= m_1 - C_1 \\ g_2 &= m_1 + m_2 - C_2 \\ &\dots \\ g_n &= m_1 + m_2 + \dots + m_n - C_n \\ m_j &= m_j / (1+r)^{k_j} \end{aligned} \quad (3.a)$$

k_j : número de años desde el inicio al comienzo de la etapa i
 r : razón de descuento.

G : valor neto actual de las ganancias (libres de impuesto), después de deducir la participación de Y .

La propuesta sólo puede ser racionalmente considerada (aunque no necesariamente aceptada) si el equivalente de certeza de l_1 es mayor que el de la lotería l_0 . Sin embargo, resulta muy difícil establecer el equivalente de certeza para loterías que no son las de «referencia» (French, 1986), y es por tanto preferible acudir a consideraciones de utilidad esperada. Se supone que existe una función de utilidad u definida en el conjunto de premios, (que son en general valores actuales), y que expresa las preferencias de X y su actitud ante el riesgo. Es natural que la necesidad de financiamiento inmediato para otros proyectos influya sobre la forma de u . Cuando se realiza

su asignación, X considerará que los premios pequeños se logran rápidamente, mientras que los grandes -que se asocian al éxito del producto y a su tránsito por el mercado- requieren un tiempo considerable. Este efecto aumenta relativamente la apreciación por los premios pequeños y provoca un aumento de la concavidad de u , no por aversión al riesgo, sino por aversión al tiempo. Para asignar la función de utilidad se requiere la participación de un analista de la decisión, y se sugiere el empleo de un procedimiento más preciso que la simple consideración de los valores actuales; en este sentido es promisoria la idea propuesta en (Fernández y Avantes, 1998) para asignar una utilidad sobre valores actuales generalizados. Aunque poco recomendable, podría asumirse por *default* una utilidad aproximadamente lineal; en tal caso, no sería necesaria la presencia de un analista de la decisión, pero aumentará esencialmente el error de la modelación.

Otro elemento a considerar en la comparación de l_0 y l_1 es la «ansiedad», categoría relativa al momento en que se resuelve la incertidumbre (Keeney y Raiffa, 1976). Para X , la lotería l_1 conlleva un nivel de ansiedad menor que l_0 , porque los ingresos se producen paulatinamente a la resolución de las situaciones con riesgo. Si $\sum m_j \ll G$ se pueden despreciar los efectos de la reducción del nivel de ansiedad; entonces la propuesta de la lotería l_1 será racionalmente considerada si y sólo si:

$$u_e(l_1) > u_e(l_0) \quad (4)$$

Por tanto, la expresión (4) describe el conjunto S_1 de soluciones admisibles para X , donde u_e denota el valor medio de la utilidad.

4 Modelo de la Actitud del Inversionista

Con un vector m de inversiones, la entidad inversionista compra, en condiciones de riesgo, una posible participación \emptyset en la ganancia. Su opinión sobre una propuesta de la organización poseedora de los derechos dependerá de su actitud ante el riesgo, y de la comparación de los beneficios esperados con los que se obtienen típicamente en el mercado del capital.

Para Y , aceptar un convenio en el cual el primer pago sea m_1 equivale a pagar esa cantidad por el derecho de tomar parte en la lotería

$$L_1 = \langle p^1_1, C^1_1; p^2_2, C^2_2; \dots; p^*_n, C^*_n; P^*, (G + C^*_n) \rangle \quad (5)$$

donde

$$C^1_1 = 0$$

$$C^2_2 = -m^2_2$$

$$C^3_3 = -(m^2_2 + m^3_3)$$

$$C^*_n = -(m^2_2 + m^3_3 + \dots + m^*_n)$$

p'_i son las probabilidades subjetivas de fracaso para Y
 P' es la probabilidad de éxito final calculada de acuerdo con las probabilidades condicionadas de éxito en cada etapa
 m'_i se calculan según (3.a).

$G = G(\emptyset)$ es el valor neto actual de sus ganancias, libres de impuesto.

Observe que Y adquiere el derecho de participar en la lotería sólo mediante el pago de la cantidad m_1 . Si esta cantidad y las que pudieran seguir en caso de éxito son relativamente moderadas en comparación con sus activos, tiene sentido suponer que Y se comporta ante la lotería L_1 con neutralidad o incluso alguna inclinación hacia el riesgo. Entonces, la lotería tiene para Y un valor subjetivo E_{1c} tal que:

$$E_{1c} \geq P'(G + C'_n) + \sum_2^n p'_i C'_i \quad (6)$$

donde la igualdad tiene lugar en condiciones de neutralidad ante el riesgo.

El equivalente en condiciones de certeza aumenta con la inclinación al riesgo, por dos razones: primero, porque el "decision maker" asume la incertidumbre con menos temor al fracaso, y porque esa actitud más resuelta conduce también a un cierto incremento de las probabilidades subjetivas de éxito, y del valor medio de las salidas de la lotería. Por tanto, L_1 se hace más atractiva para Y.

Sólo por el pago de m_1 en el momento actual y el compromiso de realizar otras inversiones en caso de éxito, la entidad inversionista obtiene un derecho que para ella tiene un valor E_{1c} . Pero este valor solamente se materializa cuando el producto transita por el mercado, hasta su envejecimiento o el término de los derechos de patente, o si otra entidad decide comprar el derecho de Y a participar en la lotería. En cualquier caso, según el punto de vista de Y, él compra por una cantidad moderada un derecho que, aunque en condiciones de riesgo, vale mucho más.

Si, por ejemplo, se invirtiera en acciones de la industria farmacéutica norteamericana una cantidad m_1 , al cabo de N años el valor actual neto del flujo de caja sería

$$B = 0.09m_1/(1+0.09) + \dots + 0.09m_1/(1+0.09)^N + m_1/(1+0.09)^N \quad (7)$$

tomando la razón de descuento como $r = 0.09$ (Artuso, 1994, Di Masi *et al.*, 1991).

$$\text{Tomando } d = 1/(1+0.09) \quad (7.a)$$

y utilizando la expresión para la suma parcial enésima de la serie geométrica, (7) se escribe más compactamente como:

$$B = 0.09m_1d(1-d^{N-1})/(1-d) + m_1d^N \quad (8)$$

Si la inclinación al riesgo del inversionista no es intensa, sería irracional que considerara admisible una propuesta en la que

$$P'(G + C'_n) + \sum_2^n p'_i C'_i < B \quad (9)$$

Consideremos que existe un nivel umbral de beneficio U a partir del que Y muestra interés en invertir. Entonces, asumiendo neutralidad o ligera inclinación al riesgo y despreciando los efectos de ansiedad, el conjunto S_2 de soluciones aceptables para la entidad inversionista se describe aproximadamente por

$$P'(G + C'_n) + \sum_2^n p'_i C'_i \geq U \geq B \quad (10)$$

En un modelo más preciso sería necesario considerar deformación que el efecto de ansiedad produce en la frontera de S_2 .

La ansiedad depende generalmente de los siguientes factores:

- distancia temporal desde la inversión inicial hasta la solución final de la incertidumbre
- distancia temporal desde que se realizan las inversiones más significativas hasta la solución final de la incertidumbre.
- monto total de la inversión
- duración de cada etapa
- importancia del éxito del producto para el futuro de Y
- relación entre el mayor aporte m_i y los ingresos anuales de Y.

Sea

m un flujo de inversiones

$M = \max \{ m_i \}$ su norma en el sentido de Chebishev

G_1 : la ganancia que corresponde a Y durante el primer año en el mercado

g_m : la ganancia anual media asociada al conjunto de operaciones de Y

β : parte de los beneficios que se dedican a Investigación y Desarrollo (I&D), o tareas afines.

Los efectos de ansiedad pueden ser despreciables si se cumplen las siguientes condiciones:

$$G_1 \ll g_m \quad (11.a)$$

$$M \ll \beta g_m \quad (11.b)$$

$$m_1 < M \quad (11.c)$$

Observe que (11.b) implica que $\sum m_i \ll n \beta g_m$, es decir, el monto total de la inversión es mucho menor que la cantidad dedicada a investigación-desarrollo en n años.

5 Modelo de Negociación

La negociación racional es el arte de llegar a compromisos mutuamente aceptables a partir del respeto a los intereses legítimos de la otra parte. En nuestro problema, los intereses mínimos se representan por las fronteras de los conjuntos S_1 y S_2 que se describen aproximadamente por (4) y (10-11) respectivamente. Entonces, el conjunto de posibles compromisos aceptables S se obtiene de la intersección de S_1 y S_2 , y en él hay que buscar el mejor compromiso a partir de la determinación de estrategias de negociación racionales.

Los derechos que X vende constituyen muchas veces un producto único en el mercado y no se conoce su precio; su único comprador no es Y porque abundan las compañías dispuestas a suministrar capital de riesgo en investigaciones prometedoras, y no está obligado a vender muy por debajo del precio que considere razonable. En condiciones normales, la expresión $E_{1c} = B$ señalaría aproximadamente el precio del mercado, que pudiera obtenerse en una licitación; sin embargo, en condiciones de una negociación complicada con intercambio de información restringida, X debe estar dispuesto a realizar concesiones. Por tanto, su estrategia es proponer una forma de convenio que cumpla holgadamente con (4), (10) y (11), garantizando a Y un nivel de beneficio que sin ser excesivo, se considere muy exitoso en el mercado del capital. Por ejemplo, consideremos que m_1 ofrece un beneficio, libre de impuestos, mayor que el 9% anual. Entonces, la inversión m_1 durante N años produce un valor actual dado por

$$NPV = r' m_1 d(1-d^{N-1})/(1-d) + m_1 d^N \quad (12)$$

$$\text{con } r' > 0.09 \text{ y el parámetro } d \text{ según} \quad (7.a)$$

Tomando en cuenta (12) y (6) se llega a

$$P'(G + C'_n) + \sum p'_i C'_i = r' m_1 d(1-d^{N-1})/(1-d) + m_1 d^N \quad (13)$$

Una solución (m, \emptyset) de (13) y (11) pertenece a S_2 y se aleja más de su frontera con el incremento de r' , aumentando el nivel de atracción que ejerce sobre Y. Sin embargo, aun postulando la satisfacción de (11), el control de la ansiedad puede dar lugar a enfoques diferentes. En lo fundamental se distinguen tres estrategias posibles:

A. Estrategia de menor ansiedad. Consiste en proponer que Y financie los costos del proyecto otorgándole una participación en la ganancia, de modo que (m, \emptyset) satisfaga (10), (13) y (4) con r' claramente superior a 0.09. Por ejemplo, tomando de nuevo el caso del desarrollo de productos farmacéuticos, según el estudio citado (Di Masi *et al.*, 1991), el costo promedio de la Fase III del ensayo clínico es por sí

solo superior a los costos de las demás etapas; por tanto, en esta estrategia se cumple que $m_3 \gg 3m_4 \gg 3(m_2 + m_3)$, con reducción del nivel de ansiedad.

B. Estrategia de ansiedad controlada. Para un valor dado de \emptyset (usualmente 0.5) y r' claramente superior a 0.09, proponer m solución de (13) y (4) tal que m_1, m_2, \dots, m_{n-1} cubran estrictamente los costos de las $n-1$ primeras etapas; m_n se obtiene al resolver (13).

C. Estrategia de compromiso ansiedad-beneficio. Consiste en proponer una solución (m, \emptyset) de (13) y (4) en la que m_1 sea comparable a M de m , con incumplimiento de la condición (11.c) y r' suficientemente atractiva para compensar el aumento del nivel de ansiedad. El sentido de esta estrategia es sacrificar beneficios potenciales del proyecto en aras de obtener de inmediato el financiamiento necesario para el desarrollo de otros. Desde el punto de vista de los intereses económicos mediatos es la estrategia menos eficiente, porque X deberá pagar con el aumento de r' el incremento de la ansiedad. El financiamiento se logra a menos precio si se negocian simultáneamente varios proyectos; por tanto, esta estrategia se justifica solamente si X muestra «aversión a la negociación», o si las condiciones particulares del proyecto la aconsejan. En condiciones de control de la ansiedad, X debe analizar la aceptabilidad de una propuesta concreta por el valor de r' y por la diferencia $u_e(l_1) - u_e(l_0)$. Por su parte, Y valora r' y otras alternativas para invertir capital de riesgo; el desconocimiento de la función de utilidad de su contrario conspira contra la calidad de la propuesta que él pueda realizar.

En cualquier momento de la negociación X tiene las siguientes alternativas:

- a.1. aceptar una propuesta
- b.1. realizar una propuesta o contrapropuesta, buscando aumentar la diferencia $u_e(l_1) - u_e(l_0)$
- c.1. rechazar definitivamente el trato con Y, y buscar otra fuente de financiamiento. Esta actitud se impone si éste rechaza ofertas sucesivas, con r' considerablemente superior a r , lo que indica una posición injustificadamente conservadora o un deseo de obtener superganancias.

Las opciones de Y son por su parte:

- a.2. aceptar una propuesta
- b.2. realizar una propuesta o contrapropuesta, más cercana a la frontera de S_1 y lejana a la de S_2 ; la dificultad radica en que la frontera de S_1 tiene contornos muy imprecisos para Y
- c.2. romper la negociación; esta posición sólo es racional si $(r' - r) \ll r$ en la última propuesta aceptable para X; de lo contrario (por ejemplo, si $r' > 1.3r$), la entidad inversionista estaría rechazando un negocio de excelentes perspectivas, que sería muy difícil superar. El argumento de que el

contrario obtiene mayores beneficios como resultado del convenio no es un criterio convincente; si la propuesta valoriza altamente el capital invertido, Y debería racionalmente aceptarla, independientemente del beneficio de X. Se permite el regateo, pero sin poner en peligro la adopción de un acuerdo final.

Es difícil para Y regatear con valores de r' superiores en un 30 % a r sin provocar la suspensión de la negociación. Entonces, su estrategia más plausible es poner en duda la magnitud de r' que se obtiene de (13), engrandeciendo las probabilidades subjetivas del fracaso y/o, empujando la capacidad de venta del producto, pero manteniendo viva en su contrario la esperanza de un acuerdo favorable. Cuando perciba un endurecimiento de su posición, debe estar dispuesto a llegar a un arreglo, a menos que existan otras posibilidades de inversión tanto o más atractivas.

La estrategia de X será naturalmente opuesta. No debe mostrar aversión al riesgo y debe disponer de otros posibles socios o fuentes de financiamiento. El prestigio científico de sus colaboradores es una de sus cartas de triunfo en la negociación, pues aumentan las probabilidades de éxito y el equivalente de certeza de la lotería. Su primera oferta no debe ser muy favorable para Y, que puede inferir debilidad de su contrario y suponer una excesiva aversión al riesgo.

Cualquier información objetiva sobre las posibilidades del proyecto (éxito en su desarrollo, capacidad de penetración en el mercado, competencia posible), reducirá el margen de regateo y hará más fácil un acuerdo.

6 Un DSS para los Procesos de Negociación en la Industria Farmacéutica

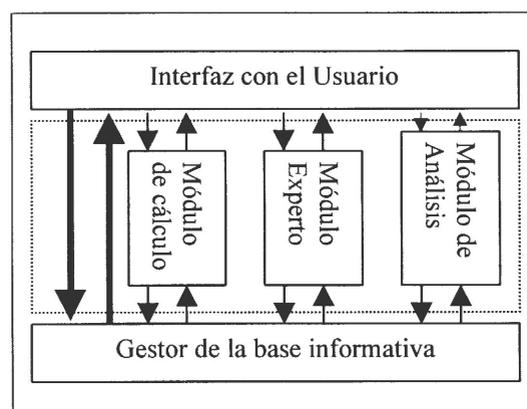
Un Sistema de Apoyo a la Decisión (*Decision Support System*) se desarrolla con la finalidad de apoyar la toma de decisiones en la solución de un problema concreto, durante una, varias o todas las etapas del proceso. Para lograr este objetivo se requiere, por una parte, organizar la información relevante y facilitar su consulta; también se requiere un mecanismo que en cierto modo permita gerenciar automáticamente la experiencia acumulada y la incorpore en la base informativa; por otra parte, construir un modelo de preferencias del (los) decisor (es) que recoja los aspectos esenciales de su posición y expectativas, que se traducen en un modelo de evaluación de alternativas. Es esta segunda característica la que marca una diferencia esencial entre un DSS y un sistema de gestión de información.

El sistema FREDDY fue concebido sobre las bases expuestas en el párrafo anterior para la exploración de las alternativas posibles en la negociación, y para hacer viable la aplicación del modelo descrito en las secciones precedentes.

6.1 Estructura funcional de FREDDY

En la implementación de FREDDY se tuvieron que afrontar varios retos, como por ejemplo determinar la base informativa relevante para el proceso de la decisión, y diseñar una interfaz suficientemente intuitiva y robusta para su actualización y consulta; otro aspecto considerado fue facilitar el almacenamiento y la consulta de datos históricos, con el objetivo de utilizar esta información para comenzar la exploración de alternativas, o para generar un conjunto de alternativas iniciales que señalen direcciones posibles en la negociación. Finalmente se requiere de un mecanismo que permita valorar la influencia de la imprecisión presente en los datos sobre la evaluación de las alternativas, y realizar análisis de sensibilidad.

Para asumir tales retos se ha diseñado una estructura modular agrupada en tres subsistemas (ver figura); esta separación facilita la adaptación a bajo costo del sistema a otras situaciones similares de negociación, y la extensión de las capacidades actuales de manera dinámica (las nuevas funciones se añadirían a las existentes en un proceso transparente para el usuario y sin necesidad de redistribuir el producto actual).



El subsistema de interfaz con el usuario se encarga de capturar y actualizar los datos de la base informativa, así como también brindar mecanismos visuales para el análisis de sensibilidad y la exploración de alternativas. El subsistema para la gestión de la base informativa realiza todas las tareas propias de la gestión, incluyendo medios para realizar consultas y generar reportes. El subsistema ejecutor contiene los módulos que implementan las funciones de cálculo, análisis e inferencia, y tiene como función principal aportar los medios necesarios para realizar las tareas específicas del sistema no relacionadas directamente con la visualización, captura o gestión de la información. Este subsistema constituye el núcleo de FREDDY y puede ser extendido o adaptado a nuevas situaciones similares sin grandes modificaciones.

La versión actual de FREDDY ha sido implementada en Borland Delphi, aprovechando las amplias posibilidades que brinda ese entorno de programación para el diseño e implementación de la interfaz visual y de la gestión de bases de datos. Object Pascal es el lenguaje de programación de la plataforma Delphi, un lenguaje maduro orientado a objetos con un compilador robusto y eficiente, lo que permite que las aplicaciones compiladas en código nativo se ejecuten casi tan rápidamente como aquellas desarrolladas en C++, y con tamaños similares gracias a la estructuración en paquetes. Estas características de Delphi lo hacen un candidato importante en la porfía de plataformas en el desarrollo de sistemas donde la gestión de la información prevalece sobre la gestión de recursos de hardware, o sobre procesos de cálculo intensos y de alta precisión en los resultados. La elección de Borland Delphi se basó fundamentalmente en las posibilidades de escalabilidad que aporta tal herramienta, de pasar de una aplicación de bases de datos locales (unicapa) a una aplicación distribuida de bases de datos (multicapa) y multiplataforma (para lo cual se incorpora soporte a los estándares reconocidos como DCOM y CORBA), que unido a las posibilidades visuales de diseño de interfaz y las ya mencionadas características del lenguaje, lo hacen un producto superior a otros similares como por ejemplo Visual Basic de Microsoft Corporation, o Power Builder de PowerSoft.

6.2 Estructura de la base informativa

En la base informativa están presentes tres entidades: el producto, el mercado y las propuestas de cooperación; es relevante la información siguiente:

- a. Sobre el producto : - fecha de concesión de la patente
 - etapas, distribución en el tiempo, costos del desarrollo
 - probabilidades subjetivas de éxito en cada etapa
 - costo de producción del tratamiento
- b. Sobre el mercado : - mercados geográficos potenciales y sus características, como :
 - cantidad de pacientes
 - precio del producto
 - curva de ocupación del mercado en función del tiempo
 - costos de lanzamiento y comercialización
 - nivel de impuestos
- c. En propuestas de cooperación: -modo de apoyo financiero
 - % de participación en los beneficios (por área geográfica)
 - probabilidades subjetivas de éxito correspondientes a la entidad inversionista

En la base informativa también se almacena información histórica sobre negociaciones pasadas. En el diseño de las consultas se considera la posibilidad de organizar esta información en reglas o casos para facilitar los procesos inferenciales. Actualmente esta parte está bajo investigación, por lo que en la versión actual de FREDDY no se ha incorporado.

En la versión presente la base informativa se ha implementado en formato PARADOX, por ser uno de los formatos que Delphi soporta como estándar, brindando amplias posibilidades en el tratamiento de la integridad y relaciones complejas entre las tablas físicas de las bases de datos. Las bases de datos PARADOX soportan el modelo de transacciones, (aunque con limitaciones), y el procesamiento en lotes, características que conjuntamente con la posibilidad de incorporar restricciones semánticas y chequeos de validación en la definición de las tablas, hacen que este formato se adecúe a una gran cantidad de situaciones con las ventajas de ser tratado eficientemente por el motor de bases de datos de Delphi (denominado DBE del inglés "Data Base Engine").

6.3 Funciones

- a. FREDDY evalúa todos los indicadores económicos, y permite valorar y ordenar proyectos de I&D (estas funciones se implementan en el subsistema ejecutor, específicamente en el módulo de cálculo).
- b. Es una herramienta de dirección del trabajo de I&D en X. Permite analizar la influencia del tiempo de duración de las etapas, y de otros factores organizativos, sobre el valor del producto (módulo de visualización en el subsistema de interfaz con el usuario).
- c. Ante una propuesta de cooperación, el sistema permite al "decision maker" comparar las loterías l_0 y l_1 , resuelve la ecuación (13) para r' , y realiza el análisis de sensibilidad respecto a los parámetros de entrada imprecisos. Disponiendo de esta información el DM puede (estas funciones se realizan fundamentalmente en el módulo de análisis del subsistema ejecutor y se visualizan mediante el subsistema de interfaz con el usuario):
 - aceptar la propuesta si la comparación de l_1 con l_0 es suficientemente favorable
 - proponer otro valor de r' y calcular los parámetros de una contrapropuesta
 - modificar los niveles de ansiedad, y analizar su impacto sobre r' y sobre l_1
 - analizar la influencia positiva de acciones organizativas y de otro tipo
 - valorar la influencia de la opinión de Y sobre las posibilidades de éxito del producto, e identificar acciones para mejorarla
 - evaluar el impacto de la espera, y cuánto aumenta el

valor del producto si pasa satisfactoriamente la etapa actual

- analizar la sensibilidad de la salida y determinar el efecto económico de mejorar el control de algunos parámetros imprecisos

6.4 FREDDY en un sistema abierto

Es de interés analizar las consecuencias de que ambos "partners" dispongan de la misma herramienta para el análisis de propuestas de cooperación, y si ello sería un elemento que pudiera beneficiar a alguna de las partes e influir, favorablemente o no, en el logro de un acuerdo.

El primer elemento de análisis son los datos. Parte de ellos es de naturaleza fundamentalmente objetiva, y su evaluación, dejando un cierto espacio para la subjetividad, sería relativamente similar. En esta clase se cuentan los datos sobre el mercado, los costos, la duración de las etapas, la importancia de la competencia. Más subjetividad hay en la estimación de las probabilidades; las partes no pueden saber cuáles son las expectativas de éxito que su contrario asigna al *producto en ciernes*, aunque es de suponer que X asuma una posición más optimista.

Sin embargo, la diferencia más importante que determina la asimetría del modelo (y del empleo de FREDDY) radica en la actitud ante el riesgo. Es muy plausible la hipótesis de que Y es neutral hacia el riesgo, lo que define la frontera de S_2 , utilizada por FREDDY; pero la entidad inversionista no puede suponer una forma razonable de función de utilidad de su contraparte, y no es capaz por tanto de evaluar certeramente la aceptabilidad de sus propuestas para X. Esta asimetría hace que el sistema sea más útil para el último, aunque disponer de FREDDY permite a Y conocer cómo su propia actitud es vista por su contrario, y naturalmente evitar que realice propuestas claramente inaceptables que pongan en riesgo el resultado de la negociación. Su uso simultáneo debe reducir el margen de regateo y hacer más difícil el intento de engaño o chantaje desde posiciones de fuerza.

7 Conclusiones

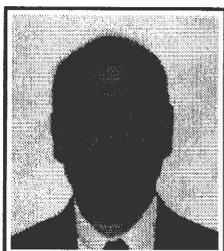
Empleando conceptos y resultados de la teoría de la decisión bayesiana se analizó la estructura de los problemas de cooperación en proyectos de desarrollo con alto riesgo, modelando la actitud ante el riesgo de los contrarios y contemplando el efecto de ansiedad. El modelo refleja los rasgos más sobresalientes del problema: incertidumbre, inversión bajo riesgo considerable, distribución en el tiempo de las inversiones y beneficios, comparación de la alternativa "hacer el convenio" con el *statu-quo* o con la

decisión de invertir en otra esfera, y estrategias para el regateo. Se logró caracterizar el conjunto de soluciones aceptables para las partes, definir sus intereses legítimos y sus estrategias racionales para evaluar propuestas, y para realizar y argumentar nuevas ofertas.

Se han diseñado estructuras generales que capturan los aspectos del modelo que son comunes a cualquiera de las determinaciones del problema, y que son bloques básicos para la construcción de sistemas computacionales de apoyo a la decisión, que ayuden a la solución de conflictos en casos particulares que se derivan del problema general. En el caso particular de la negociación para I&D en la industria farmacéutica, se desarrolló el sistema FREDDY que permite explotar el modelo con eficiencia, analizar el comportamiento de las partes y posibles acciones para aumentar el valor del producto.

Referencias

- Artuso, A., "Economic Analysis of Biodiversity as a Source of Pharmaceuticals", *Conference on Biodiversity, Biotechnology and Sustainable Development*, San José, Costa Rica, April 1994.
- Bana e Costa, C.A. (ed.), "An introduction to Group Decision and Negotiation Support", *Reading in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer Verlag, Berlín, 1990, pp. 537-568
- Di Masi, J., R. Hansen, H. Grabowski, L. Lasagna, "Cost of Innovation in the Pharmaceutical Industry", *Journal of Health Economics*, Vol. 10, No. 2, 1991, pp. 107-142
- Fernández, E., A. Avantes, "Análisis de la decisión para la selección de proyectos en condiciones de incertidumbre parcial", *Memorias del Coloquio 1998 de Investigación y Aplicación de Ingeniería Industrial*, Orizaba, México, 1998, pp. 12-15
- French, S., *Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality*. Halsted Press, N.Y. - Brisbane - Toronto, 1986.
- Keeney, R.L., H. Raiffa, *Decisions with Multiple Objectives. Preferences and Value Tradeoffs*. N.Y. Wiley, 1976.
- Osborne, M., A. Rubinstein, "Games with Procedurally Rational Players", *American Economic Review*, Vol. 88, 1998
- Struck, M., "Biopharmaceutical R&D Success Rates and Development Times". *Biotechnology*, Vol. 12, No. 7, 1994, pp. 674-677.



Eduardo Fernández se graduó de Licenciado en Física en la Universidad de La Habana en 1973 y se doctoró en Ciencias Técnicas en el Instituto de Ciencias de la Computación y la Decisión, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Técnica de Poznan, en 1987. Fue Profesor Titular en la Facultad de Ing. Industrial del Instituto Politécnico José Antonio Echeverría. Actualmente es Coordinador Académico del Posgrado en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Su área de interés actual es la creación de modelos matemáticos de ayuda a la toma de decisiones y el desarrollo de Decisión Support Systems.

Fernando López se graduó en Ciencias de la Computación en la Universidad de Jena, en 1989; terminó estudios de maestría en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría en 1994, y defendió su tesis doctoral en 1998. Es académico de la Facultad de Ingeniería Industrial de esa institución cubana. Su área de interés actual es el desarrollo de sistemas de información y de apoyo a la decisión.

Mercedes Delgado se graduó de ingeniería industrial en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, donde realiza funciones académicas actualmente. Defendió su tesis doctoral en 1997. Su área de interés principal radica en los sistemas de calidad de la industria farmacéutica y biotecnológica.

Rafael Espin se graduó de Licenciatura en Matemáticas, Universidad de La Habana; terminó su maestría en 1997 en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, institución en la que realiza funciones académicas. Su área de interés actual es la creación de modelos matemáticos para los procesos de negociación.

