

1

Metodologías de Impacto Cruzado Aplicado a la Generación de Escenarios

Jorge Ludlow Wiechers

INTRODUCCION

Algunas veces los modelos econométricos no responden a lo que se espera de ellos (por ejemplo está la crítica de Robert Lucas) y se plantea el problema de cómo evaluar el futuro y construir escenarios, aún en los casos en que no hay datos o la relación de causalidad no es clara y por lo tanto no puede darse la especificación y tampoco la estimación del modelo.

El método de impacto-cruzado tiene sus raíces en el método Delphi; en el cual cuestionarios son enviados a los expertos para hallar puntos de opinión homogénea, los puntos homogéneos constituyen un escenario. Mientras que en el presente método los expertos escogen los eventos a ser analizados y les asignan probabilidades (subjetivas) de ocurrencia, por otra parte ellos asignan una relación acción-reacción denotada por $P(e_i/e_j)$ — la probabilidad que ocurra e_i dado que ha ocurrido e_j . Formándose así la matriz de impacto-cruzado. La cual es la base para construir los escenarios.

En las revistas de investigación han aparecido distintos métodos para elabo-

rar los escenarios, por lo que hizo falta proponer criterios para jerarquizar los existentes.

Los criterios propuestos son:

Atractivo; facilidad de uso.
Convergencia; que el método termine.
Consistencia; uso de la probabilidad.
Cómputo; de fácil implementación.
No fragilidad; no producir resultados confusos.
Coherencia; de datos falsos se obtienen escenarios falsos.

En suma, el método de impacto-cruzado produce escenarios para clarificar los posibles futuros.

PRIMERA PARTE

Discusión General

En 1968, Gordon y Hayward*, comienzan el análisis de construcción de

* Gordon y Hayward, "Initial Experiments With Cross-Impact Matix Method of Forecasting" *Futures* No. 1 Vol. 2 (1968).

escenarios, a partir de entonces han surgido múltiples variantes de la presentación original y a ido tomando fuerza entre las personas preocupadas por la elaboración de escenarios, particularmente en el "Institute for the Future" en los E. U.

Los escenarios no son pronósticos, por lo tanto la construcción de estos no debe confundirse con las técnicas usuales de cálculo de tendencias. Un escenario consiste de una sucesión hipotética de eventos, elaborado con el propósito de enfocar la atención en procesos causales y puntos de decisión.

Parafraseando a J-E-Jackson y W.L. Lawton, el método de Impacto - Cruzado provee de un camino simple para mirar la evolución en el tiempo de un conjunto de eventos futuros, idealmente hay 3 niveles de análisis.

- 1) Predice cuales eventos van (o no) a ocurrir.
- 2) Predice además el orden en que estos ocurren.
- 3) Predice además el número de veces de su ocurrencia.

El estado actual del arte, es sólo el nivel 1 ya que, pasar a los niveles 2, 3 se requiere que uno posea, una clara información en cuanto a P (ei / ej) en forma causal y no solamente como una "correlación de eventos, por otra parte es claro que este método se aplica en aquellos casos en que los datos a pronosticar dependen de observaciones aún por realizarse a futuro, por tanto los métodos econométricos y de series de tiempo no pueden usarse. Ya que no se pueden estimar los parámetros.

Los escenarios no son y no deben ser confundidos o interpretados como

un pronóstico, ya que estos son medios para mejorar nuestro entendimiento sobre los posibles futuros y no son un compromiso a prometer un futuro específico.

La planeación en base a un pronóstico implica una estrategia como forma de reacción a un futuro inevitable, por el contrario; la planeación en base a escenarios implica una estrategia —donde los puntos de decisión son claros— para elegir entre los posibles futuros el que se desea. Esta planeación es la que requiere del pronóstico y/o del escenario con carácter normativo, puesto que podrían usarse sólo caracter exploratorio.

Las técnicas de pronóstico son muy variadas en donde el Impacto-Cruzado representa una rama.

Técnicas de pronóstico.

- Econométricas, son estimaciones paramétricas de modelos de la Economía.
- Series de tiempo, son estimaciones de ecuaciones en diferencias.
- Impacto-Cruzado, son métodos en los que se tiene interés por escenarios que clarifiquen los posibles futuros.

Las etapas para hacer la construcción de escenarios son:

- Un grupo de expertos, en base a la historia señala los eventos que requieren ser analizados, estos son eventos bien definidos.
- Los expertos indican para cada evento la probabilidad de que este suceda.
- Los expertos indican, como creen,

como evalúan la asociación de cada para de eventos, ¿Cómo B impacta en A?, de aquí se obtiene la matriz de Impacto-Cruzado.

Esta asociación por pares de eventos; que es el núcleo de toda la teoría nos permite evaluar como interaccionan los eventos, dando lugar a fenómenos de cascada, ya que cuando B impacta en A a su vez A va a impactar a otro evento y sucesivamente. Se tienen eventos a ser analizados $e_1, \dots, e_n$ la matriz (C_{ij}) :

	e_1	e_2	e_3	...
e_1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	.
e_2	C_{21}	C_{22}	.	.
e_3	C_{31}	C_{32}	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

C_{ij} — denota como el evento e_j impacta en e_i dado que e_j ha ocurrido, en el anexo se amplía este punto y además se considera; también; el caso en que e_j no ha ocurrido y se analiza como esto impacta en e_i .

Tanto el hecho de que e_j haya ocurrido, como de que no; ambos influyen en cada uno de los demás eventos, algunos con más fuerza que otros, desarrollándose una cadena de causalidad que origina que algunos eventos sucedan y otros no.

De esta manera las probabilidades de ocurrencia de los eventos inicialmente dadas por los expertos se van transformando; debido a los impactos cruzado; en eventos que suceden y

otros eventos que no suceden. Este estado final es un escenario de lo que puede acontecer. Si se repite el proceso con las mismas probabilidades iniciales, es posible llegar a un resultado diferente, eventos que en un escenario no suceden y en el otro si y viceversa, esto se debe al fenómeno aleatorio inherente al objeto de estudio, ya que se toma el paradigma: "Hay muchos futuros". Esta técnica no sólo ilustra cuáles pueden ser sino además cuáles son los más probables a que sucedan cada escenario representa un futuro, el cual es una situación posible dada la información de los expertos. Haciendo varias simulaciones y tomando lo que se manifiesta en común en ellas, se obtiene un pronóstico; una visión del futuro que es el escenario más probable a suceder. Note que si la información de los expertos es segada lo tendrán que ser todas las simulaciones y por lo tanto el pronóstico.

Hay varios algoritmos, de carácter técnico, que se encargan de ir transformando las probabilidades iniciales en eventos que no ocurren y en otros que sí. Los métodos disponibles en la literatura son:

Battelle
Gordon
Turoff
Duperrin-Godet
Ksim
Novaky-Lorant

En Resumen se tiene:

Eventos a ser analizados.
Matriz de Impacto-Cruzado.
Probabilidades iniciales.

Eventos	Probabilidades iniciales		Resultado de la simulación, un escenario
e_1 e_2 $\vdots$ e_n	$P(e_1)$ $P(e_2)$ $\vdots$ $P(e_n)$	 	ocurre no ocurre no ocurre Estado final un escenario, si se repite con frecuencia el escenario es un pronóstico.
datos a ser dador por los expertos.		algoritmo a utilizar.	

Para ilustrar como funciona esta técnica en la práctica digamos que:

El grupo de expertos, señala como eventos para analizar:

El problema de Centroamérica.
 Las relaciones E.U. con URSS.
 La crisis económica de México.
 La política Internacional de México

Como éstos son aún muy generales, para que queden bien definidos se marcan alternativas para llegar a un mayor grado de precisión. También se requiere que cada una de estas tenga una probabilidad de ocurrencia, supongamos que las respuestas de los expertos han sido:

Problemas en Centroamerica:

Hay guerra con una probabilidad de 40%.

No hay guerra con una probabilidad de 60%.

Relaciones entre E.U. y U.R.S.S.:

Empeora con una probabilidad de 50%.

Mejora con una probabilidad de 50%.

La Crisis económica:

Empeora con una probabilidad de 30%.

Sigue igual con una probabilidad de 50%.

Mejora con una probabilidad de 20%.

La Política Internacional:

Se fortalece con una probabilidad de 10%.

Sigue su tendencia histórica con una probabilidad de 50%.

Se debilita con una probabilidad de 40%.

De aquí se requiere la construcción de la matriz de Impacto-Cruzado en el anexo se describe completamente, y

utilizando el método de Battelle se llega al siguiente escenario:

En Centroamérica va a darse una guerra.

Las Relaciones E.U.-U.R.S.S. van a empeorar.

La crisis de México va a empeorar.

La Política Internacional del país se debilitará.

Se utilizaron muy pocos eventos para ilustración, en la práctica son 40 ó 50.

En el anexo, se describe como se llega a este resultado (por el método de Battelle). Las técnicas alternativas Gordon, Turoff, etc., son formas matemáticas distintas para obtener los escenarios.

Sin embargo este método del Impacto-Cruzado no ha estado extenso críticas así, P. Kelly* opina que es sólo matemática espurea que esconde la ausencia de una teoría coherente de la mecánica social.

Otros autores son menos rudos en sus apreciaciones y piensan que los eventos no actúan en una relación, uno a uno, de causa a efecto, sino que puede ser una causa a varios efectos; Varias causas a un único efecto con impactos compuestos y contra-impactos, como es el caso de J. Bright*.

Los distintos métodos

El método de Impacto-Cruzado está aún, en su etapa inicial, cuando este proyecto madure es claro, que será

de gran utilidad, Por ahora hay técnicas y métodos aislados que cada autor busca darle su base teórica.

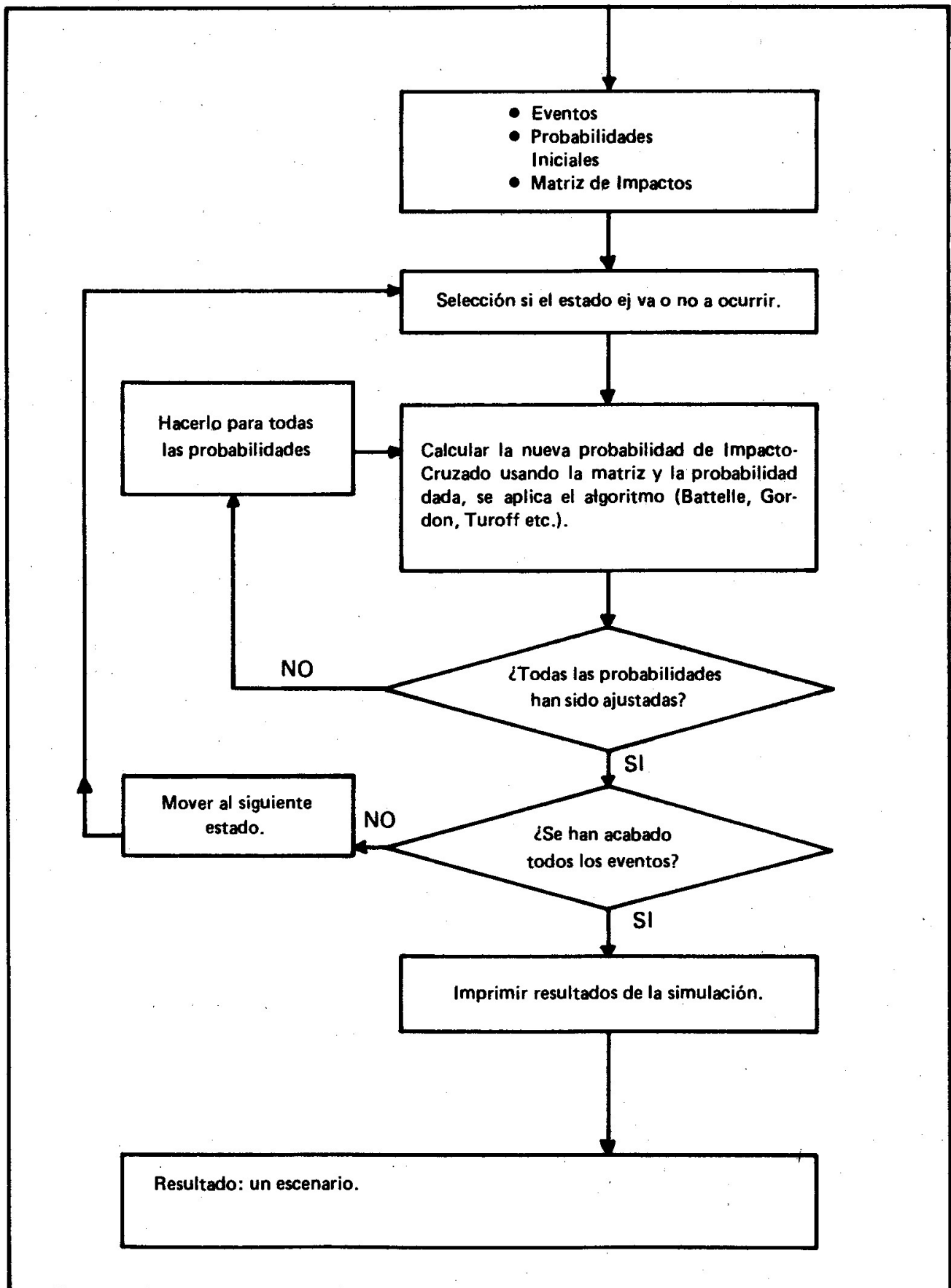
Para su implementación práctica, todos los distintos métodos (Battelle, Gordon, etc.) requieren de un conjunto inicial de eventos con sus probabilidades de ocurrencia, así también de la matriz de Impacto-Cruzado que relacione cada par de eventos, expresando el efecto acción-reacción, a partir de allí se sigue el diagrama:

Todos los métodos siguen el anterior diagrama, la diferencia importante está en la forma de ajustar las nuevas probabilidades. Los puntos en que difieren son respecto a:

- Atractivo: facilidad administrativa en cuanto a su uso, que los expertos no requieran de un conocimiento profundo, sólo de los métodos para dar sus opiniones.
- Convergencia: que el algoritmo propuesto llegue efectivamente a su término en un número finito de etapas.
- Consistencia: que el asignar la palabra probabilidad realmente cumpla con la teoría de las probabilidades.
- Cómputo: que no sea costoso en su uso requiriendo demasiado tiempo máquina.
- No fragilidad: que no produzca simulaciones confusas y contradictorias entre sí.
- Coherencia: de datos absurdos produce escenarios absurdos.

* P. Kelly "Further Comments on Cross-Impact Analysis". Futures August 1976 pp. 341-345.

* J. Bright. Practical technology Forecasting, 1978. Sweet Publishing Co. pag. 300.



*Battelle**

Este método tiene el fuerte atractivo de que los expertos no requieren de saber nada de la Teoría de la Probabilidad, ellos ponen sus evaluaciones en el rango $-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$, de acuerdo a estas cifras el método realiza las transformaciones necesarias para utilizar el algoritmo "Basics". Además posee la propiedad de la convergencia, todo grupo de eventos con probabilidades iniciales dadas, se convierte en un escenario bien definido. No es clara la consistencia en el método algunas fórmulas tienen su explicación otras son con carácter ad-hoc en el anexo se da una explicación detallada. Tiene la ventaja de que puede ser implementado en una micro computadora y las corridas son rápidas de realizarse. Puede uno hallar, con relativa facilidad, un grupo de eventos de resultados contradictorios entre sí, o sea tiende a ser frágil, aunque si tiene coherencia; de datos absurdos produce escenarios absurdos.

*Gordon***

El método de Gordon fue el primero en aparecer como resultado a limitaciones halladas en el manejo de la información proporcionada por el método Delphi, es ad-hoc por completo, usa la técnica Monte-Carlo para hacer las

simulaciones sin una clara justificación. No tiene atractivo ya que el método exige de conocimientos técnicos relevantes a los usuarios. No se garantiza convergencia en las iteraciones lo cual es una seria limitación, el método se ha obtenido como producto de subrayar el marco teórico de la probabilidad que habría de cumplir y sin embargo tiene probabilidades que escapan al rango $(0, 1)$, usa más recursos de cómputo que el de Battelle es frágil, no es coherente, tiene el enorme mérito de haber sido el primero. En el anexo se incluye un informe cuantitativo.

*Turoff****

El método de Turoff* requiere de conocimiento técnicos por parte de los usuarios, aunque esta limitación puede resolverse debido al algoritmo que el expone. Como puede comprobarse en el anexo matemático. Un atractivo especial de este método es que en la formulación de las nuevas probabilidades intervienen toda la matriz de impacto cruzado, cosa que en otros métodos interviene sólo una columna de ésta, con lo cual se involucra más información en cada iteración, por otra parte la elección del nuevo valor de probabilidad se obtiene como solución a una ecuación en diferencias lo cual le da un sustrato teórico sólido, pues ya es una noción de una relación de causalidad entre eventos, todas las probabilidades están en el rango $(0, 1)$.

Tiene convergencia ya que se tra-

* The Basics Computational Method for Cross-Impact Analysis. E.J. Honrny, G.S. Stacey and S.M. Millet. Battelle, Columbus Division, 505 King Avenue, Columbus, Ohio 43201.

** T.J. Gordon and. Harward, "Initial Experiments with Cross-Impact Matrix method of Forecasting" Futures No. 1 Vol. 2.

*** M. Turoff, "An Alternative Approach to Cross-Impact Analysis". Technological Forecasts and Social Change No. 3 (1972) 338-367.

baja con un modelo logístico lo cual hace que los valores de probabilidad tiendan hacia el cero o el uno.

Como todos son valores de probabilidad están en el rango (0, 1), la interpretación de P si es en el sentido teórico de la probabilidad.

Requiere de más tiempo de cómputo que el algoritmo propuesto por Battelle por lo tanto es más caro aunque Turoff en cada iteración involucra a mucho más información que Battelle. El método de Turoff no tiende a producir simulaciones confusas o contradictorias entre sí.

*Duperrin-Godet*****

Tiene el modelo matemáticamente más complejo y que utiliza más recursos de computación —por lo tanto es el más costoso— utiliza programación cuadrática y es usada para proveer de la mayor consistencia posible, sin embargo Mitchell hace ver que si el número de eventos crece, las estimaciones *no son únicas* y con esto los escenarios son confusos y no se puede garantizar convergencia, esto parece ser una fuerte limitación.

Aunque puede dotarse de atractivo al método, no parece que valga la pena debido a dos razones; en cada ciclo se utiliza la programación cuadrática y las iteraciones no convergen. Por lo tanto, parece poco interesante aplicar un método matemáticamente sofisticado si no hay convergencia y que adicionalmente es un alto consu-

midor de recursos de cómputo.

En suma: como la solución en cada iteración no es única, esto es una fuente de confusión y que no garantiza la convergencia del algoritmo. Los escenarios obtenidos son ambiguos de interpretarse, a pesar de que cualquier solución obtenida por la programación cuadrática nos provee de la mejor consistencia posible.

*Ksim**

El método de Julius Kane, simulando escenarios puede, fácilmente, ser dotado de atractivo, por otra parte en su artículo Kane resalta que su método si posee convergencia y los valores de probabilidad siempre están en el rango (0,1) aunque no hay una preocupación explícita por una noción de causalidad, como la hay en Turoff con sus ecuaciones en diferencias, este método puede ser extendido en diversas direcciones lo cual le da atractivo teórico. Usa recursos de cómputo menores a los del método de Turoff y no es frágil, así que no hay simulaciones confusas aunque si es coherente, eventos absurdos, nos dan escenarios absurdos.

*Novaky - Lorante***

Tiene poco atractivo, pues aparte de exigir conocimientos por parte de los usuarios, pide que puedan determinar rangos máximos y mínimos de

**** J.C. Duperrin and M. Godet - "A Method for Constructing and Ranking Scenarios" Futures 7 (4) 1975.

* J. Kane "A Primer for a New Cross-Impact Language-Ksim. Technological Forecasting and Social Change 4 (1972) 368-381.

probabilidades para una familia de insumos a su algoritmo, si son 40 eventos el esfuerzo extra (que ningún otro método lo pide) puede tener un alto costo. Los autores en su artículo dicen explícitamente que no pueden garantizar la convergencia así el tiempo pagado a cómputo puede ser alto y por la falta de convergencia sin ningún resultado. Este método no parece tener posibilidades prácticas.

El resumen de las características de los métodos se presenta en la tabla siguiente:

	Battelle	Gordon	Turoff	Duperrin-Godet	KSIM	Novaky-Lorant
Atractivo	si	no	si	no	si	no
Convergencia	si	no	si	no	si	no
Consistencia	no	no	si	si	no	si
Cómputo	si	no	si	no	si	no
No-fragilidad	no	no	si	no	si	no
Coherencia	si	no	si	no	no	no

Como se puede apreciar, cada método ofrece algunas características que responden a necesidades de diversos usuarios; algunos preferirán consistencia teórica a prueba de todo rigor matemático, otros se podrán inclinar por la posibilidad de poseer coherencia.

SEGUNDA PARTE

Fundamentos

Como posteriormente será más claro, uno de los problemas básicos en esta

teoría es el de garantizar, bajo qué condiciones, cada evento converge al uno o al cero. Esta convergencia está íntimamente ligada a un concepto de causalidad intrínseco al método utilizado.

En términos generales se está trabajando con una función de probabilidad en n -variables la cual depende del tiempo, de la cual tenemos como información; los eventos (el ;---, en) las probabilidades marginales P (el), ----, P (en) y la matriz $(P(e_i/e_j))$, en donde se acepta la posibilidad

real de que la ocurrencia o no ocurrencia de un evento modifique la posibilidad (Probabilidad) de ocurrencia en los demás.

Veamos los fundamentos matemáticos de este método:

a) El primer punto es la probabilidad condicional $P(e_i/e_j)$, esta refleja un grado de asociación o "correlación" entre los eventos y no refleja directamente una noción de causalidad.

b) Sean los eventos el, ---- en, la

matriz de impacto cruzado tiene varias propiedades, en principio son $n^2 - n$ elementos a ser estimados por los expertos para construir $P(e_i/e_j)$ $i \neq j$.

Hay autores que afirman que se requiere la matriz de ocurrencias $P(e_i/e_j)$ y también la matriz de no ocurrencias $P(e_i/\bar{e}_j)$ esto es *falso* ya que de la relación:

$$P(e_i) = P(e_i/e_j) P(e_j) + P(e_i/\bar{e}_j) P(\bar{e}_j).$$

se despeja:

$$P(e_i/\bar{e}_j) = \frac{P(e_i) - P(e_i/e_j) P(e_j)}{P(\bar{e}_j)}$$

y además:

$$P(\bar{e}_j) = 1 - P(e_j)$$

lo cual significa que con las estimaciones:

$P(e_i/e_j)$ y $P(e_j)$ es suficiente para obtener $P(e_i/\bar{e}_j)$ y $P(\bar{e}_j)$.

c) Por el teorema de Bayes se tiene:

$$P(e_j/e_i) = \frac{P(e_i/e_j) P(e_j)}{P(e_i)}$$

esta última relación nos dice que sólo se requieren $\frac{n(n-1)}{2}$ estimaciones de los expertos.

d) El problema de probabilidades condicionales inadmisibles, o sea, da-

das $P(e_i)$, $P(e_j)$ el valor de $P(e_i/e_j)$ no puede ser arbitrario.

ya que:

$$P(e_i/e_j) = \frac{P(e_i) - P(e_i/\bar{e}_j) P(\bar{e}_j)}{P(e_j)}$$

Como el mínimo valor de $P(e_i/\bar{e}_j)$ es cero luego el máximo valor de $P(e_i/e_j)$ es $P(e_i) / P(e_j)$, análogamente: el máximo de $P(e_i/\bar{e}_j)$ es uno y se obtiene el mínimo de $P(e_i/e_j)$ como $\frac{P(e_i) - P(\bar{e}_j)}{P(e_j)}$;

hemos concluido los acotamientos:

$$\begin{aligned} & \max 0, \frac{P(e_i) + P(e_j) - 1}{P(e_j)} \\ & \leq P(e_i/e_j) \leq \min \frac{1, P(e_j)}{P(e_j)} \end{aligned}$$

max, min se ponen para estar en el rango (0,1).

Vea que las anteriores restricciones *aun no* son suficientes para que las entradas de una matriz de impacto cruzado represente *probabilidades correctamente*, o sea, que se satisfagan las axiomas básicos y por tanto se pueda usar la teoría usual, veamos el ejemplo siguiente:

donde las entradas son de la forma:

$\begin{matrix} \max \\ \min \end{matrix} P(e_i/e_j)$

	e_1	e_2	e_3
e_1	$P(e_1) = .5$ 	 	
e_2	 	 	
e_3	 	 	

esta satisface las condiciones anteriores, pero nos conduce a la siguiente contradicción.

$$a) P(e_3 \cdot e_2) = P(e_2/e_3) P(e_3) = .6 \times .7 = .42$$

Por otra parte:

$$b) P(e_1 \cdot e_3) = P(e_1/e_3) P(e_3) = 1 \times P(e_3) = P(e_3)$$

como $P(e_3) = P(e_1 \cdot e_3)$ = esto implica $e_3 \subset e_1$

$$\text{así } e_3 \cdot e_2 \subset e_1 \cdot e_2$$

$$P(e_3 \cdot e_2) \leq P(e_1 \cdot e_2) = P(e_1/e_2) P(e_2) = .7 \times .5 = .35$$

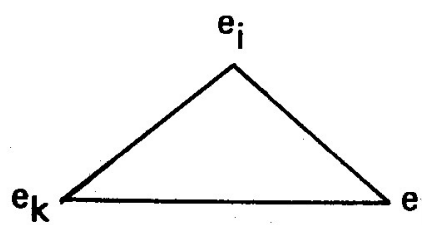
así se tiene la contradicción:

$$P(e_3 \cdot e_2) = .42$$

$$P(e_3 \cdot e_2) \leq .35$$

N. Dalkey avanzando en este sentido produce la regla del triángulo para comprobar la consistencia interna:

$$P(e_i/e_j) P(e_j/e_k) P(e_k/e_i) = P(e_i/e_k) P(e_k/e_j) P(e_j/e_i).$$



también muestra que no es necesario probar con todos los tripletes la regla del triángulo, ya que él obtiene el siguiente lema: Si la regla del triángulo

es válida para todos en triángulos con un punto (vértice, evento) en común entonces es válida para todos los triángulos. El lema es útil pues reduce mucho el trabajo de cómputo a realizar.

Aspectos Cuantitativos de cada método examinado.

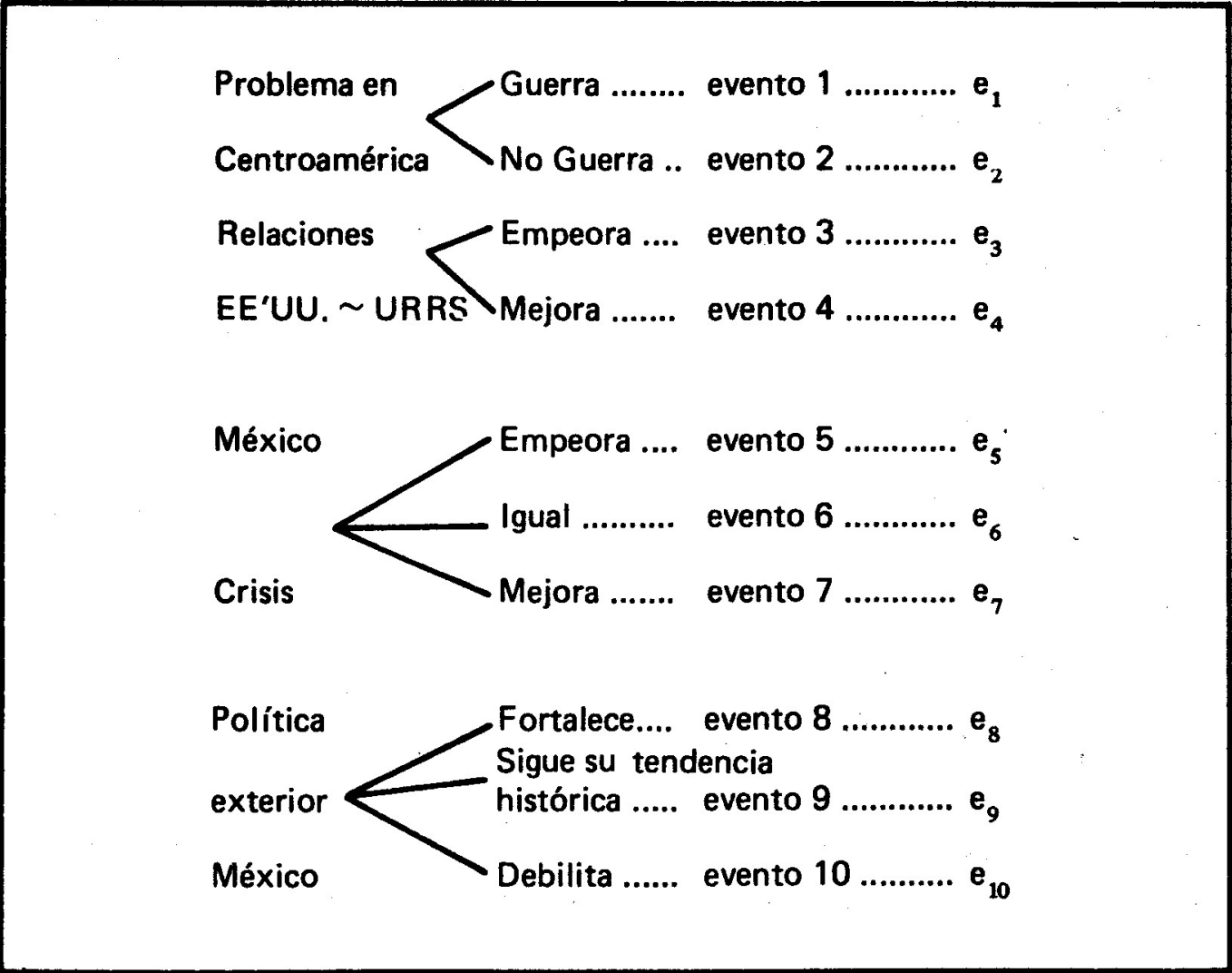
El método de Battelle (1984) consiste en las siguientes etapas:

A) El grupo de expertos señala los eventos que requieren ser analizados (en la práctica hasta 30 o 40 eventos).

Digamos (para ir viendo un ejemplo práctico) que los expertos se hallan preocupados por:

- 1) El problema de Centroamérica.
- 2) El contexto internacional, más específicamente las relaciones EE.UU. ~ URSS.
- 3) La crisis económica de México.
- 4) La Política Internacional de México.

Debido a que las anteriores categorías, son aun demasiado abstractas, se procede a marcar alternativas en cada una para llegar a un mayor grado de precisión.



Note que esta actividad, de llegar a los eventos, se realiza mediante varias pláticas con expertos, lo hemos dividido en 2 y 3 alternativas sólo para efectos de exposición.

Hasta aquí se ha cubierto la primera etapa para continuar - los expertos darán probabilidades a cada evento, digamos que estas fueron.

e_1 --- Guerra ----- .40 ó sea 40 %

e_2 --- No guerra ----- .60 ó sea 60 %

e_3 --- Relaciones
EU — URSS ----- .50 ó sea 50 %
empeoran

e_4 --- Relaciones
EU — URSS ----- .50 ó sea 50 %
mejoran

e_5 --- Empeora
la situación ----- .30 ó sea 30 %
ec. del país

e_6 --- Sigue sin
cambio la ----- .50 ó sea 50 %
sit. económica

e_7 --- Mejora la ----- .20 ó sea 20 %
situación ec.

e_8 --- Se fortalece
la posición ----- .10 ó sea 10 %
política

e_9 --- Sigue su ----- .50 ó sea 50 %
tendencia

e_{10} --- Se debilita ----- .40 ó sea 40 %

La siguiente etapa es la elaboración y la construcción de la matriz de im-

pacto -Cruzado o sea, $P(e_i/e_j)$ la probabilidad de que se de el evento e_i dado que e_j es un hecho.

Dependiendo del método a usar Battelle, Gordon, Turoff, etc. - los expertos se ven solicitados a dar una nube de información, el método Battelle minimiza este proceso, requiriendo en un cuestionario, todo de golpe, puesto que se pide a los expertos que relacionen e_i con e_j marcando un número elegido entre:

-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3

el experto pone -3 si e_j es un evento que imposibilita a que e_i se de, el experto pone 0 si e_j y e_i son independientes, ocurrencia o no ocurrencia de uno no afecta al otro, el experto pone 3 si dado que e_j se ha dado contribuye fuertemente a que suceda el evento e_i .

Para el ejemplo que tenemos vamos a tomar como matriz de impacto -cruzado a:

Aquí $P(e_i/e_j)$ e_i - renglón e_j - columna.

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	e_9	e_{10}
e_1	Xx	-3	3	-3	0	0	1	-2	-1	0
e_2	-3	Xx	-3	3	0	0	1	3	2	1
e_3	3	2	Xx	-3	0	0	0	-1	0	0
e_4	-3	3	-3	Xx	0	0	0	1	0	0
e_5	2	0	2	-3	Xx	-3	-3	-3	-1	3
e_6	1	0	1	-2	-3	Xx	-3	-2	3	0
e_7	0	0	0	3	-3	-3	Xx	-1	0	-3
e_8	-3	3	-3	0	-3	2	3	Xx	-3	-3
e_9	0	0	-1	3	-2	3	0	-3	Xx	-3
e_{10}	3	-3	3	2	3	3	-3	-3	-3	Xx

De manera simple y sucinta lo que el grupo técnico hace es tomar la tabla:

Valor del Impacto	Si ocurre	Si no ocurre aquí (Att = .5)
-3	$P/4 - 3P$	$5P/2 + 3P$
-2	$P/3 - 2P$	$2P/1 + 2P$
-1	$P/2 - P$	$3P/2 + P$
0	P	P
1	$2P/1 + P$	$3P/4 - P$
2	$3P/1 + 2P$	$2P/3 - 2P$
3	$4P/1 + 3P$	$5P/8 - 3P$

y transforma las probabilidades de acuerdo con la fórmula correspondiente, luego normaliza los valores obtenidos para tener consistencia, y tomar la distancia de acuerdo a:

$$\text{distancia} = \begin{cases} P & \text{si } P \leq .5 \text{ y no ocurre} \\ 1 - P & \text{si } P > .5 \text{ y no ocurre} \end{cases}$$

tomar la distancia mínima y comenzar un nuevo ciclo, al terminar estos se llega a 0's y 1's que son el resultado de la simulación.

Así el resultado de esta simulación es que:

- 1) En Centro América va a darse una guerra.
- 2) Las relaciones EU-URSS van a empeorar.
- 3) La crisis de México va a empeorar.
- 4) La política internacional de México se debilita.

Vamos a ver como el método Battelle obtiene la tabla:

e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	e ₅	e ₆	e ₇	e ₈	e ₉	e ₁₀
.40	.60	.5	.5	.3	.5	.2	.1	.5	.4
.44	.48	.60	.42	.73	.5	.27	<u>0</u>	.73	.57 N
.47	.53	.59	.41	.49	.33	.18	0	.56	.44 Σ
.39	.45	.59	.41	.7	.55	<u>0</u>	0	.56	.66 N
.46	.54	.59	.41	.56	.44	0	0	.45	.55 Σ
.68	.42	.78	<u>0</u>	.76	.46	0	0	.33	.57 N
.62	.38	1	0	.62	.38	0	0	.36	.64 Σ
.62	.38	1	0	.80	<u>0</u>	0	0	.26	.52 N
.62	.38	1	0	1	0	0	0	.33	.67 Σ
.62	.55	1	0	1	0	0	0	.1	<u>1</u> oc
.53	.47	1	0	1	0	0	0	0	1 Σ
1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
si	no	si	no	si	no	no	no	no	si
sucede	sucede	sucede	sucede	sucede	sucede	sucede	sucede	sucede	sucede

Impacto	Ocorre	No ocurre (Att = .5)
-3	$P/4 - 3P$	$5P/2 + 3P$
-2	$P/3 - 2P$	$2P/1 + 3P$
-1	$P/2 - P$	$3P/2 + P$
0	P	P
1	$2P/1 + P$	$3P/4 - P$
2	$3P/1 + 2P$	$2P/3 - 2P$
3	$4P/1 + 3P$	$5P/8 - 3P$

Recordemos que:

Impacto	Significado
-3	Significa decrece significativamente la Probabilidad.
-2	Significa decrece la probabilidad.
-1	Significa decrece ligeramente la probabilidad
0	Significa no influye en la probabilidad.
1	Significa incrementa ligeramente la probabilidad.
2	Significa incrementa la probabilidad
3	Significa incrementa significativamente la probabilidad.

Los números -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 van a ser denotados por: Impacto.

El primer paso es modificar el valor del impacto por el valor del coeficiente mediante la regla.

$$C.V. = \text{Impacto} + 1$$

C.V. = Valor del Coeficiente

para Impacto ≥ 0

$$C.V. = 1 / [|\text{Impacto}| + 1]$$

para Impacto < 0

El segundo paso es usar la fórmula para nuevas probabilidades.

$$\text{New P} = \frac{P \times CV}{1 - P + P \times CV}$$

¿De dónde sale esta fórmula?

En la literatura de Impacto-Cruza-do se utiliza la relación:

$$\text{odds} = \frac{P}{1 - P}$$

que es equivalente a:

$$P = \frac{\text{odds}}{1 + \text{odds}}$$

Así la blex es tomar primero

$$\text{New odds} = \text{odds} \times CV$$

y aplicar

$$\text{New P} = \frac{\text{New odds}}{1 + \text{New odds}}$$

$$= \frac{\frac{P}{1 - P} \cdot CV}{1 + \frac{P}{1 - P} \cdot CV} = \frac{P \cdot CV}{1 - P + P \cdot CV}$$

En suma para ocurrencias se ob-tiene la tabla:

Impacto	CV	New P.
-3	1/4	$P/4 - 3P$
-2	1/3	$P/3 - 2P$
-1	1/2	$P/2 - P$
0	1	P
1	2	$2P/1 + P$
2	3	$3P$
		$\underline{1 + 2P}$
3	4	$4P$
		$\underline{1 + 3P}$

Para las No ocurrencias, ¿Cómo se le hace?

Primero se obtiene la transformación.

$$\text{New CV} = 1/\text{CV}$$

Pero como una no-ocurrencia NO ES IGUAL al efecto opuesto de una ocurrencia (los efectos no son simétricos), se subraya este hecho mediante el factor de *Atenuación*, el cual se escoge entre cero y uno, se aplica como:

$$\text{New CV} = \left[\frac{1}{\text{CV}} - 1 \right] \cdot \text{Att} + 1$$

$$0 \leq \text{Att} \leq 1$$

Vea que si $\text{Att} = 1$, $\text{New CV} = 1/\text{CV}$

y se postula entonces la simetría. Si $\text{Att} = 0$, $\text{New CV} = 1$ y no hay efecto. Tomando $\text{Att} = .5$ se transmite la mitad del efecto y se tiene la tabla:

Impacto	CV	New CV (Att = .5)	New P
-3	1/4	5/2	$\underline{5P}$
			$2 + 3P$
-2	1/2	2	$2P/1 + P$
-3	1/2	3/2	$3P/2 + P$
0	1	1	P
1	2	3/4	$3P/4 - P$
2	3	2/3	$\underline{2P}$
			$3 - 2P$
3	4	5/8	$5P/8 - 3P$

En términos generales el método de Gordon (1968) consiste en:

- 1) Dar $e_1, e_2, \dots$, en los eventos a analizar.
- 2) Dar $P(e_1), \dots, P(e_n)$ las probabilidades absolutas y $P(e_i/e_j), P(e_i/\bar{e}_j)$ las probabilidades condicionadas (los impactos).
- 3) Tomar como relaciones de consistencia
 - a) $0 \leq P \leq 1$
 - b) $P(e_i/e_j) = P(e_j/e_i) P(e_i) = P(e_i/e_j)$
 - c) $P(e_i/e_j) P(e_j) + P(e_i/\bar{e}_j) P(\bar{e}_j) = P(e_i)$

Se construyen probabilidades teóricas por medio de las relaciones:

$$P^*(e_i) = \sum_j S_{ij} P(e_j) \quad S_{ij} = \begin{cases} 1 & e_i \in E_j \\ 0 & e_i \notin E_j \end{cases}$$

E_j puede ser un evento de la forma:

$$E_k = (e_1, e_2, e_3) \quad E_k = (e_1, \bar{e}_2, e_3)$$

$$E_k = (e_1, e_2, \bar{e}_3) \quad E_k = (\bar{e}_1, e_2, e_3), \text{ etc.}$$

$$P^*(e_i/e_j) = \frac{\sum_k t_{ijk} P(e_k)}{P^*(e_j)}$$

$$t_{ijk} = \begin{cases} 1 & e_i, e_j, E_k \\ 0 & e_i, e_j, \bar{E}_k \end{cases}$$

$$P^*(e_i/e_j) = \frac{\sum_k S_{ijk} P(e_k)}{1 - P(e_j)}$$

$$S_{ijk} = \begin{cases} 1 & e_i, \bar{e}_j, E_k \\ 1 & e_i, \bar{e}_j, \bar{E}_k \end{cases}$$

Se hace varios ciclos, o sea la calibración del modelo en la terminología de Gordon y se toma un evento que si ocurre ó no por el método de Monte Carlo.

Turoff (1972) propone un camino distinto.

- 1) Construir el conjunto de eventos y sus probabilidades absolutas.
- 2) "Perturbar al mundo", decirle a los expertos que un evento dado va ó no a ocurrir y que reconsidere todas las demás, así se construyen 2 matrices.

R_{ij} ——— Donde ocurren

S_{ij} ——— Donde no ocurren

- 3) Tomar la matriz de Impacto-Cruzado como la matriz (C_{ij}) donde: si no-ocurre

$$A) C_{ij} = \frac{1}{1 - P_j} \left\{ Q(P_i) - Q(S_{ij}) \right\}$$

si ocurre

$$B) C_{ij} = \frac{1}{P_j} \left\{ Q(P_{ij}) - Q(P_j) \right\}$$

donde

$$Q(x) = \ln \frac{x}{1 - x}$$

modificar y hallar nuevas probabilidades con la función logística.

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma_1 - \sum_{k \neq i} C_{ik} P_k)}$$

$$\gamma_i = Q(P_i) - \sum_{k \neq i} C_{ij} P_j^{\text{original}}$$

- 4) Usar la rutina.

- A) examinar las probabilidades y ver que evento esta más cerca de cero ó uno.
- B) si esta cerca de cero, suponer que no ocurre y usar .A
si esta cerca de uno suponer que si ocurre y usar .B
- C) calcular la nueva probabilidad de todas las demás P_j 's

Los fundamentos de Turoff se basan en dos hipótesis críticas.

1) $P_i = P_i(P_1, P_2, \dots, P_r, \dots, P_n)$
donde $i \neq r$

$$2) \delta P_i = \sum_{i \neq k} \frac{\delta P_i}{\delta P_k} \delta P_k + \frac{\delta P_i}{\delta B} \delta B$$

- 1) Nos dice que la probabilidad de P_i es función de las restantes $n - 1$ probabilidades (Turoff ve en 1 una ecuación en diferencias ó en ocasiones una ecuación diferencial).
- 2) Nos dice que el cambio ocurrido en P_i se debe a las contribuciones de ocurrencias y no ocurrencias en todas las demás.

Turoff hace ver que la solución a 2 es:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma_i - \sum_{k \neq i} C_{ik} P_k)}$$

Duperrin-Godet, en su artículo proponen lo siguiente:

Los expertos estiman $P(e_i)$, $P(e_i / e_j)$, $P(e_i / \bar{e}_j)$

Cada estado (escenario) $E_k = (X_1, \dots, X_n)$

$$\text{donde } X_i = \begin{cases} 1 & \text{si } e_i \text{ ocurre} \\ 0 & \text{si } e_i \text{ no ocurre} \end{cases}$$

Tiene una probabilidad (desconocida) $\tilde{\Pi}_k$ que satisface

$$\tilde{\Pi}_k \geq 0 \quad \sum_K \tilde{\Pi}_k = 1$$

Los ciclos se hacen por medio de la programación cuadrática, minimizando J donde:

$$J = \sum_i \sum_j \left\{ P(i/j) P(j) - P^*(i,j) \right\}^2 + \sum_i \sum_j \left\{ P(i/\bar{j}) P(\bar{j}) - P^*(i,\bar{j}) \right\}^2$$

Sujeta a E_k o sea:

$$1) P^*(i,j) = \sum P(x_1, \dots, x_i = 1, \dots, x_j = 1, \dots, x_n)$$

$$2) P^*(i,\bar{j}) = \sum P(x_1, \dots, x_i = 1, \dots, x_j = 0, \dots, x_n)$$

$$3) P(x_1, \dots, x_n) \\ P(x_1, \dots, x_n)$$

donde las sumas de 1, 2, 3 son sobre 2^{n-2} , 2^{n-1} , 2^n combinaciones de probabilidades n -dimensionales respectivamente.

J. Kane introduce una innovación sobre las técnicas anteriores, ya que introduce una forma en que "el tiempo" juega un factor relevante al evaluar los impactos y las trayectorias futuras.

Para cada variable propone:

$$0 < x_i(t) < 1$$

y cada iteración es vía

$$x_i(t + A_t) = [x_i(t)]^{P_i}$$

donde $P_i = P_i(t)$ es (siendo α_{ij} el impacto de x_j en x_i):

$$P_i(t) = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=i}^n (|\alpha_{ij}| - \alpha_{ij}) X_j}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=i}^n (|\alpha_{ij}| + \alpha_{ij}) X_j}$$

Vea que si $x_i \in (0, 1) \Rightarrow x_i(t + A_t) \in (0, 1)$

$$P_i(t) = \frac{1 + \Delta t [\text{suma de Impactos negativos en } X_j]}{1 + \Delta t [\text{suma de Impactos positivos en } X_j]}$$

Cuando $P_i > 1$ así X_i decrece ya que los impactos negativos son mayores que los positivos, y si $P_i < 1$ así X_i crece, cuando los impactos negativos son menores que los positivos. Si son iguales $P_i = 1$ y X_i no cambia.

Kane comenta que los coeficientes de impacto α_{ij} pueden ser funciones de variables de estado del sistema y del tiempo.

Así KSIM — permite manejar conjuntamente eventos y tendencias.

Lipinski y Tydeman hacen una extensión al método Ksim, ellos proponen (pág. 152).

$$X_i(t + A_t) = [X_i(t)] q_i(t) P_i(t)$$

donde:

$$P_i(t) = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=i}^n [|Q_{ij}| - Q_{ij}] X_j}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=i}^n [|Q_{ij}| + Q_{ij}] X_j}$$

Q_{ij} son los impactos cruzados

$$q_i(t) = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} [|\alpha_i| - \alpha_i] X_i}{1 + \frac{\Delta t}{2} [|\alpha_i| + \alpha_i] X_i}$$

hacen notar que si $\alpha_i = 0$, $q_i(t) = 1$ y es el método de Kane, para calcular α_i se hace a partir de una curva logística.

Novaky, Lorant, digamos que afirman:

No es el buscar partes cruciales en Impacto - Cruzado, es la capacidad de poseer un algoritmo (computacional) que nos diga como se modifican las probabilidades conforme los eventos tienen lugar, así el desarrollo lo que busca es mejores algoritmos.

Dados el, ---, en y sus probabilidades

ellos proponen

1) Hallar $P_{\max}$ --- aquel evento en el que todos los demás ocurran o no, hacen muy factible que suceda (análogamente $P_{\min}$) (datos por los expertos).

2) Postulan que si la ocurrencia es S_{ij} , la no ocurrencia es $-S_{ij}$ (efectos simétricos) se obtienen los valores

normalizados de los Impactos - Cruzados.

$$Z_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{j=1}^h S_{ij}} \quad -1 \leq Z_{ij} \leq 1$$

3) Arreglar los eventos bajo un orden de jerarquía; arriba el que afecta a más eventos.

4) Usar como fórmula para modificar las probabilidades

$$P_j = P_j + (j \text{ max} - P_j) \sum_{i=1}^h Z_{ij} \quad \text{si} \quad \sum_{i=1}^h Z_{ij} \geq 0$$

$$P_j = P_j + (P_j - j \text{ min}) \sum_{i=1}^h Z_{ij} \quad \text{si} \quad \sum_{i=1}^h Z_{ij} < 0$$

h es su lugar en la jerarquía, los autores aceptan que la simulación puede comenzar a oscilar sin convergencia. Este método no tiene importancia práctica.

Cabos Suelto

Bloom* en un artículo propone la relación:

$$P_j^1 = f(P_j, S_{ij}, t_i, t)$$

donde P_j^1 = probabilidad final.

P_j = probabilidad inicial.

t_i = tiempo más temprano para que e_i ocurra.

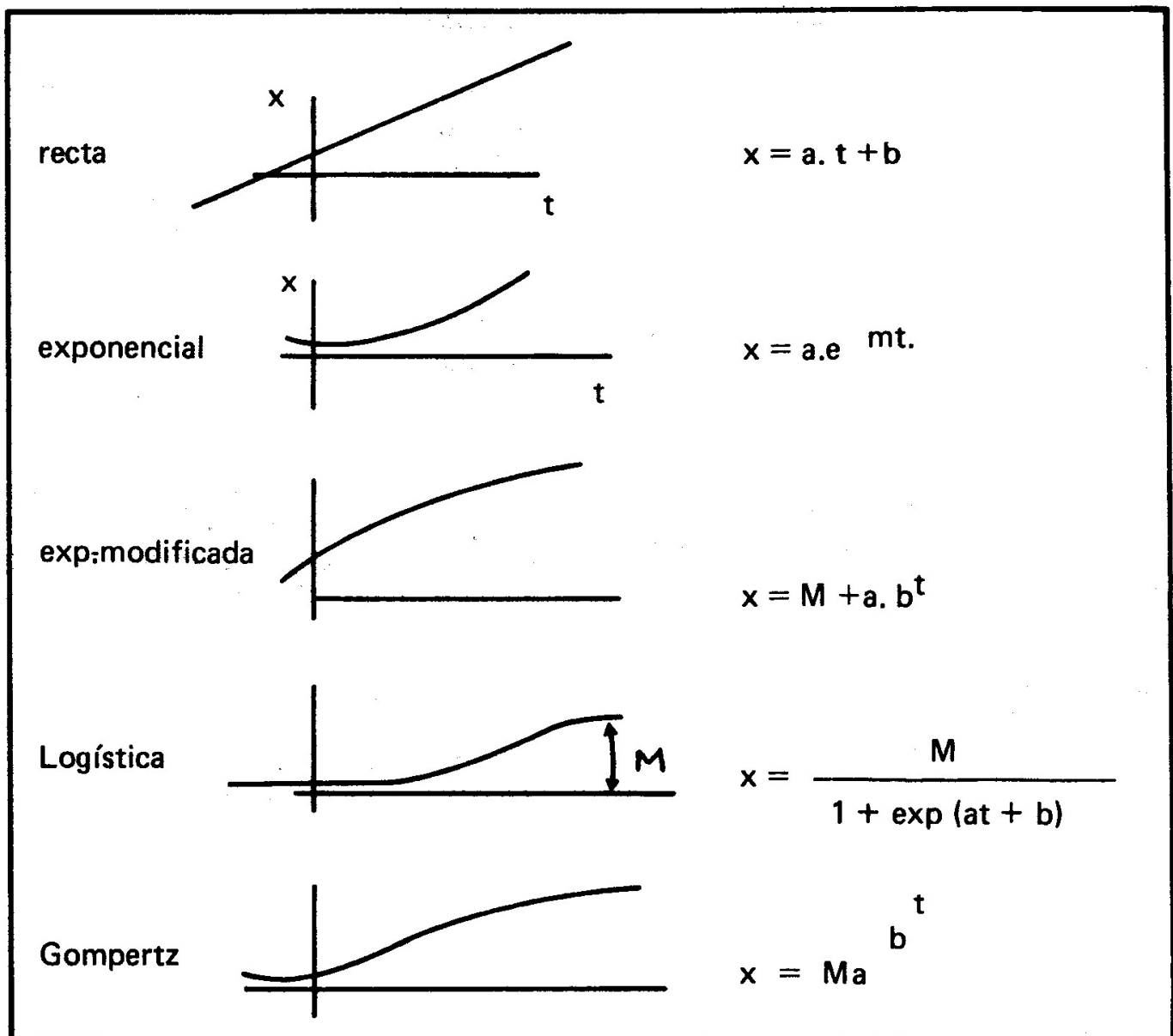
t_j = tiempo (horizonte) sobre el cual se estiman las probabilidades.

Bloom retoma ideas originales de Helmer y afirma que cada variable tiene en sí una tendencia por lo tanto para el, ---en hay variables en los cuales hay que analizar los impactos sobre eventos y sobre tendencias y propone una matriz.

		evento	tendencia
		e_j	e_j
evento	e_i	a_{11}	a_{12}
tendencia	e_i	a_{21}	a_{22}

y hace ver que los estudios iniciales son sólo respecto a a_{11} y para el casillero a_{22} considera que se pueden especificar las funciones.

* Bloom., "Deterministic trend, Cross Impact Forecasting", Technological Forecasting and Social Change, No. 8, 1975.



Considera tipos de impactos cruzados de la tendencia i sobre la j sin embargo no considera fenómenos de retroalimentación en el proceso. Alter (1979) señala que para análisis de Impacto - Cruzado lo que es crucial es:

a) ¿Cómo se formulan los impactos de un evento hacia otro?

b) ¿Cómo se agregan los impactos, haciendo modificar las probabilidades?

Más que presentar un método nuevo, busca clasificar los modelos en 3 grupos genéricos.

1) Modelos aditivos.

$P_{\text{new}}(A/B) = P(A) + X(A/B)$; $X(A/B)$ es el impacto de B en A.

2) Modelos multiplicativos (verosimilitud)

$\text{Odds}(A/B) = X(A/B) \cdot \text{Odds}(A)$

$$\text{Odds} = \frac{P}{1 - P}$$

3) Modelos en el R - espacio

$$R = \frac{P - \text{Central Value}}{\text{Upper bound} - P}$$

Se pone $R(P) = P$ se resuelve para P , este camino permite salirse del intervalo $(0,1)$ y al aplicar la inversa de R los valores están en el rango $(0,1)$.

Martino-kuei-Lin-Chen (1978)

Proponen usar Análisis de Conglomerados para obtener pronósticos de un conjunto de simulaciones, los agrupamientos son las salidas para propósitos de escenarios, ¿con qué noción de distancia agrupan los datos? en base a la similaridad que presentan unos con otros. Se mide la distancia entre simulaciones como el número de ceros y unos que hay de diferencia.

CONCLUSIONES:

1) Es de esperarse que sea de suma utilidad en:

Análisis políticos y parlamentarios.

Análisis de coyuntura económica.

Análisis económico-demográfico de largo plazo.

2) Permite que un comité de expertos maneje las expectativas de sus miembros de una manera reflexionada.

3) Es de suma utilidad este método porque sin presuponer causalidad más allá de la idea de acción-reacción, uno puede obtener distintos escenarios sobre el futuro.

4) Es de esperarse que en la literatura internacional sigan apareciendo más métodos, lo cual va a depurar y mejorar los ya existentes.■